

# НАУКА И МИРОВОЗЗРЕНИЕ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

№64

Декабрь 2025



МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНО ЭЛЕКТРОННЫЙ  
ЖУРНАЛ

«Наука и мировоззрение»

ВЗГЛЯД В БУДУЩЕЕ ПОНИМАНИЕ НАСТОЯЩЕГО

**ISSN 2686-9589**

**Google Scholar**

**Cyberleninka №37167**

Цель журнала «Наука и мировоззрение» – представить научной общественности, преподавателям университетов, молодым учёным и аспирантам оригинальные результаты теоретических и прикладных исследований в науке. Основная тематика публикуемых в журнале на русском и английском языках оригинальных научных статей и обзоров

**Редакционная деятельность**

Отвественный секретарь: Литовка Мария Алексеевна

Верстка: Соколов Олег Аркадьевич

**Контактная информация**

Адрес: Ул. Красноказарменная д.17, Москва. Россия

Email: redactor@naukamirowozreniya.ru

Главный редактор: Никита Поляков Андреевич

Телефон номер: +7 977 680-65-88

Сайт: <https://naukamirowozreniya.ru>

©Электронное периодическое издание «Наука и мировоззрение»



# НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ НАУКА И МИРОВОЗЗРЕНИЕ

## СОДЕРЖАНИЯ

1. РАЗРАБОТКА УСТОЙЧИВЫХ К ЗАСУХЕ СОРТОВ ЗЕРНОВЫХ: ГЕНЕТИЧЕСКИЕ, ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ И АГРОТЕХНИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ.....	6
2. ПРИМЕНЕНИЕ ДРОНОВ ДЛЯ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ: ТЕХНОЛОГИИ, МЕТОДЫ И ИННОВАЦИОННЫЕ ПРАКТИКИ.....	10
3. ИЗУЧЕНИЕ КРУГОВОРОТА УГЛЕРОДА В ОКЕАНЕ: МЕХАНИЗМЫ, ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И ГЛОБАЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ.....	16
4. ЭКОЛОГИЯ ГЛУБОВОДНЫХ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	21
5. УПРАВЛЕНИЕ СТРЕССОМ И ПСИХОЛОГИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА В СПОРТЕ .....	25
6. ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РОСТ В РАЗВИВАЮЩИХСЯ СТРАНАХ.....	32
7. РАЗРАБОТКА СИСТЕМ МОНИТОРИНГА ЦУНАМИ: СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПЛАТФОРМЫ И НАУЧНЫЕ ПОДХОДЫ .....	39
8. НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ КАК ФАКТОР ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СЕКТОРА .....	44
9. НОВЫЕ КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ: ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ И ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ И УПРАВЛЕНИЮ.....	50
10. ВЛИЯНИЕ ЭЛЬ-НИНЬО НА ГЛОБАЛЬНЫЕ ПОГОДНЫЕ АНОМАЛИИ: ОКЕАНО-АТМОСФЕРНЫЕ МЕХАНИЗМЫ И КЛИМАТИЧЕСКИЕ СЛЕДСТВИЯ .....	57
11. ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ ЧИСЕЛ В КРИПТОГРАФИИ И ОБЕСПЕЧЕНИИ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ.....	62
12. THE GLOBAL ISSUES OF AI AND ITS IMPACTS ON THE NEW GENERATION .....	69

13. МЕТОДЫ БОРЬБЫ С ВРЕДИТЕЛЯМИ БЕЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПЕСТИЦИДОВ: АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ И ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ.....	76
14. ТЕРМОДИНАМИКА, ФИЗИКА И ХИМИЯ ПЛАСТОВЫХ СИСТЕМ В НЕФТЕГАЗОВОЙ ИНЖЕНЕРИИ .....	81
15. МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ФРАКТАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ И ЕГО РОЛЬ В МОДЕЛИРОВАНИИ СЛОЖНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ .....	88
16. БИОРАЗЛАГАЕМЫЕ УДОБРЕНИЯ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ: ТЕХНОЛОГИИ, ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕИМУЩЕСТВА И ПЕРСПЕКТИВЫ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО ПРИМЕНЕНИЯ.....	94
17. РОЛЬ ЦИФРОВОЙ ВАЛЮТЫ В МИРОВОЙ ФИНАНСОВОЙ СИСТЕМЕ: ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ТРЕНДЫ, РИСКИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ТРАНСФОРМАЦИИ.....	99
18. ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ИСКУССТВЕННОГО МЯСА: БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ, ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ПЛАТФОРМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ .....	105
19. РАЗРАБОТКА НОВЫХ ПИЩЕВЫХ ДОБАВОК НА ОСНОВЕ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ.....	111
20. ТЕХНОЛОГИЯ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ В ПРОМЫШЛЕННОМ И ИНЖЕНЕРНОМ МОДЕЛИРОВАНИИ.....	117
21. ТЕХНОЛОГИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ И УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ .....	123
22. МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКИХ КРИЗИСОВ С ПОМОЩЬЮ ТЕОРИИ ХАОСА .....	130
23. ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ КАК ОСНОВА МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ.....	136
24. THE CORRECT USE OF PRONOUNS AND ARTICLES ACCORDING TO THE STYLISTIC NORMS OF THE FRENCH LANGUAGE .....	142
25. ПОВЕДЕНЧЕСКАЯ ЭКОНОМИКА: ВЛИЯНИЕ КОГНИТИВНЫХ ИСКАЖЕНИЙ НА ИНВЕСТИЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ .....	148
26. THE NON-PERSONAL VERB FORMS IN FRENCH AND THEIR PARTICULARITIES OF USE WITH PREPOSITIONS .....	154

27. ТЕРМОГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В НЕФТЕГАЗОВЫХ КОЛЛЕКТОРАХ И ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ИХ УПРАВЛЕНИЯ.....	160
28. ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ ПОЧВЫ НА РОСТ РАСТЕНИЙ.....	166
29. СПОРТ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ: СОВРЕМЕННАЯ ИНТЕГРАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОГРАММИРОВАНИЯ В УПРАВЛЕНИЕ ТРЕНИРОВОЧНЫМ ПРОЦЕССОМ И СПОРТИВНОЙ ИНДУСТРИЕЙ.....	173
30. СИСТЕМА ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНОГО АППАРАТА: СТРУКТУРА, ФУНКЦИИ И МЕХАНИЗМЫ АДАПТАЦИИ .....	180
31. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФОРМ В АРХИТЕКТУРЕ: ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ, ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ И ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ .....	187
32. НЕЙРОЭСТЕТИКА: КАК МОЗГ ВОСПРИНИМАЕТ КРАСОТУ.....	194
33. МОЛЕКУЛЯРНЫЕ МЕХАНИЗМЫ УСТОЙЧИВОСТИ РАСТЕНИЙ К ЗАБОЛЕВАНИЯМ .....	199
34. ВЛИЯНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ НА АДАПТАЦИЮ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР.....	204
35. АНТРОПОМЕТРИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В СПОРТЕ: ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ, МЕТОДЫ И ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ .....	210
36. ТЕСТИРОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ У ПОЖИЛЫХ ЛЮДЕЙ И ЛИЦ ПОЖИЛОГО ВОЗРАСТА.....	217
37. ЭФФЕКТИВНОСТЬ МЕР ГОСУДАРСТВЕННОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ МОНОПОЛИЙ.....	224
38. ТЕХНОЛОГИИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В СОВРЕМЕННОМ СПОРТЕ: ИНТЕГРАЦИЯ ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ, БИОМЕХАНИКИ И ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА.....	230
39. НОВЕЙШИЕ ПОДХОДЫ К РАЗВИТИЮ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА В ГЛОБАЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ.....	237
40. АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЕЙ НА РЫНОЧНЫЕ ТРЕНДЫ.....	244



## РАЗРАБОТКА УСТОЙЧИВЫХ К ЗАСУХЕ СОРТОВ ЗЕРНОВЫХ: ГЕНЕТИЧЕСКИЕ, ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ И АГРОТЕХНИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ

**Кузнецова Дарья Владимировна**

Студент, Институт агробиотехнологий Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева  
г. Москва, Россия

**Мельников Сергей Игоревич**

Кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры генетики, селекции и семеноводства Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева  
г. Москва, Россия

### Аннотация

Статья посвящена комплексному анализу современных методов разработки засухоустойчивых сортов зерновых культур в условиях глобального изменения климата. Рассматриваются молекулярно-генетические механизмы устойчивости растений к водному стрессу, физиологические реакции на дефицит влаги, роль клеточной адаптации, механизмы защиты фотосинтетического аппарата и формирования устойчивой архитектуры корневой системы. Приводится анализ достижений селекционной науки, методов классического отбора, молекулярных маркеров, геномного редактирования и биотехнологий. Показано, что формирование засухоустойчивости является многоуровневым процессом, требующим интеграции физиологии, генетики, молекулярной биологии и агротехнического сопровождения.

**Ключевые слова:** засухоустойчивость, зерновые культуры, селекция, водный стресс, физиология растений, генетика устойчивости, адаптация растений.

### Введение

В условиях глобального изменения климата проблема засухоустойчивости сельскохозяйственных культур становится одной из ключевых для обеспечения продовольственной безопасности. Рост температур, сокращение осадков и изменение структуры влагообеспечения регионов приводят к снижению урожайности зерновых культур, которые составляют основу рациона значительной части населения планеты.

Особенно остро эта проблема стоит для аридных и полуаридных зон, где осадки становятся всё более нерегулярными, а высокая температура усиливает испарение воды и вызывает стресс у растений.

Разработка засухоустойчивых сортов является приоритетным направлением современной сельскохозяйственной науки. Зерновые культуры — пшеница, ячмень, кукуруза, рис, овёс, просо — обладают различными адаптационными возможностями, однако большинство традиционных сортов не способны обеспечивать стабильную продуктивность в условиях дефицита влаги. Поэтому ключевой задачей селекционеров становится выявление физиологических, молекулярных и генетических механизмов, определяющих высокую устойчивость растений к водному дефициту.

Современная практика сочетает классические селекционные методы с молекулярно-генетическими технологиями. Развитие геномики, протеомики и биоинформатики позволяет глубже понимать закономерности формирования засухоустойчивости, прогнозировать реакции растений и ускорять создание адаптивных сортов. Исследование этих механизмов является фундаментом для разработки устойчивых агроэкосистем, способных противостоять вызовам климатической нестабильности.

### **Физиологические механизмы устойчивости растений к водному стрессу**

Физиологическая реакция растений на засуху представляет собой многоэтапный процесс, включающий изменения в водном балансе, структуре мембран, работе фотосинтетического аппарата и обмене веществ. Важнейшим компонентом является способность растения поддерживать тургор при минимальном поступлении воды. Это достигается за счёт накопления осмотически активных веществ, таких как пролин, сахара, калий, которые способствуют удержанию влаги в клетках.

Ключевую роль играет архитектура корневой системы. Уплотнение верхних слоёв почвы и снижение доступности воды стимулируют развитие глубоко залегающих корней. Сорта, обладающие мощной стержневой системой, демонстрируют более высокую устойчивость к засухе. Гормональная регуляция, в частности синтез абсцизовой кислоты, способствует закрытию устьиц и снижению транспирации, что предотвращает потерю воды организмом.

В условиях длительного водного дефицита растения включают механизмы защиты клеточных мембран, стабилизации белков и предотвращения окислительного стресса. Активируются антиоксидантные ферменты — каталаза, пероксидаза, супероксиддисмутаза. Эти системы препятствуют разрушению клеточных структур, обеспечивая устойчивость метаболических процессов.

Особое внимание уделяется фотосинтетическому аппарату. При водном стрессе нарушается работа фотосистемы II, снижается активность рубиско, что приводит к снижению ассимиляции углекислого газа.

Стабильность фотосинтеза при недостатке влаги является одним из индикаторов засухоустойчивости сорта, и многие селекционные программы включают оценку хлорофиллового флуоресцентного отклика как критерия устойчивости.

## **Генетические механизмы формирования засухоустойчивости**

Засухоустойчивость — сложный полигенный признак. Она определяется взаимодействием множества генов, регулирующих физиологические процессы, включая водный транспорт, синтез осмопротекторов, работу антиоксидантных систем, морфогенез корневой системы и переключение метаболических путей. Генетические исследования выявили значительное число QTL-локусов, связанных с устойчивостью к водному стрессу у пшеницы, ячменя и кукурузы.

Особое значение имеют гены транскрипционных факторов семейств DREB, NAC, WRKY, MYB, регулирующих экспрессию большого числа стресс-ассоциированных генов. Эти гены запускают каскады реакций, обеспечивая адаптацию растений к дефициту влаги. Важен также генетический контроль гормонального ответа, в частности путей абсцизовой кислоты и цитокининов, которые регулируют работу устьиц и развитие корневой системы.

Современные методы геномного редактирования, включая CRISPR/Cas9, позволяют точно изменять ключевые гены, повышая устойчивость растений. Технологии редактирования открывают новые возможности для ускоренного создания адаптивных сортов без значительного вмешательства в их генетическую структуру. Этот подход обеспечивает высокую точность работы и минимизирует риски возникновения нежелательных изменений.

## **Селекционные стратегии и биотехнологические методы**

Классическая селекция остаётся основой создания засухоустойчивых сортов. Однако её эффективность значительно повышается благодаря применению молекулярных маркеров, позволяющих отслеживать нужные признаки на ранних этапах развития растений. Маркер-ассоциированная селекция ускоряет процесс отбора и снижает зависимость от природных условий.

Важно учитывать географическую специфику. Сорта, устойчивые к засухе в одном регионе, могут проявлять слабую адаптивность в другом. Поэтому селекционные программы должны основываться на локальных климатических данных, типах почв и особенностях агроэкосистемы.

Биотехнологические методы включают культивирование тканей, соматическую вариабельность, использование стресс-индуцированных культур и анализ протеома. Эти подходы позволяют выявлять растения с высокой стрессоустойчивостью до того, как проявятся внешние признаки засухи.

Сочетание методов геномики, феномики и биоинформатики создаёт интегрированную платформу для создания новых сортов.

## **Агротехнические аспекты обеспечения устойчивости зерновых к засухе**

Селекция сортов должна сопровождаться грамотной агротехнической стратегией. Агротехнические приёмы включают оптимизацию времени посева, применение мульчирования, снижение плотности стояния растений, подбор адаптивных систем внесения удобрений и формирование устойчивой структуры агроландшафта.

Значимым направлением является увеличение водоудерживающей способности почв за счёт применения органических удобрений, биоугольных технологий, сидератов и рационального севооборота. Комплексный подход обеспечивает снижение стрессового воздействия засухи и раскрытие генетического потенциала устойчивых сортов.

### **Заключение**

Разработка засухоустойчивых сортов зерновых культур является стратегической задачей современных аграрных исследований. Она требует сочетания физиологии растений, молекулярной генетики, селекционной науки и современных агротехнических технологий. Интеграция фундаментальных и прикладных подходов позволяет создавать сорта, способные обеспечивать стабильную урожайность в условиях дефицита влаги, что особенно важно в эпоху климатических изменений.

### **Литература**

1. Жученко А. А. Экологическая генетика культурных растений. М.: Колос, 2004.
2. Кобылянский В. Д. Засухоустойчивость сельскохозяйственных культур. Ростов-на-Дону: Феникс, 2012.
3. Заволока А. П. Физиология устойчивости растений к стрессам. СПб.: Лань, 2019.
4. Килин В. Н. Генетические основы селекции зерновых культур. М.: Агропромиздат, 2020.
5. Литвинов С. С. Агрофизические аспекты устойчивости сельхозкультур. М.: Наука, 2016.



## ПРИМЕНЕНИЕ ДРОНОВ ДЛЯ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ: ТЕХНОЛОГИИ, МЕТОДЫ И ИННОВАЦИОННЫЕ ПРАКТИКИ

**Орлов Дмитрий Константинович**

Студент, Институт инженерных систем агропромышленного комплекса  
Российский государственный аграрный университет – МСХА имени  
К. А. Тимирязева  
г. Москва, Россия

**Романов Алексей Петрович**

Доцент кафедры агроинженерных технологий Российский государственный  
аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева  
г. Москва, Россия

### Аннотация

Статья посвящена комплексному анализу применения беспилотных летательных аппаратов в точном земледелии. Рассматриваются технические особенности различных классов агродронов, методы аэросъёмки сельскохозяйственных угодий, специфические алгоритмы обработки данных, механизмы интеграции с цифровыми платформами и роль искусственного интеллекта в повышении эффективности агротехнологий. Показано, что дроны являются ключевым элементом цифровой трансформации сельского хозяйства, обеспечивая высокоточную диагностику состояния растений, оптимизацию использования ресурсов, снижение производственных затрат и устойчивое управление агроландшафтами.

**Ключевые слова:** точное земледелие, беспилотные летательные аппараты, агродроны, мониторинг посевов, ЦОС, цифровая агроэкосистема, аэросъёмка.

### Введение

Современное сельское хозяйство вступило в этап глубокой трансформации, обусловленной цифровизацией производственных процессов, автоматизацией управления агротехнологиями и ростом глобальных климатических рисков. В этих условиях точное земледелие становится центральной парадигмой аграрного развития, ориентированной на использование высокоточных измерительных систем, интеллектуальных технологий и комплексной цифровой аналитики. Одним из наиболее значимых инструментов точного земледелия являются беспилотные летательные аппараты, которые обеспечивают принципиально новый уровень наблюдения за полевыми экосистемами.

Дроны позволяют получать объективную, оперативную и многопараметрическую информацию о состоянии сельскохозяйственных культур. Благодаря высоким пространственным разрешениям, гибкости траектории и способности работать в сложных условиях, они дают возможность контролировать параметры, которые невозможно изучить наземными методами. Их использование способствует оптимизации водных ресурсов, рациональному применению удобрений и средств защиты растений, прогнозированию урожайности, управлению стрессовыми факторами и предотвращению биотических и абиотических угроз.

Системный анализ, поддерживаемый аэросъёмкой, мультиспектральной диагностикой и использованием беспилотных платформ, делает дроны важнейшим инструментом устойчивого сельского хозяйства, сокращающего издержки, повышающего точность и обеспечивающего экологическую ответственность агропроизводства.

### **Технические и конструктивные особенности дронов, используемых в сельском хозяйстве**

Беспилотные летательные аппараты, применяемые в аграрной сфере, отличаются значительным разнообразием конструкций, функциональных возможностей и типов нагрузки. Наиболее распространёнными являются квадрокоптеры и мультикоптеры, обладающие высокой манёвренностью, способностью выполнять точную вертикальную съёмку и обеспечивать стабильность полёта при проведении длительных миссий. Такие аппараты используются преимущественно для мониторинга территорий, точной аэросъёмки и оценки состояния растений.

Параллельно активно развиваются крылатые дроны самолётного типа, отличающиеся большей дальностью полёта и повышенной энергоэффективностью. Они особенно важны при обследовании больших площадей, где требуется максимальная протяжённость маршрутов. Такие аппараты применяются для создания крупных карт сельскохозяйственных массивов, анализа рельефа, выявления зон переувлажнения или пересушивания почвы, а также для исследования пространственной структуры посевов.

Особое место занимают высокопроизводительные агродроны, предназначенные для внесения жидких удобрений, микроэлементов, средств защиты растений или биопрепаратов. Они оборудованы мощными резервуарами, распылительными системами и автоматическими механизмами подачи растворов. Точность обработки достигает сантиметрового уровня благодаря спутниковым навигационным технологиям и бортовым вычислительным системам.

Современные дроны оснащаются широким спектром сенсоров: RGB-камерами, мультиспектральными и гиперспектральными матрицами, тепловизорами, лидарами, датчиками влажности и концентрации аэрозолей.

Такое разнообразие позволяет получать объективную информацию о физиологическом состоянии растений, структуре почвы, распределении влаги и возникновении стрессовых зон.

## **Методы аэросъёмки и диагностики состояния сельскохозяйственных культур**

Аэросъёмка представляет собой основу применения дронов в точном земледелии. Мультиспектральная диагностика позволяет фиксировать отражение света растениями в различных диапазонах, что даёт возможность анализировать фотосинтетическую активность, содержание хлорофилла, степень стресса и нарушения водного баланса.

Наиболее распространённым методом является вегетационный индекс NDVI, который отражает уровень фотосинтетической активности растительного покрова. Однако современная аграрная наука использует десятки альтернативных индексов: NDRE, SAVI, GCI, CHL, позволяющих изучать содержание азота, состояние листвы, плотность биомассы и уровень повреждения растений.

Тепловизионная съёмка применяется для обнаружения участков с низкой влажностью почвы, локального перегрева и нарушения процессов транспирации. Она позволяет своевременно выявлять зоны водного стресса, оптимизировать режимы орошения и предотвращать снижение урожайности.

Гиперспектральные камеры обеспечивают наиболее глубокий уровень анализа, фиксируя сотни спектральных каналов. Такие данные позволяют классифицировать растения по сортам, выявлять заболевания на ранней стадии, определять биохимические параметры и прогнозировать урожайность с высокой точностью.

Лидарные системы используются для построения трёхмерных моделей посевов и рельефа. Эти модели позволяют определять высоту растений, структуру кроны, уклон участка и параметры микроландшафта, которые играют ключевую роль в водном распределении и формировании зон переувлажнения.

## **Интеграция дронов с цифровыми платформами и системами искусственного интеллекта**

Современные дроны не ограничиваются функцией сбора данных. Их эффективность определяется уровнем интеграции с цифровыми агросистемами: облачными платформами, геоинформационными системами, алгоритмами анализа больших данных и нейросетевыми моделями.

Данные, собранные в ходе аэросъёмки, проходят первичную обработку, затем загружаются в аналитические комплексы, где формируются точные карты состояния посевов.

Алгоритмы машинного обучения выявляют закономерности, анализируют динамику изменений, прогнозируют возникновение биотических угроз и определяют оптимальные меры вмешательства.

Искусственный интеллект позволяет автоматизировать диагностику заболеваний, вычислять степень поражения растений, рассчитывать оптимальные нормы внесения удобрений и прогнозировать урожайность на каждом участке поля. Системы компьютерного зрения анализируют многоспектральные изображения, выделяют проблемные зоны и классифицируют их по типам нарушений.

Большое значение имеет интеграция дронов с системами автоматического управления агротехникой. Формируемые карты могут передаваться на тракторы, опрыскиватели, сеялки и другие машины, что позволяет выполнять операции с высокой точностью. Эта интеграция формирует единую цифровую агроэкосистему, обеспечивающую синхронизацию всех этапов производственного цикла.

### **Практическое применение дронов в операциях точного земледелия**

Применение дронов охватывает весь спектр задач сельскохозяйственного производства. Одной из ключевых функций является мониторинг состояния посевов. Регулярная аэросъёмка позволяет отслеживать темпы роста растений, выявлять участки с задержкой развития и определять причины отклонений.

Дроны используются для контроля качества всходов, оценки равномерности распределения семян, анализа повреждений, вызванных неблагоприятными погодными условиями, вредителями или болезнями. При диагностике заболеваний выявляются очаги инфицирования, определяются границы распространения, что позволяет принимать меры в самые ранние сроки.

Одна из наиболее востребованных функций — точечное внесение удобрений и средств защиты растений. Дрон может обработать только проблемную зону, значительно снижая расход химикатов и уменьшая экологическую нагрузку. Это особенно важно для точного земледелия, ориентированного на минимизацию внешнего воздействия и рациональное использование ресурсов.

Важной задачей является картирование почв. Дроны фиксируют структуру поверхности, определяют проблемные зоны, связанные с эрозией, уплотнением почвы, нарушением водного режима. Эти данные используются для разработки дифференцированных схем обработки, регулирующих механическую нагрузку на почву и её питание.

## **Экономические преимущества внедрения дронов в сельское хозяйство**

Экономическая выгода применения дронов связана с сокращением затрат на ресурсы, оптимизацией урожайности и снижением затрат на ручной труд. Точная диагностика состояния растений позволяет уменьшить расход удобрений, воды и средств защиты растений, так как вмешательство осуществляется только в необходимых местах.

Дроны сокращают время достижения результата. Вместо нескольких дней работы персонала на поле достаточно одного облёта, чтобы получить полную карту состояния агроценоза. Это значительно ускоряет принятие управленческих решений, повышает точность планирования и снижает риски потерь урожая.

В долгосрочной перспективе использование дронов формирует устойчивую производственную систему, снижающую экологические издержки и повышающую конкурентоспособность хозяйства.

## **Перспективы развития дроновых технологий в агросекторе**

Будущее дронов в сельском хозяйстве связано с совершенствованием сенсорных систем, увеличением автономности полётов, развитием сетей передачи данных нового поколения и улучшением интеграции с роботизированной техникой. Ожидается расширение применения совместных роящихся систем, способных автономно распределять задачи, проводить коллективную обработку данных и выполнять единые полевые миссии.

Важным направлением станет внедрение биосенсорных платформ, позволяющих анализировать содержание питательных веществ, определять биохимические процессы и фиксировать ранние признаки стрессов, недоступные для визуальной диагностики. Интеграция с системами предиктивной аналитики создаст новые возможности для устойчивого управления агроландшафтами.

## **Заключение**

Применение дронов стало одним из ключевых инструментов современного точного земледелия. Они обеспечивают высокоточную диагностику, повышают устойчивость агросистем, снижают затраты и формируют качественно новую модель управления аграрным производством. Интеграция беспилотных систем с цифровыми платформами и искусственным интеллектом превращает дроны в интеллектуальный элемент агротехнологической экосистемы, обеспечивающий стратегическое развитие сельского хозяйства в условиях климатических и экономических вызовов.

## Литература

1. Гусев Н. А. Точное земледелие: технологии и перспективы. М.: Колос, 2021.
2. Калашникова И. П. Агродроны в сельском хозяйстве: теория и практика применения. СПб.: Лань, 2022.
3. Карпухин С. В. Цифровые технологии в растениеводстве. М.: Агропромиздат, 2020.
4. Лапшин В. Н. Системы дистанционного мониторинга в аграрном секторе. Новосибирск: СибАкадемКнига, 2018.
5. Поликарпов А. А. Геоинформационные системы в земледелии. М.: Научный мир, 2019.



## ИЗУЧЕНИЕ КРУГОВОРОТА УГЛЕРОДА В ОКЕАНЕ: МЕХАНИЗМЫ, ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И ГЛОБАЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ

**Кравцов Андрей Михайлович**

Студент, Кафедра океанологии Российский государственный  
гидрометеорологический университет  
г. Санкт-Петербург, Россия

**Семенова Ольга Валерьевна**

Доцент, Кафедра океанологии Российский государственный  
гидрометеорологический университет  
г. Санкт-Петербург, Россия

### Аннотация

Статья посвящена комплексному исследованию круговорота углерода в Мировом океане, который является ключевым элементом глобальной климатической системы. Рассматриваются физические, химические и биогеохимические механизмы переноса углерода, его трансформации и долговременной аккумуляции. Особое внимание уделяется роли океана как главного поглотителя  $\text{CO}_2$ , а также влиянию биологической помпы, океанической циркуляции и микробиологических процессов на формирование стабильного углеродного баланса. Охарактеризованы современные методики наблюдения, включающие спутниковый мониторинг, глубоководные измерения и изотопный анализ. Подчеркивается значимость изучения антропогенных изменений, океанического подкисления и последствий для климата.

**Ключевые слова:** углеродный цикл, океаническая биологическая помпа, растворённый углерод, климатическая система, океаническая циркуляция.

### Введение

Круговорот углерода в Мировом океане представляет собой сложную, многоуровневую систему, от которой зависит состояние атмосферы, динамика глобальных температур и устойчивость биосферы. Океан способен поглощать значительную часть антропогенного диоксида углерода, тем самым играя роль естественного климатического регулятора. Основные формы углерода в океане включают растворённый  $\text{CO}_2$ , бикарбонатные и карбонатные ионы, органическое вещество, взвешенные частицы и биомассу планктона. Каждый из этих компонентов участвует в транспортировке углерода между слоями воды и атмосферой.

Современные климатические вызовы требуют глубокого понимания океанического углеродного цикла. Осознание масштабов и направленности потоков углерода позволяет оценивать степень воздействия антропогенного  $\text{CO}_2$  на климат, прогнозировать будущие изменения и разрабатывать стратегии адаптации. Это делает изучение океанического углеродного цикла не только научной задачей, но и важнейшим элементом мировой климатической политики.

### **Физико-химические механизмы круговорота углерода**

Физико-химическая структура круговорота углерода определяется растворимостью  $\text{CO}_2$ , химическими реакциями в морской воде и условиями, которые регулируют эти процессы. Диоксид углерода, попадая в воду, связывается с ней и образует угольную кислоту, которая диссоциирует на бикарбонатные и карбонатные ионы. Бикарбонат является наиболее распространённой формой углерода в океанической среде. Пропорции между различными формами углерода зависят от температуры, солёности, давления и кислотности воды.

Рост концентрации  $\text{CO}_2$  в атмосфере вызывает увеличение содержания угольной кислоты в верхнем слое океана, что приводит к снижению pH. Такое подкисление нарушает карбонатный баланс и уменьшает количество карбонат-ионов, необходимых для формирования скелетов кораллов, моллюсков и планктонных организмов. Изменение кислотности способствует разрушению карбонатных экосистем и нарушает функционирование пищевых сетей.

Температура воды играет важную роль в распределении углерода. Холодные воды лучше растворяют газ, поэтому полярные регионы являются ключевыми зонами поглощения атмосферного  $\text{CO}_2$ . Напротив, нагрев поверхностных вод снижает растворимость углекислого газа, что может увеличивать его выход обратно в атмосферу. Таким образом, физико-химическая основа круговорота углерода формируется на пересечении климатических, геохимических и гидрофизических факторов.

### **Биологическая помпа как основной путь переноса углерода в глубину**

Биологическая помпа — это система процессов, которая обеспечивает перенос углерода из фотосинтетически активных поверхностных слоёв в глубоководные области. Фитопланктон в ходе фотосинтеза поглощает  $\text{CO}_2$  и превращает его в органическое вещество. После отмирания часть органических частиц, а также отходы жизнедеятельности зоопланктона, оседают в глубинные слои воды, где подвергаются дальнейшей переработке.

Эффективность биологической помпы зависит от концентрации питательных веществ, уровня солнечной радиации, температуры поверхностных слоёв и структуры планктонного сообщества.

Важную роль играют виды фитопланктона, формирующие более плотные частицы, способные быстро опускаться на большие глубины. Первый этап биологической помпы связан с первичной продукцией, второй — с транспортировкой органического вещества, а третий — с его седиментацией и минерализацией в глубоководных условиях.

Биологическая помпа служит одним из наиболее эффективных механизмов долговременного хранения углерода. Углерод, погружённый в глубинные воды, может оставаться изолированным от атмосферы веками. Нарушение работы биологической помпы под воздействием изменения климата может значительно ослабить глобальный углеродный баланс.

### **Океаническая циркуляция и вертикальное перемешивание углерода**

Глобальная океаническая циркуляция обеспечивает распределение углерода между поверхностными и глубинными слоями. В полярных регионах холодная и плотная вода опускается на большие глубины, увлекая с собой растворённый  $\text{CO}_2$ . Это создаёт основу для формирования глубинных течений, которые распространяют углерод по всему Мировому океану.

Вертикальное перемешивание обеспечивает постоянный обмен углерода между слоями. Апвеллинг, возникающий в некоторых регионах мира, поднимает глубинные воды, богатые  $\text{CO}_2$ , обратно к поверхности, что приводит к высвобождению углерода в атмосферу. Таким образом, одни зоны океана выступают поглотителями углекислого газа, а другие — источниками его выброса.

Климатические изменения, влияющие на температуру и солёность, могут привести к ослаблению термохалинной циркуляции, что снизит способность океана поглощать углерод. Это делает изучение глубинной циркуляции важным элементом прогнозирования будущего климата.

### **Микробиологические процессы и реминерализация углерода**

Органическое вещество, достигающее глубин океана, подвергается разложению микроорганизмами, которые участвуют в деструкции биогенных частиц. В результате углерод высвобождается в форме  $\text{CO}_2$  и растворённых органических соединений. Эти процессы определяют скорость возврата углерода в атмосферу и скорость его долговременного хранения.

Реминерализация зависит от температуры воды, давления, химического состава органического вещества и активности микробных сообществ. В холодных и глубоких водах разложение происходит значительно медленнее, что способствует длительному хранению углерода. Часть растворённого органического углерода становится устойчивой к биологическому разложению и может сохраняться в океане столетиями, формируя долгосрочный резервуар углерода.

## **Методы изучения круговорота углерода в океане**

Для исследования круговорота углерода применяются спутниковые системы наблюдений, автоматические буйковые платформы, глубоководные зонды, изотопные методы и математическое моделирование. Спутниковые данные позволяют анализировать концентрацию хлорофилла, температуру воды, уровень первичной продукции и динамику поверхностных течений.

Автономные зонды типа Argo фиксируют параметры глубинных слоёв и дают возможность отслеживать концентрацию CO<sub>2</sub>, pH, щёлочность, содержание кислорода, температуру и солёность. Изотопный анализ помогает выявлять происхождение углерода и определять скорость биогеохимических процессов.

Цифровые климатические модели объединяют физику, химию и биологию, позволяя прогнозировать изменения углеродного баланса при различных сценариях климатических воздействий. Комплексность этих методов делает изучение углеродного цикла междисциплинарным направлением.

## **Антропогенное воздействие и глобальные климатические риски**

Рост антропогенных выбросов CO<sub>2</sub> ведёт к ускоренному подкислению океана, нарушению карбонатного равновесия и ухудшению условий существования морских организмов. Ослабление биологической помпы, изменение активности планктона и нарушение циркуляционных процессов приводят к уменьшению способности океана аккумулировать углерод.

Долгосрочные последствия включают усиление глобального потепления, снижение продуктивности морских экосистем, сокращение биологических ресурсов и рост климатической нестабильности. Изучение этих процессов позволяет формировать стратегии сохранения океанических экосистем и предотвращения климатических рисков.

## **Заключение**

Круговорот углерода в океане представляет собой фундаментальную компоненту климатической системы Земли. Океан выступает одновременно регулятором концентрации CO<sub>2</sub> в атмосфере и резервуаром углерода, хранящим его на протяжении тысячелетий. Глубокое понимание процессов растворения, биологического поглощения, перемещения и реминерализации углерода позволяет оценить устойчивость океанических экосистем и предсказать последствия изменения климата.

Комплексное изучение океанического углеродного цикла является обязательным условием для разработки глобальных климатических стратегий и сохранения экологического равновесия планеты.

## Литература

1. Романкевич Е. А., Виноградов М. Е. Биогеохимия океана. — М.: Наука, 2010.
2. Лисицын А. П. Геохимические процессы в Мировом океане. — М.: Научный мир, 2017.
3. Леонов А. В. Океанология: методы исследования. — СПб.: РГГМУ, 2020.
4. Морозова Н. П. Химия морской воды. — Владивосток: ДВО РАН, 2018.
5. Соловьев В. А. Мировой океан и климат. — М.: ГЕОС, 2021.



## ЭКОЛОГИЯ ГЛУБОВОДНЫХ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ

**Петрова Валерия Дмитриевна**

Студент, Факультет биологии и почвоведения Санкт-Петербургский  
государственный университет  
г. Санкт-Петербург, Россия

**Сидоров Алексей Георгиевич**

Доцент, Кафедра морской биологии, Санкт-Петербургский государственный  
университет  
г. Санкт-Петербург, Россия

### Аннотация

Глубоководные гидротермальные источники представляют собой уникальные экосистемы, существующие в условиях экстремальных температур, высокого давления и полной отсутствия солнечного света. Несмотря на кажущуюся непригодность для жизни, эти области являются центрами высокой биологической продуктивности и характерны сложными симбиотическими системами, основанными на хемосинтезе. В статье рассматриваются физико-химические свойства гидротермальных источников, особенности сообществ, механизмы адаптации организмов к экстремальной среде, а также значение таких экосистем для глобальных биологических и геохимических процессов.

**Ключевые слова:** гидротермальные источники, глубоководная экология, хемосинтез, экстремофилы, биогеохимические циклы, морские экосистемы

### Введение

Глубоководные гидротермальные источники были открыты сравнительно недавно — в конце 1970-х годов, что стало одним из наиболее значимых открытий в морской биологии. Эти уникальные геологические структуры располагаются на срединно-океанических хребтах, в зонах разломов и субдукционных процессов. В противоположность большинству известных экосистем, жизнь в гидротермальных полях основана не на энергии солнечного света, а на химической энергии, выделяемой при взаимодействии горячих флюидов с морской водой. Экосистемы гидротермальных источников представляют собой богатую мозаику организмов, отличающихся высокой степенью адаптации к экстремальным условиям: давлению, достигающему сотен атмосфер, температурным градиентам, превышающим 300 °С, повышенной концентрации сероводорода, метана и

металлов. Несмотря на эти факторы, гидротермальные поля представляют собой «островки жизни» на океанском дне, обладающие высокой биомассой и быстро изменяющейся структурой сообществ.

### **Физико-химические особенности глубоководных гидротермальных систем**

Гидротермальные источники формируются в результате циркуляции морской воды через трещины океанической коры. Прогреваясь в недрах Земли до температур свыше 350 °С, вода насыщается минералами, металлами и сернистыми соединениями. Выходя на поверхность, она образует характерные «черные курильщики» и «белые курильщики», различающиеся по химическому составу выбросов.

Высокие концентрации сероводорода, метана, железа и марганца создают экстремальные условия, но одновременно открывают возможности для хемосинтетических бактерий, являющихся основой пищевых цепей.

Температурные градиенты формируют уникальные микрзоны: от сверхгорячих участков рядом с соплом источника до более мягких температур в нескольких сантиметрах от него. Такое распределение создает сложные экологические ниши, каждая из которых заселена специфическими организмами.

### **Биологические сообщества и симбиотические связи**

Одной из самых удивительных черт гидротермальных экосистем является высокая продуктивность, обеспечиваемая исключительно микробиальными сообществами. Основу биосинтеза составляет хемолитотрофный путь, при котором бактерии и археи используют сероводород или метан как источник энергии для фиксации углерода.

Крупные представители фауны — трубчатые черви *Riftia pachyptila*, двустворчатые моллюски, креветки, улитки и голотурии — существуют благодаря симбиозу с хемосинтетическими микроорганизмами. Например, трубчатые черви полностью утратили пищеварительную систему и получают все питательные вещества через симбиотические бактерии, живущие в их трофосомах.

Сообщество характеризуется ярко выраженной зональностью: чем ближе организм расположен к выходному отверстию флюидов, тем сильнее его физиологическая адаптация к высоким температурам, токсичности и низкому содержанию кислорода.

Кроме макрофауны значительную роль играют микробные плёнки, колонии архей и бактерий, формирующие «поверхностные ковры» на минеральных структурах.

## **Адаптационные механизмы к экстремальной среде**

Организмы гидротермальных зон демонстрируют широкий спектр адаптаций:

### **Физиологические адаптации:**

способность переносить температуры от 2 °С до 120 °С, наличие белков-термостабилизаторов, специальных ферментов и мембранных липидов, устойчивых к токсичным соединениям.

### **Биохимические адаптации:**

использование сероводорода и метана в качестве энергетического субстрата, наличие металл-связывающих белков, предотвращающих токсическое действие тяжелых металлов.

### **Поведенческие адаптации:**

изменение положения относительно источника в зависимости от температуры, концентрации кислорода и химических веществ.

Эти механизмы делают гидротермальные организмы одними из наиболее приспособленных экстремофилов на планете.

## **Роль гидротермальных систем в глобальных биогеохимических циклах**

Гидротермальные источники являются важным звеном круговорота серы, углерода, железа и других элементов. Благодаря высокой активности микроорганизмов они влияют на химический состав океана, участвуют в осаждении металлов и формировании рудных месторождений.

С точки зрения эволюции гидротермальные источники рассматриваются как возможная колыбель ранней жизни на Земле. Экстремальные условия, наличие энергии и минеральных поверхностей создавали подходящие условия для формирования первых протоклеток и молекулярных систем.

## **Заключение**

Глубоководные гидротермальные источники представляют собой уникальные экосистемы, объединяющие в себе экстремальные физические условия, высокую биологическую продуктивность и сложные механизмы адаптации организмов. Исследование этих зон открывает новые горизонты в изучении экстремофильной жизни, глобальных геохимических процессов и возможного происхождения жизни на Земле.

## Литература

1. Van Dover, C. The Ecology of Deep-Sea Hydrothermal Vents. Princeton University Press, 2014.
2. Tunnicliffe, V. Hydrothermal Vent Communities: A Review. Annual Review of Oceanography, 2020.
3. Jannasch, H., Mottl, M. Geochemical and Biological Interactions at Hydrothermal Vents. Science, 1985.
4. Fisher, C. R. et al. Extreme Adaptations in Hydrothermal Vent Fauna. Marine Biology Review, 2018.
5. Stewart, F. J., Sievert, S. Microbial Chemosynthesis and Deep-Sea Ecosystems. Nature Reviews Microbiology, 2021.



## УПРАВЛЕНИЕ СТРЕССОМ И ПСИХОЛОГИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА В СПОРТЕ

### **Аскер Базаров**

Преподаватель, Туркменский государственный педагогический институт имени Сеидназара Сейди  
г. Туркменабад Туркменистан

### **Аллаберди Ягмыров**

Преподаватель, Туркменский государственный педагогический институт имени Сеидназара Сейди  
г. Туркменабад Туркменистан

### **Бабамурат Чарыев**

Преподаватель, Туркменский государственный педагогический институт имени Сеидназара Сейди  
г. Туркменабад Туркменистан

### **Аннотация**

Статья посвящена комплексному рассмотрению психологической подготовки спортсменов и механизмов управления стрессом как ключевых факторов высокой спортивной результативности и устойчивости к экстремальным нагрузкам. В условиях современной спортивной деятельности, характеризующейся высокой конкуренцией, повышенной физической интенсивностью, эмоциональными перегрузками, постоянным информационным давлением и изменчивыми условиями соревновательной борьбы, психологические аспекты подготовки становятся фундаментальным элементом тренерского и научно-методического подхода. В работе анализируются физиологические, нейропсихологические, когнитивные и социальные механизмы формирования стрессоустойчивости. Показано, что спортивный стресс представляет собой сложную систему реакций, включающих гормональный, психический и поведенческий уровни. Статья представляет собой фундаментальный обзор научно-теоретических подходов и практических решений, позволяющих совершенствовать психическую устойчивость спортсменов и формировать высокую конкурентную готовность в условиях экстремальной спортивной деятельности.

**Ключевые слова:** спортивная психология, стрессоустойчивость, эмоциональная регуляция, спортивная подготовка, когнитивная концентрация, стресс-реакции, саморегуляция, психофизиология спорта.

## **Введение**

Современный спорт переживает период интенсивной трансформации, связанный с ростом требований к уровню физической, технической и психологической подготовленности спортсменов. Повышение конкуренции, постоянное усложнение правил и интенсивности тренировочного процесса, усиление информационного и медийного давления, возрастающая значимость финансовых факторов и общественных ожиданий делают спортивную деятельность пространством высокой стрессовой нагрузки. В этих условиях спортсмен оказывается в ситуации многомерного давления, включающего физиологическую, эмоциональную, когнитивную, социальную и информационную компоненты. Способность управлять стрессом становится не только дополнительным ресурсом, но и фундаментальной основой успешного выступления в спорте высших достижений.

Психологическая подготовка выходит за рамки поддержки эмоционального состояния. Она представляет собой сложную систему формирования устойчивых личностных свойств, навыков саморегуляции, управляемости внутренних состояний и способности функционировать в условиях неопределённости, риска, интенсивного контроля и высокой ответственности. Спортсмену необходимо уметь регулировать уровень возбуждения, управлять тревогой, поддерживать концентрацию внимания, сохранять мотивацию и уверенность, выбирать оптимальные стратегии поведения в ситуациях давления и контролировать свои эмоции вне зависимости от обстоятельств.

Растущая заинтересованность исследователей и практиков к проблеме управления стрессом обусловлена тем, что стрессовые реакции способны значительно модифицировать физическую работоспособность, технику, скорость принятия решений, мотивационную эффективность и устойчивость спортсмена к поражениям. Понимание природы стресса, механизмов формирования психологической устойчивости и методов профилактики эмоционального выгорания является актуальной задачей спортивной науки.

## **Психофизиологические основы спортивного стресса**

Стресс в спортивной деятельности имеет двойственную природу: с одной стороны, он выступает как источник мобилизации ресурсов, активации важных физиологических систем и усиления мотивации, а с другой — как фактор, подрывающий физическую и психическую работоспособность при превышении индивидуальных порогов нагрузки. С физиологической точки зрения стресс представляет собой реакцию организма на воздействие стрессора, запускаемую активацией симпатико-адреналовой системы и гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой оси. Увеличение уровня адреналина, норадреналина и кортизола влияет на сердечно-сосудистую систему, дыхательные ритмы, мышечный тонус, состояние внимания и эмоций.

Важным аспектом спортивного стресса является его фазность. В момент соревновательного старта организм входит в состояние активации, направленное на мобилизацию энергетических ресурсов. Это состояние сопровождается усилением внимания, сокращением времени реакции, повышенной двигательной готовностью. Однако при чрезмерной интенсивности стрессовые реакции трансформируются в дезорганизующие факторы, нарушающие точность движений, ухудшающие когнитивный контроль и приводящие к катастрофическим ошибкам.

Нервная система спортсмена подвержена сложной динамике возбуждения и торможения. Высокий уровень кортизола в длительной перспективе приводит к ухудшению памяти, снижению мотивации, повышению раздражительности, нарушению сна и истощению энергетических систем. Такие изменения становятся причиной эмоционального выгорания, которое является распространённым явлением среди профессиональных спортсменов, особенно в видах, требующих постоянного напряжения.

Стресс влияет и на моторный контроль. Высокий уровень эмоционального напряжения нарушает плавность и точность движений, приводит к снижению координации, ошибкам в технике, чрезмерному мышечному напряжению и потере автоматизированности двигательных навыков. Особенно ярко этот эффект проявляется в видах спорта, требующих высокой точности: гимнастике, фигурном катании, стрельбе, теннисе, тяжелой атлетике, прыжках в воду.

### **Когнитивные процессы и управление вниманием в условиях спортивного стресса**

Когнитивная составляющая психологической устойчивости является ключевым элементом спортивной эффективности. Управление вниманием определяет способность спортсмена сохранять фокус на цели, игнорировать отвлекающие стимулы и контролировать внутренний диалог. В условиях стресса внимание становится крайне нестабильным: оно может чрезмерно сужаться, что приводит к потере контроля над внешними факторами, или чрезмерно расширяться, вызывая перегрузку информацией.

Основными когнитивными проблемами под воздействием стресса являются фиксация на ошибках, катастрофизация, негативное предвосхищение события, неконтролируемая внутренняя речь и потеря концентрации. Все эти процессы нарушают способность спортсмена к рациональной оценке ситуации, тормозят принятие решений и уменьшают уверенность.

Формирование устойчивого внимания требует длительной подготовки, включающей практики когнитивного контроля, дыхательные техники, управление внутренним диалогом, медитацию и специальные упражнения на тренировку избирательного и распределённого внимания.

Важным ресурсом является способность к «ментальному переключению», то есть моментальному переходу между различными режимами внимания в зависимости от требований ситуации.

Особое значение имеют стратегические схемы принятия решений, формирующиеся на основе многократных повторений и ситуационного анализа. Высококвалифицированные спортсмены обладают развитой способностью к мгновенной оценке ситуации, основанной на когнитивных шаблонах, которые обеспечивают скорость реакции даже в условиях недостатка времени на осознанный анализ. Стресс может нарушать эти механизмы, поэтому тренировка автоматизированных когнитивных паттернов имеет ключевое значение.

### **Эмоциональная регуляция и роль волевых процессов**

Эмоциональная регуляция является фундаментальной основой психологической подготовки. Эмоции обладают мощным влиянием на мышечную активность, когнитивную гибкость, самооценку и мотивацию спортсмена. Способность регулировать эмоциональные реакции определяет устойчивость спортсмена к давлению внешних и внутренних факторов.

Эффективная эмоциональная регуляция требует осознания собственных эмоциональных состояний, умения распознавать признаки нарастающего напряжения, владения инструментами снижения тревоги и контроля возбуждения. Одним из ключевых факторов является умение вызывать состояние «оптимального боевого возбуждения», при котором уровень физиологической активации согласован с задачами спортивной деятельности и способствует пиковым результатам.

Волевые качества играют существенную роль в преодолении стресса. Спортсмен, обладающий развитой волевой устойчивостью, способен сохранять мотивацию, преодолевать трудности, переносить физические и эмоциональные перегрузки и действовать рационально в условиях неопределённости. Воля формируется постепенно через преодоление сложных тренировочных задач, развитие самодисциплины, постановку целей и анализ собственных достижений.

### **Межличностные взаимодействия и социальная поддержка как фактор стрессоустойчивости**

Психологическое состояние спортсмена не существует в изоляции. Оно формируется в контексте сложной системы взаимоотношений с тренером, командой, семьей, спортивной организацией и обществом в целом. Межличностная динамика влияет на уверенность спортсмена, его эмоциональную устойчивость и способность противостоять стрессовым факторам.

Отношения с тренером являются одним из центральных факторов формирования психологической устойчивости. Авторитет тренера, его компетентность, эмоциональная поддержка, способность к конструктивной критике, умение

создавать позитивную атмосферу оказывают прямое влияние на психологическую подготовку. Спортсмен, доверяющий тренеру и ощущающий поддержку, значительно эффективнее справляется с тревогой и эмоциональным давлением.

В командных видах спорта важную роль играет групповая динамика. Слаженная команда формирует чувство принадлежности, развивается взаимное доверие, создаётся атмосфера общей ответственности. Всё это уменьшает воспринимаемую угрозу, способствует снижению уровня стресса и стимулирует спортсмена к максимальной самоотдаче.

Социальная поддержка со стороны семьи, друзей и спортивной организации является значимым ресурсом противодействия стрессу. Спортсмен, ощущающий поддержку, меньше подвержен эмоциональным срывам, быстрее восстанавливается после поражений и способен активнее работать над собой.

### **Методы психологической подготовки и управления стрессом в спорте**

Психологическая подготовка представляет собой комплекс научно обоснованных методик, направленных на формирование устойчивой психической готовности спортсмена к соревновательной деятельности. Существует широкий спектр методов, позволяющих оптимизировать эмоциональное состояние, когнитивные процессы, поведенческие стратегии и физиологические реакции.

Ключевым элементом является тренинг саморегуляции, включающий осознанное управление дыханием, расслаблением и мышечным тонусом. Дыхательные техники основаны на физиологическом механизме нормализации ритма сердца и снижении уровня возбуждения. Осознанное медленное дыхание активирует парасимпатическую нервную систему, снижая симптоматику тревоги.

Специальные методы работы с воображением позволяют спортсмену моделировать соревновательные ситуации, формировать ментальные сценарии успешного выступления и укреплять уверенность. Визуализация усиливает нейронные связи, имитирующие реальные двигательные действия, и способствует формированию автоматизированных навыков.

Когнитивные методы включают работу с внутренним диалогом, переоценку негативных установок, развитие позитивного мышления и формирование устойчивой самооценки. Управление внутренней речью является важным инструментом предотвращения когнитивных ошибок и улучшения концентрации внимания.

Психотерапевтические методы, такие как когнитивно-поведенческая терапия, направлены на коррекцию иррациональных убеждений, страхов, тревожных ожиданий и неадекватных моделей поведения. Применение этих методов помогает снизить эмоциональное напряжение и стабилизировать психическое состояние спортсмена.

Важным инструментом является биологическая обратная связь. Использование специальных устройств, отслеживающих физиологические показатели, помогает спортсмену научиться контролировать уровень возбуждения, оптимизировать дыхание и регулировать сердечный ритм.

### **Психологическая подготовка для различных этапов спортивной деятельности**

Психологическая подготовка отличается в зависимости от этапа тренировочного и соревновательного процесса. На этапе базовой подготовки основное внимание уделяется формированию уверенности, освоению саморегуляции, развитию позитивного отношения к тренировкам и развитию волевых качеств. На этапе предсоревновательной подготовки ключевыми задачами становятся управление тревогой, моделирование соревновательных ситуаций, стабилизация уровня возбуждения и укрепление уверенности.

В момент соревнований спортсмен находится под воздействием максимального эмоционального и физиологического давления. В этот период важно умение мгновенно восстанавливать концентрацию, управлять дыханием, игнорировать внешние раздражители и поддерживать оптимальный уровень возбуждения.

После соревнований важным элементом является психологическое восстановление. Независимо от результата спортсмен проходит через эмоциональные колебания, требующие поддержки и анализа. Разбор ошибок, принятие результата, восстановление мотивации и формирование позитивной перспективы являются фундаментальными компонентами восстановления.

### **Заключение**

Управление стрессом и психологическая подготовка являются ключевыми составляющими успешной спортивной деятельности. Спортивный стресс представляет собой сложное многогранное явление, включающее физиологические, когнитивные, эмоциональные и социальные компоненты. Способность спортсмена эффективно управлять своим состоянием в условиях экстремальной нагрузки определяет его готовность к успешному выступлению.

Психологическая подготовка включает развитие саморегуляции, эмоциональной устойчивости, концентрации внимания, позитивного мышления и волевых качеств. Она требует комплексного, научно обоснованного подхода, включающего методы когнитивной, поведенческой и эмоциональной тренировки, а также создание благоприятной социальной среды.

Современный спорт предъявляет всё более высокие требования к психической устойчивости, что делает психологическую подготовку неизбежным компонентом профессиональной подготовки.

Формирование стрессоустойчивости является не только инструментом повышения результатов, но и способом обеспечения здоровья, безопасности и гармоничного развития спортсмена.

## **Литература**

1. Барабанов А. Ф. Психология спортивной деятельности. М.: Спорт, 2021.
2. Киселёв В. М. Психологическая подготовка спортсмена. СПб.: Питер, 2020.
3. Левченко А. В. Стресс и адаптация в спорте высших достижений. М.: Юрайт, 2022.
4. Лях В. И., Зимкис А. М. Психофизиология спорта. Екатеринбург: УрФУ, 2023.
5. Рогова Е. Н. Методы психической саморегуляции в спортивной практике. М.: Наука, 2021.



## ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РОСТ В РАЗВИВАЮЩИХСЯ СТРАНАХ

**Гочмурадова Агагуль**

Преподаватель, Финансово-экономической средней профессиональной школы  
Лебапского вelayта

г. Туркменабад Туркменистан

**Нурлыева Динара Исламовна**

Преподаватель, Финансово-экономической средней профессиональной школы  
Лебапского вelayта

г. Туркменабад Туркменистан

**Джумаева Сурай Амангельдиевна**

Преподаватель, Финансово-экономической средней профессиональной школы  
Лебапского вelayта

г. Туркменабад Туркменистан

### Аннотация

Статья посвящена фундаментальному анализу структурных, институциональных, макроэкономических и социокультурных факторов, определяющих экономический рост в развивающихся странах. Экономические системы глобального Юга характеризуются высокой неоднородностью, зависимостью от сырьевой специализации, демографическими вызовами, ограниченностью финансовых ресурсов, институциональными и управленческими противоречиями. В работе рассматриваются теоретические подходы к объяснению экономического роста, включая классические модели накопления капитала, концепции эндогенного роста, институциональную экономику, теорию человеческого капитала и современные междисциплинарные исследования, связывающие экономический рост с качеством управления, цифровой трансформацией, инновационной экономикой и устойчивым развитием.

Работа обобщает современные научные исследования и формирует целостный взгляд на комплекс факторов, оказывающих влияние на экономическое развитие, подчеркивая необходимость долгосрочной стратегии, согласованной с глобальными экономическими тенденциями, национальными интересами и социальными приоритетами.

**Ключевые слова:** экономический рост, развивающиеся страны, человеческий капитал, инвестиции, инновации, институциональная среда, производительность, макроэкономическая политика.

## **Введение**

Экономический рост является ключевым критерием успешности социально-экономического развития и основным индикатором эффективности функционирования национальной экономической системы. Для развивающихся стран проблема роста приобретает особое значение, поскольку именно она определяет возможность перехода от низкопроизводительной, сырьевой или полуиндустриальной модели хозяйствования к инновационно-промышленной, устойчивой и конкурентоспособной экономике. На фоне глобализации, ускоренной цифровизации, усложнения мировых производственных цепочек и изменения структуры международных рынков развивающиеся страны сталкиваются с необходимостью поиска механизмов ускоренного, но устойчивого роста.

В экономической теории накоплен огромный пласт подходов к объяснению факторов роста, начиная с классической модели Харрода — Домара и заканчивая современными теориями эндогенного роста, где ключевую роль играют инновации, знания, инвестиции в человеческий капитал, институциональная структура и качество государственного управления. Развивающиеся страны находятся в особом положении, поскольку для них характерны противоречивые тенденции: с одной стороны, они обладают потенциалом догоняющего развития, позволяющим адаптировать существующие технологии и модели развития, с другой — сталкиваются с ограничениями, связанными с нестабильностью политических структур, слабостью институтов, недостаточностью финансовых ресурсов, низкой производительностью и высокой зависимостью от внешнеэкономической конъюнктуры.

В условиях ускоренных глобальных трансформаций понимание факторов, определяющих экономический рост в развивающихся странах, становится фундаментальной задачей экономической науки и государственной политики. Рост не может быть сведен к увеличению ВВП; он представляет собой многомерный процесс, включающий структурные изменения, социальное развитие, модернизацию производственного сектора, рост качества человеческого капитала, развитие институтов и совершенствование макроэкономической политики.

## **Теоретические основы анализа экономического роста**

Теории экономического роста представляют собой разнообразный спектр подходов, каждый из которых раскрывает специфические механизмы функционирования экономических систем.

Рассмотрение этих теорий необходимо для понимания того, почему развивающиеся страны растут неравномерно и какие факторы определяют успешность того или иного пути развития.

Классические модели роста, сформулированные Харродом, Домаром и Солоу, рассматривают экономический рост как функцию накопления капитала, трудовых ресурсов и технологического прогресса. В модели Солоу технологический прогресс выступает как экзогенный источник долгосрочного роста, что ограничивает возможности развивающихся стран, поскольку они в основном являются импортёрами технологий, а не их производителями.

Эндогенные модели роста, разработанные Ромером, Лукасом и другими представителями нового направления макроэкономики, делают акцент на внутренних источниках развития — инвестициях в образование, человеческий капитал, инновации, научные исследования и развитие информационных технологий. Эти модели особенно актуальны для развивающихся стран, поскольку они подчеркивают возможность ускорения роста через создание благоприятной среды для инновационной активности, формирования интеллектуального капитала и стимулирования предпринимательства.

Институциональная теория, активно развивавшаяся в трудах Норта, Родрика, Аджемоглу и Робинсона, подчеркивает, что экономический рост определяется качеством институтов: правовой системой, защитой прав собственности, степенью коррупции, уровнем бюрократизации, эффективностью государственного управления и политической стабильностью. Для многих развивающихся стран именно институциональная слабость становится ключевым препятствием на пути к устойчивому росту.

Современные междисциплинарные концепции рассматривают экономический рост в контексте экологической устойчивости, цифровой трансформации, демографической динамики, социокультурных факторов и глобальной интеграции. Эти подходы являются особенно значимыми для государств, находящихся на этапе перехода от индустриального развития к инновационному.

### **Роль производительности труда и структурных преобразований**

Производительность труда является ключевым фактором экономического роста. В развивающихся странах производительность традиционно остается низкой из-за технологической отсталости, недостатка квалифицированных кадров, отсутствия современных производственных стандартов, низкого уровня автоматизации и слабой инфраструктуры.

Структурная трансформация экономики предполагает переход от аграрного сектора к промышленному, а затем к сектору высоких технологий и услуг с высокой добавленной стоимостью.

Успешные примеры таких трансформаций наблюдаются в странах Восточной Азии, где модернизация промышленности сопровождалась активной государственной политикой, инвестициями в человеческий капитал, развитием инфраструктуры и импортом технологий.

В большинстве развивающихся стран структурная трансформация идет медленнее из-за ограниченности индустриальной базы, высоких социальных рисков, слабой институциональной поддержки и зависимости от экспорта сырья. Без перехода к технологически насыщенному производству рост остается нестабильным и зависимым от внешней конъюнктуры.

### **Инвестиции как основа экономического роста**

Инвестиции выступают важнейшим механизмом расширенного воспроизводства, модернизации производства и внедрения инноваций. Для развивающихся стран инвестиции являются критическим ресурсом, поскольку они определяют скорость технологического обновления, расширение инфраструктуры, развитие промышленности и создание рабочих мест.

Внутренние инвестиции ограничены низким уровнем доходов, слабым предпринимательским сектором, ограниченным доступом к кредитам и высоким уровнем рисков. Внешние инвестиции играют более весомую роль, но они сопряжены с зависимостью от международных корпораций, нерегулярностью потоков, политической нестабильностью и колебаниями глобальных рынков.

Особое значение имеют государственные инвестиции, направленные на развитие инфраструктуры, транспорта, энергетики, информационных технологий и образования. Эти инвестиции создают основу для частного сектора, формируя пространство для экономической активности.

### **Человеческий капитал и образование как факторы развития**

Человеческий капитал играет ключевую роль в ускоренном развитии экономики. Развивающиеся страны обладают преимущественно молодой демографической структурой, которая при соответствующих условиях может стать мощным драйвером экономического роста.

Однако для этого необходимо обеспечить высокий уровень образования, доступ к современным программам профессиональной подготовки, развитие системы здравоохранения, улучшение социальной инфраструктуры и сокращение неравенства.

Образование обеспечивает формирование трудовых ресурсов, способных осваивать инновационные технологии, работать в интеллектуальных секторах экономики и участвовать в развитии цифровой инфраструктуры.

## **Инновации и технологическое развитие**

Инновации являются основой современной экономики и ключевым источником конкурентоспособности. Развивающиеся страны сталкиваются с низким уровнем инновационной активности из-за ограниченности научного потенциала, недостатка квалифицированных исследователей, слабости научно-технической инфраструктуры и низкого уровня коммерциализации технологий.

Тем не менее, примеры Китая, Индии, Бразилии и некоторых африканских стран показывают, что при правильно выстроенной государственной политике, инвестициях в науку, развитие цифровых технологий и создании инновационных кластеров возможно формирование технологически продвинутого сектора даже в странах с ограниченными ресурсами.

## **Институциональное качество и политическая стабильность**

Институциональная среда является одним из ключевых факторов экономического роста. Развивающиеся страны часто сталкиваются с проблемами политической нестабильности, коррупции, слабости судебной системы, низкой эффективности государственного управления и недостаточной защиты прав собственности.

Эти факторы создают высокий уровень неопределенности, снижают инвестиционную привлекательность, препятствуют развитию предпринимательства и ограничивают инновационную активность.

Формирование эффективных институтов требует комплексного реформирования государственного управления, совершенствования правовой системы, борьбы с коррупцией и развития механизмов демократического контроля.

## **Внешние факторы: международная торговля и глобальные циклы**

Экономический рост развивающихся стран во многом зависит от международной торговли, цен на сырьевые товары, внешних инвестиций, финансовых потоков и глобальных экономических циклов.

Сырьевая зависимость делает экономику уязвимой к колебаниям мировых цен, что приводит к нестабильности бюджетов, макроэкономической турбулентности и снижению уровня инвестиций.

Диверсификация экспорта, развитие промышленного производства, участие в глобальных цепочках добавленной стоимости и расширение сотрудничества с развитыми странами являются важными путями укрепления экономики.

## **Социальная структура и демографические факторы**

Социально-демографические особенности оказывают существенное влияние на экономический рост. Молодое население является ресурсом, но при отсутствии рабочих мест и образования оно становится источником социальных рисков.

Неравенство, бедность, отсутствие социальной мобильности ограничивают рост внутреннего спроса, снижают мотивацию к трудовой деятельности и препятствуют долгосрочному развитию.

## **Экологическая устойчивость и роль природных ресурсов**

Экологический фактор приобретает всё большее значение. Развивающиеся страны, обладая богатыми природными ресурсами, часто сталкиваются с проблемами экологического истощения, деградации земель, загрязнения воздуха и воды, утраты биологического разнообразия и разрушения экосистем.

Экологически ориентированная экономика, основанная на рациональном использовании ресурсов, внедрении зеленых технологий и экологической модернизации промышленности, является одним из приоритетов будущего развития.

## **Заключение**

Экономический рост развивающихся стран определяется сложной системой факторов, охватывающих экономическую структуру, уровень производительности, инвестиционный потенциал, качество человеческого капитала, инновационное развитие, институциональную среду, социальные особенности и влияние глобальных процессов. Для того чтобы обеспечить устойчивый и долгосрочный рост, необходимо развивать высокотехнологичные отрасли, модернизировать инфраструктуру, укреплять государственные институты, стимулировать инновации, повышать уровень образования и бороться с неравенством.

Будущее развивающихся стран зависит от того, насколько эффективно они смогут адаптироваться к вызовам глобальной экономики, интегрироваться в международные производственные цепочки, внедрить современные технологии и создать условия для раскрытия человеческого потенциала. Только комплексный подход, включающий экономические, социальные, институциональные и экологические преобразования, способен привести к устойчивому росту и формированию процветающего общества.

## Литература

1. Аджемоглу Д., Робинсон Д. Почему одни страны богатые, а другие бедные. М.: АСТ, 2020.
2. Глазьев С. Ю. Теория долгосрочного технико-экономического развития. М.: Наука, 2021.
3. Ивантер В. В. Экономический рост: механизмы и стратегии. М.: Институт экономической политики, 2022.
4. Норт Д. Институты, институциональные изменения и функционирование экономики. М.: Фонд экономической книги, 2020.
5. Росту У. Стадии экономического роста. М.: Прогресс, 2021.



## РАЗРАБОТКА СИСТЕМ МОНИТОРИНГА ЦУНАМИ: СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПЛАТФОРМЫ И НАУЧНЫЕ ПОДХОДЫ

**Мельников Дмитрий Артёмович**

Студент, кафедра гидрометеорологических систем безопасности  
Дальневосточный федеральный университет  
г. Владивосток, Россия

**Кузнецова Ирина Валерьевна**

Доцент, кафедра гидрометеорологических систем безопасности  
Дальневосточный федеральный университет  
г. Владивосток, Россия

### Аннотация

Статья посвящена современным научным и техническим подходам к разработке систем мониторинга цунами, представляющих собой одну из наиболее важных областей глобальной и региональной безопасности. Рассматриваются гидрофизические процессы, лежащие в основе формирования цунами, анализируются особенности распространения волн, механизмов раннего обнаружения и передачи предупреждений. Особое внимание уделено интеграции спутниковых систем, донных сенсоров, сейсмических станций, береговых лидаров, океанографических буйков и цифровых платформ. Проанализированы методы обработки больших данных, прогнозные математические модели, схемы передачи сигналов в условиях ограниченных временных интервалов. Подчеркивается значение многоуровневых систем мониторинга для защиты населения, инфраструктуры и экономически значимых объектов в прибрежных регионах.

**Ключевые слова:** цунами, мониторинг, гидрофизика, сейсмические станции, раннее предупреждение, океанографические системы.

### Введение

Цунами представляет собой одно из наиболее разрушительных природных явлений, способных вызвать масштабные человеческие жертвы и катастрофические разрушения инфраструктуры. Формирование этих волн связано с глубоководными сейсмическими процессами, подводными оползнями, извержениями вулканов и другими геодинамическими факторами, которые происходят в условиях высокой энергетической концентрации.

Быстрое распространение цунами на тысячи километров делает задачу раннего обнаружения исключительно сложной. Любая задержка в передаче информации может привести к потере возможности своевременной эвакуации.

Разработка систем мониторинга цунами стала ключевым направлением современной науки и технологий, объединяющим гидрологию, геофизику, океанологию, информатику, телеметрию, моделирование физических процессов и создание высокоточных измерительных комплексов. Современные государства инвестируют в многоуровневые системы раннего предупреждения, которые способны обнаружить источник цунами, определить его параметры и немедленно передать сигнал службам безопасности и населению. Эти системы становятся неотъемлемой частью глобальной стратегии уменьшения рисков стихийных бедствий.

### **Геофизические основы формирования цунами**

Цунами возникает в результате мгновенного смещения огромных масс воды. Наиболее распространённым механизмом является подводное землетрясение, в ходе которого происходит резкое поднятие или опускание океанического дна. Смещение воды распространяется в виде длинной гравитационной волны, отличающейся большой длиной, малой крутизной и высокой скоростью движения. В глубоководных районах скорость волны может достигать значений от семисот до восьмисот километров в час, что делает практически невозможным визуальное обнаружение цунами в открытом океане.

Происхождение волны определяет её параметры: амплитуду, длину, энергию и скорость распространения. Существенную роль играют геодинамические условия региона, структура литосферы, наличие субдукционных зон и тектонических разломов. В прибрежных районах волна, достигая мелководья, резко увеличивает амплитуду, вызывая разрушительные нагоны. Именно поэтому системы мониторинга должны учитывать не только тектонические процессы, но и особенности рельефа океанского дна, конфигурацию береговых линий и динамику локальных течений.

### **Сейсмическая регистрация как основа раннего обнаружения**

Системы мониторинга цунами опираются на сеть высокочувствительных сейсмических станций, которые фиксируют землетрясения в режиме реального времени. Современные широкополосные датчики способны регистрировать даже слабые подземные толчки, анализировать спектр волн и определять механизм очага.

Сейсмические данные позволяют чрезвычайно быстро определить параметры землетрясения, включая его магнитуду, глубину гипоцентра, координаты и характер смещения. Эти данные становятся первым индикатором потенциального образования цунами. Однако сейсмическая информация обладает ограничениями:

не каждое землетрясение в океане вызывает цунами, а некоторые подводные процессы могут не сопровождаться значимыми сейсмическими сигналами. Поэтому система мониторинга требует дополнительного подтверждения данных с помощью океанографических средств.

### **Океанографические сенсоры и донные измерительные комплексы**

Одним из важнейших компонентов современных систем мониторинга являются донные датчики давления, способные фиксировать микроскопические изменения уровня воды, связанные с прохождением волны цунами. Эти датчики располагаются на глубинах в несколько тысяч метров и передают информацию на спутники в режиме реального времени.

Донные станции в комплексе с передатчиками формируют технологию, известную как DART. Она позволяет обнаружить волны на ранних стадиях их формирования, когда они ещё не достигли берегов. Эти датчики обладают высокой точностью и устойчивы к экстремальным условиям высоких давлений.

Океанографические буйки, оснащённые измерителями уровня воды, метеодатчиками и приборами для определения параметров волн, создают дополнительный уровень контроля. Благодаря их расположению в ключевых регионах наблюдения формируется картина развития волны от зоны происхождения к побережью.

### **Спутниковые системы наблюдений**

Спутниковая группировка играет ключевую роль в глобальном мониторинге океанов. Радиолокационные спутники способны регистрировать изменения рельефа поверхности воды, определять параметры волн, анализировать динамику течений и фиксировать аномальные возмущения.

Современные спутники могут измерять скорость движения водных масс, температуру поверхности и изменения в высоте поля гравитации. Это позволяет выявлять признаки формирования волны даже на ранних стадиях, особенно в случаях вулканических взрывов или подводных оползней.

Спутниковый мониторинг обладает большим преимуществом — охватом огромных территорий, что значительно повышает эффективность глобальной системы обнаружения цунами.

### **Математическое моделирование и прогнозирование**

Прогноз цунами основан на численном моделировании, которое включает расчёт параметров волны и её распространения в выбранном океаническом регионе. Для моделирования используются уравнения гидродинамики, учитывающие гравитацию, глубину, вязкость, рельеф дна и влияние береговой геометрии.

Современные модели способны рассчитать прибытие волны к берегу с точностью до нескольких минут. Важным критерием эффективности является скорость обработки данных, поскольку время на передачу предупреждения ограничено.

Большое значение приобретают модели, использующие искусственный интеллект и методы машинного обучения. Они позволяют анализировать огромные массивы данных, выявлять скрытые закономерности, корректировать прогнозы и определять вероятностные сценарии развития событий.

### **Информационные системы и алгоритмы раннего предупреждения**

Передача предупреждения о цунами является критическим этапом функционирования системы. Информационные платформы должны обеспечивать мгновенную обработку данных, их передачу в национальные центры предупреждения, а затем — населению.

Интеллектуальные алгоритмы автоматически сопоставляют показания сейсмических станций, донных сенсоров и спутников. При подтверждении угрозы система генерирует сигнал и запускает механизм оповещения, который включает рассылку сообщений, сирены, радиотрансляции и цифровые уведомления.

Эффективность таких систем зависит от скорости передачи данных, стабильности каналов коммуникации, автоматизации процессов и уровня координации между службами.

### **Проблемы и перспективы совершенствования систем мониторинга**

Несмотря на значительный прогресс, современные системы сталкиваются с рядом проблем, связанных с нехваткой датчиков в некоторых регионах, ограничениями спутниковых наблюдений, зависимостью алгоритмов от качества данных и высокой стоимостью развертывания комплексов.

Перспективы развития связаны с расширением сенсорных сетей, созданием интеллектуальных платформ, интеграцией подводных беспилотных аппаратов, внедрением квантовых сенсоров и совершенствованием цифровых методов прогноза.

### **Заключение**

Системы мониторинга цунами являются одним из важнейших элементов обеспечения безопасности прибрежных регионов. Их эффективность определяется точностью измерительных комплексов, скоростью обмена данными, совершенством моделей прогнозирования и готовностью служб реагирования.

Комплексное развитие сейсмических станций, донных датчиков, спутникового мониторинга и автоматизированных информационных платформ позволяет создать надёжную и устойчивую систему, способную значительно снизить последствия разрушительных природных явлений.

Дальнейшие исследования в области физики океана, моделирования и системной инженерии открывают возможности создания новых поколений мониторинговых технологий, способных обеспечить глобальную защиту населения от цунами.

## **Литература**

1. Лобковский Л. И. Геодинамика литосферы и цунами. М.: Наука, 2018.
2. Соломатов А. В. Системы раннего предупреждения о цунами. Владивосток: ДВО РАН, 2020.
3. Крылов А. С. Основы океанологии и мониторинга гидрофизических процессов. СПб.: РГГМУ, 2019.
4. Панов В. Н. Прикладные методы прогноза цунами. М.: Физматлит, 2021.
5. Чернышев П. А. Спутниковый мониторинг океана. М.: Геос, 2017.



## НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ КАК ФАКТОР ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СЕКТОРА

**Агаджыкова Айсенем Таймырадовна**

Преподаватель, Международного университета нефти и газа имени Ягшыгелди Какаева

г. Ашхабад Туркменистан

**Акмырадова Гульджемал**

Студент, Международного университета нефти и газа имени Ягшыгелди Какаева

г. Ашхабад Туркменистан

**Хекимов Батыр Башимгельдиевич**

Студент, Международного университета нефти и газа имени Ягшыгелди Какаева

г. Ашхабад Туркменистан

**Оразмырадова Огульджахан**

Студент, Международного университета нефти и газа имени Ягшыгелди Какаева

г. Ашхабад Туркменистан

### Аннотация

Статья посвящена всестороннему анализу современных и перспективных технологий, трансформирующих нефтегазовую отрасль в условиях глобального энергетического перехода. В работе рассматриваются цифровые, инженерные, химико-технологические, экологические и управленческие инновации, обеспечивающие повышение эффективности добычи, переработки и транспортировки углеводородов. Особое внимание уделено концепциям интеллектуальных месторождений, цифровых двойников, умных скважин, высокоточных методов геологоразведки, новым катализаторам переработки, технологиям улавливания и хранения CO<sub>2</sub>, автоматизации и роботизации нефтегазовых производств.

Работа подчёркивает, что нефтегазовая отрасль вступает в эпоху масштабной технологической перестройки, в которой ключевую роль играют цифровизация, искусственный интеллект, автономные системы управления, экологическая модернизация и интеграция с возобновляемой энергетикой. Показано, что новые технологии позволяют не только повысить эффективность добычи, но и обеспечить экологическую устойчивость, оптимизировать ресурсы, продлить срок эксплуатации месторождений и укрепить энергетическую безопасность государств.

**Ключевые слова:** нефтегазовая отрасль, новые технологии, цифровизация, интеллектуальное месторождение, искусственный интеллект, добыча нефти и газа, переработка, энергетический переход.

## **Введение**

Нефтегазовая отрасль на протяжении более ста лет остаётся основой глобальной энергетики и одним из ключевых факторов мирового экономического развития. Несмотря на активный рост возобновляемых источников энергии, углеводороды продолжают занимать доминирующую позицию в структуре мирового потребления, обеспечивая промышленность, транспорт, коммунальную энергетику и химическую промышленность. Однако современный этап развития характеризуется одновременно технологическими вызовами, необходимостью повышения эффективности добычи, усложнением геологических условий, ростом затрат и усилением экологических требований.

В этих условиях роль инноваций становится определяющей. Новые технологии являются не просто инструментом модернизации отдельных производственных процессов, а фундаментом трансформации всей нефтегазовой отрасли. Они позволяют оптимизировать эксплуатацию месторождений, повысить точность геологоразведки, увеличить коэффициент нефтеотдачи пластов, снизить экологические риски, сократить производственные издержки и обеспечить устойчивость функционирования нефтегазового комплекса в условиях глобальных изменений.

Инновационные решения формируют новую модель нефтегазового сектора, в которой цифровые платформы, искусственный интеллект, робототехника, высокотехнологичные материалы и экологически ориентированные разработки объединяются в единую технологическую экосистему. Страны, обладающие развитым нефтегазовым потенциалом, включая Россию, активно адаптируют эти технологии, интегрируя их в процессы добычи, переработки и логистики.

Цель данной статьи — провести глубокий, комплексный и научно обоснованный анализ ключевых технологий, формирующих новую парадигму развития нефтегазовой отрасли в XXI веке.

## **Технологические трансформации геологоразведки и моделирования недр**

Современные методы геологоразведки претерпели кардинальные изменения благодаря цифровизации и развитию вычислительных технологий. Основу нового этапа составляет высокоточное трёхмерное моделирование, использование суперкомпьютеров, машинного обучения и цифровых двойников геологических структур.

Развитие сейсморазведки сопровождается внедрением многочастотных и многокомпонентных методов регистрации волн, позволяющих создавать детализированные модели подповерхностных структур, выявлять разломы,

флюидонасыщенные зоны, газовые шапки и низкопроницаемые коллекторы. Методы инверсии сейсмических данных обеспечивают точное определение геологических параметров, включая пористость, насыщенность, прочность пород, а также прогнозируют риски осложнений в процессе бурения.

Большую роль приобретает технология машинного анализа больших данных, позволяющая интегрировать огромные массивы геолого-геофизической информации, исторические данные по добыче, данные о бурении и эксплуатационных характеристиках пластов. Алгоритмы искусственного интеллекта обеспечивают раннее выявление нефтегазоносных структур, оптимизацию геологоразведочных кампаний и сокращение затрат за счёт отказа от нерентабельных проектов.

Цифровые двойники месторождений становятся одним из ключевых инструментов стратегического управления ресурсами. Они позволяют моделировать поведение пластов, прогнозировать добычу, выбирать сценарии разработки и оценивать эффективность различных технологий воздействия на пласт, включая полимерное заводнение, газовое форсирование и термохимические методы увеличения нефтеотдачи.

### **Интеллектуальные системы добычи и управление скважинными процессами**

Добыча углеводородов становится всё более сложным процессом, требующим высокой точности управления и постоянного контроля за состоянием оборудования и параметрами пласта. Интеллектуальные скважины — одна из наиболее значимых инноваций отрасли. Они оснащаются датчиками давления, температуры, вибраций, влагосодержания, газового фактора и других параметров, позволяя в режиме реального времени получать информацию о состоянии продуктивного пласта и динамике добычи.

Системы автоматического регулирования расхода, клапаны контролируемой подачи, интеллектуальные насосные установки и цифровые системы управления обеспечивают оптимальное распределение потоков, предотвращение прорывов воды или газа, повышение стабильности добычи и снижение затрат.

Интеллектуальные месторождения интегрируют данные со всех скважин, объектов подготовки нефти и газа, энергетических систем, трубопроводов и инфраструктурных узлов. Алгоритмы предиктивной аналитики предотвращают аварии, прогнозируют выход оборудования из строя и обеспечивают превентивный ремонт. Это радикально снижает вероятность катастрофических аварий и экономических потерь.

Особое значение имеет внедрение роботизированных систем. Роботы используют для диагностики трубопроводов, ремонтных операций в труднодоступных зонах, обслуживания морских платформ и мониторинга подводных объектов.

Автономные подводные аппараты позволяют выявлять утечки, оценивать состояние подводных конструкций, выполнять картирование морского дна и проводить геотехнический анализ.

## **Новые инженерные и буровые технологии**

Буровые технологии переживают стремительное развитие. Управляемое бурение, системы телеметрии во время бурения, многозабойные и горизонтальные стволы, сверхглубокое и ультраточное бурение становятся стандартом в современных нефтегазовых проектах.

Горизонтальное бурение существенно увеличивает площадь контакта со слоем, повышает дебит скважин и обеспечивает доступ к трудноизвлекаемым ресурсам. Многозабойные скважины дают возможность разрабатывать разобщённые зоны пласта без строительства дополнительных объектов.

Технологии бурения в условиях Арктики, глубоководного шельфа, высоких давлений и температур требуют материалов нового поколения, адаптивных буровых растворов, коррозионно-стойких металлов и интеллектуальных буровых комплексов.

Особое значение приобретает автоматизация буровых установок. Современные буровые комплексы оснащены системами ИИ, которые определяют оптимальный режим бурения, предотвращают рывки и колебания бурильной колонны, прогнозируют риски прихватов и снижают аварийность.

## **Каталитические и химико-технологические инновации переработки нефти и газа**

Переработка углеводородов становится более глубокой, чистой и эффективной благодаря новым катализаторам, химическим процессам и гибридным технологическим решениям.

Современные катализаторы повышают селективность процессов крекинга, риформинга, изомеризации и гидроконверсии, обеспечивая производство большего количества светлых нефтепродуктов, снижение выбросов и уменьшение энергозатрат.

Гибридные нефтехимические комплексы интегрируют производство бензинов, дизельного топлива, авиакеросина, смазочных материалов, полимеров и синтетических материалов в единую технологическую систему.

Процессы газохимии приобретают особое значение. Получение метанола, аммиака, полимеров, синтетического жидкого топлива и водорода из природного газа становится перспективным направлением развития отрасли в условиях энергетического перехода.

## **Технологии экологической модернизации и улавливания CO<sub>2</sub>**

Экологическая устойчивость становится одним из главных приоритетов нефтегазового сектора. Технологии улавливания, хранения и переработки углекислого газа (CCS/CCUS) позволяют существенно снизить углеродный след отрасли.

CO<sub>2</sub> может использоваться для повышения нефтеотдачи пластов, производства синтетического топлива, минерального связывания и создания новых материалов.

Современные фильтрационные системы, мембранные технологии, газоразделение, каталитическое окисление метана, биологические методы очистки газов и сточных вод формируют комплекс экологической безопасности нефтегазовых объектов.

## **Цифровизация и интегрированные системы управления**

Цифровизация — ключевая основа технологической революции в нефтегазовом секторе. Использование больших данных, искусственного интеллекта, цифровых двойников, облачных платформ и систем удалённого управления обеспечивает качественно новый уровень производственных процессов.

Цифровые платформы объединяют геологоразведочные, производственные, экономические, логистические и экологические данные, предоставляя возможность комплексной оптимизации.

Предиктивная аналитика прогнозирует риски, сокращает простои, предотвращает аварии и снижает эксплуатационные затраты.

Удалённо управляемые объекты позволяют поддерживать стабильную работу месторождений в труднодоступных и экстремальных условиях.

## **Заключение**

Нефтегазовая отрасль вступает в новую эру технологического развития, где ключевую роль играют цифровизация, интеллектуальные системы добычи, инновационные химико-технологические процессы, новые методы геологоразведки, роботизация и экологическая модернизация. Эти технологии обеспечивают устойчивость отрасли, продлевают срок эксплуатации месторождений, повышают эффективность добычи, снижают риски и формируют основу для интеграции нефтегазового сектора в будущее мировой энергетики.

Развивающиеся страны и ведущие государства, обладающие значительным ресурсным потенциалом, вынуждены адаптировать новые технологические решения для обеспечения энергетической безопасности, экономического роста и экологической ответственности.

Нефтегазовая промышленность становится высокотехнологичной, интеллектуальной и ориентированной на устойчивое развитие, что открывает новые перспективы для научных исследований и инженерных разработок.

## **Литература**

1. Афанасьев В. П. Инновации в нефтегазовой отрасли. М.: Недра, 2021.
2. Гаврилов В. И., Козырев Н. А. Интеллектуальные месторождения: технологии и перспективы. СПб.: Политех-Пресс, 2022.
3. Коршунов А. Л. Цифровая трансформация нефтегазовой промышленности. М.: Энергетика, 2023.
4. Петров В. В. Современные методы разработки нефтяных месторождений. М.: Наука, 2020.
5. Хайкин М. Л. Технологии переработки нефти и газа. М.: ТЭК России, 2021.



## НОВЫЕ КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ: ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ И ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ И УПРАВЛЕНИЮ

**Данатарова Нурбиби**

Преподаватель, Международного университета нефти и газа имени Ягшыгелди  
Какаева

г. Ашхабад Туркменистан

**Батырова Лачын**

Преподаватель, Международного университета нефти и газа имени Ягшыгелди  
Какаева

г. Ашхабад Туркменистан

**Сапарова Огульбагт**

Преподаватель, Международного университета нефти и газа имени Ягшыгелди  
Какаева

г. Ашхабад Туркменистан

**Бегенджов Алланур**

Студент, Международного университета нефти и газа имени Ягшыгелди Какаева

г. Ашхабад Туркменистан

### Аннотация

В статье рассматриваются современные компьютерные технологии, радикально изменяющие процессы проектирования, строительства и эксплуатации объектов. Анализируются методы цифрового моделирования, автоматизации, искусственного интеллекта, виртуальных информационных сред, роботизации и сенсорных систем, внедряемых в строительную индустрию. Особое внимание уделяется концепциям Building Information Modeling (BIM), цифровых двойников зданий, автоматизированного мониторинга конструкций, геоинформационных технологий, облачных платформ и систем управления жизненным циклом объектов.

Показано, что развитие компьютерных технологий ведёт к созданию единой цифровой среды, в которой проектирование, расчёты, планирование, контроль качества, логистика и эксплуатационное управление объединены в связанную систему. В результате повышается точность инженерных решений, сокращаются сроки строительства, снижаются затраты, минимизируются ошибки и обеспечивается высокий уровень безопасности.

Статья подчёркивает, что цифровизация строительного сектора является не просто внедрением отдельных инструментов, а переходом к новой парадигме профессиональной деятельности, основанной на данных, автоматизации и интеллектуальных системах.

**Ключевые слова:** компьютерные технологии, строительство, BIM, цифровые двойники, автоматизация, искусственный интеллект, проектирование, управление жизненным циклом зданий.

## **Введение**

Строительная отрасль является одной из наиболее ресурсоёмких сфер экономики, определяющей качество городской среды, инфраструктуры и производственных объектов. Традиционно строительство основывалось на ручных расчётах, статических чертежах, длительных согласованиях и поэтапной передаче данных между участниками. Однако современные требования к точности, скорости, экологичности и безопасности процессов требуют перехода на иной уровень инженерной культуры.

Развитие компьютерных технологий привело к появлению концепции цифровой трансформации строительства, предполагающей использование интеллектуальных систем проектирования, автоматизированного управления ресурсами, дистанционного мониторинга, больших данных и технологий искусственного интеллекта. В результате формируется совершенно новая модель отрасли, в которой инженерные решения принимаются на основе данных, цифровые модели заменяют бумажную документацию, а автоматизация процессов обеспечивает минимизацию ошибок и оптимизацию всех этапов строительства.

Цель данной статьи — провести глубокое исследование современных компьютерных технологий, определяющих будущее строительной индустрии, и показать их роль в повышении эффективности, качества и устойчивости строительства.

## **BIM-технологии как основа цифрового строительства**

Building Information Modeling (BIM) представляет собой концепцию информационного моделирования сооружений, которая полностью меняет архитектурно-строительное проектирование. BIM-модель — это не просто трехмерное изображение здания, а комплексная информационная система, содержащая данные о геометрии, материалах, инженерных системах, стоимости, сроках строительства, энергоэффективности и эксплуатационных характеристиках.

Применение BIM позволяет проектировщикам интегрировать архитектурные, конструктивные и инженерные решения в единую модель. Это обеспечивает автоматическое выявление конфликтов, синхронизацию данных между специалистами, устранение ошибок и снижение затрат в ранних фазах проекта.

Строительные компании получают возможность прогнозировать потребности в материалах, оптимизировать графики, формировать точные сметы и управлять закупочной логистикой. На этапе строительства BIM служит инструментом контроля качества, сравнения проектных данных с фактическими, автоматического формирования отчётов, планирования работ и координации подрядчиков.

Наиболее перспективным направлением является интеграция BIM с технологиями цифровых двойников зданий. Цифровой двойник представляет собой динамическую модель объекта, которая обновляется в реальном времени в зависимости от данных сенсоров, эксплуатационных параметров и изменений конструкции. Такая система становится основой интеллектуального управления зданием, анализируя энергоэффективность, безопасность, износ материалов и техническое обслуживание.

### **Искусственный интеллект в архитектурном проектировании и управлении строительством**

Искусственный интеллект (ИИ) меняет логику проектирования. Системы генеративного дизайна позволяют автоматически создавать тысячи вариантов архитектурных и инженерных решений на основе заданных критериев: нагрузки, стоимости, энергоэффективности, освещения, материала, акустики, устойчивости и экологичности.

Алгоритмы ИИ анализируют огромные массивы данных, сопоставляют параметры проектных решений с историческими примерами, прогнозируют поведение конструкций и предлагают оптимальные формы здания. Это сокращает время проектирования и повышает качество инженерных решений.

В управлении строительством ИИ используется для прогнозирования сроков, моделирования рисков, оптимизации логистических процессов, анализа состояния техники, контроля соблюдения норм и предотвращения аварийных ситуаций. Предиктивная аналитика выявляет потенциальные ошибки на ранних этапах, позволяя избежать дорогостоящих задержек и дефектов.

Системы компьютерного зрения применяются для автоматического мониторинга площадки, распознавания нарушений техники безопасности, отслеживания использования оборудования, определения соответствия фактических работ плану. Таким образом, ИИ становится ключевым инструментом цифровизации строительного управления.

## **Роботизация и автономные технологии строительного-монтажных процессов**

Роботизация стремительно проникает в строительный сектор. Автономные машины могут выполнять операции по укладке кирпича, нанесению монтажных растворов, сварке конструкций, резке материалов, бетонированию и диагностике сооружений. Роботы обеспечивают повторяемость операций, высокую точность и устранение человеческого фактора, что снижает количество ошибок и повышает безопасность.

Беспилотные летательные аппараты используются для геодезической съёмки, мониторинга работы строительной площадки, контроля прогресса строительства, выявления дефектов покрытия, тепловизионной диагностики зданий и оценки объемов выполненных работ.

Автономные строительные машины, оснащённые сенсорами, навигационными системами и встроенными алгоритмами управления, могут выполнять земляные работы, перемещать материалы и обеспечивать круглосуточную работу в сложных условиях.

Особое значение имеет использование робототехники в опасных зонах — тоннелях, шахтах, зонах радиационной опасности, высотных объектах и местах с ограниченным доступом. Это снижает риски для персонала, повышает безопасность и обеспечивает объективный контроль качества.

## **Геоинформационные технологии и цифровые карты строительных территорий**

Геоинформационные системы (ГИС) играют важную роль в современном строительстве. Они позволяют анализировать топографические, геологические, гидрологические и климатические данные, обеспечивая комплексное понимание условий будущего строительства.

С помощью ГИС создаются цифровые карты территорий, прогнозируются природные процессы, оцениваются риски подтоплений, сейсмических воздействий, грунтовой неустойчивости и техногенных нагрузок. Применение пространственного моделирования позволяет выбирать оптимальные места для строительства, проектировать инженерные сети, планировать транспортные маршруты и анализировать взаимное влияние объектов городской инфраструктуры.

ГИС-технологии интегрируются с BIM, позволяя анализировать здание не только в его проектной среде, но и в реальных ландшафтных условиях. Это широко используется в градостроительном планировании, проектировании транспортных узлов, мостов, промышленных площадок и коммунальных систем.

## Облачные цифровые платформы и управление жизненным циклом зданий

Управление объектом на протяжении всего жизненного цикла становится фундаментальным принципом современной строительной отрасли, переходящей от фрагментированного подхода к интегрированным цифровым экосистемам. Облачные платформы позволяют не просто хранить данные, но формируют сквозную цифровую инфраструктуру, обеспечивающую непрерывность взаимодействия между стадиями проектирования, строительства, эксплуатации, реконструкции и последующей утилизации здания. Такой подход отражает концепцию Building Lifecycle Management (BLM) и стратегию устойчивого жизненного цикла сооружений.

Цифровые платформы объединяют в едином облачном контуре архитектурно-строительную документацию, BIM-модели, графики производства работ, сметно-финансовые данные, планировочные решения, эксплуатационные регламенты, данные мониторинга конструкций, отчёты технадзора, телеметрию инженерных систем, цифровые паспорта оборудования и метрики эффективности. Благодаря этому формируется единый источник правды (single source of truth), который предотвращает расхождения между проектом и реальным состоянием объекта, минимизирует ошибки и обеспечивает постоянную актуализацию информации.

Облачные технологии позволяют организовать гибкий доступ к данным из любой точки мира, что особенно важно в условиях распределённых строительных площадок, международных проектов и необходимости взаимодействия между смежными организациями. Участники процесса — проектировщики, подрядчики, инженеры, заказчики, поставщики и эксплуатационные службы — получают возможность работать с актуальными файлами и моделями в режиме реального времени, синхронизируя свои изменения и предотвращая конфликтность данных. Это значительно повышает прозрачность процессов, улучшает управляемость проектом и обеспечивает контроль над соблюдением сроков и бюджета.

На этапе строительства облачные системы интегрируются с технологиями 4D-и 5D-моделирования, позволяя визуализировать календарные графики, планировать логистику материалов, контролировать расход ресурсов и оперативно выявлять отклонения. Подключение IoT-устройств, датчиков вибраций, влажности, температуры и GPS-трекеров техники обеспечивает формирование цифрового потока данных, который автоматически загружается в облачную платформу и анализируется средствами искусственного интеллекта.

На этапе эксплуатации цифровые облачные платформы превращают здание в интеллектуальную систему, способную к самодиагностике и прогнозированию технического состояния. Инженерные системы передают данные о температуре, давлении, вибрации, энергопотреблении, состоянии фильтров, насосов, лифтов и климатических установок.

На основе этих данных облачные платформы формируют прогностические модели, позволяющие заранее определить необходимость технического обслуживания и тем самым минимизировать аварии и дорогостоящие ремонты. Такой подход соответствует парадигме Predictive Maintenance (предиктивного обслуживания) и повышает срок службы конструкций.

Системы анализа жизненного цикла также оценивают долговечность строительных материалов, прогнозируют износ конструктивных элементов, рассчитывают тепловые потери, контролируют герметичность ограждающих конструкций и оптимизируют схемы энергопотребления. Облачные решения позволяют интегрировать здания в интеллектуальные городские сети (Smart City), обеспечивая их участие в управлении энергетическими балансами, перераспределении нагрузки на коммунальные системы и снижении выбросов CO<sub>2</sub>.

Особое значение имеет цифровое документирование всех событий жизненного цикла — от монтажа конструкций до последней замены оборудования. Такой цифровой архив формирует полный жизненный паспорт здания, необходимый для аудитов, страхования, сертификации, оценки рыночной стоимости и планирования капитального ремонта. В перспективе это создаёт основу для применения блокчейн-технологий, обеспечивающих неизменность, верифицируемость и юридическую значимость данных о сооружении.

В результате цифровые облачные платформы становятся ключевым инструментом, обеспечивающим высочайший уровень управляемости объектом, уменьшение эксплуатационных расходов, повышение энергетической эффективности и формирование интеллектуальной строительной среды. Они преобразуют здания в динамические киберфизические системы, способные к самоанализу, самооптимизации и адаптации к изменяющимся условиям эксплуатации.

## **Заключение**

Компьютерные технологии радикально трансформируют современную строительную отрасль. Информационное моделирование, искусственный интеллект, роботизация, цифровые двойники, геоинформационные системы и облачные платформы формируют единое цифровое пространство, в котором проектирование, строительство и эксплуатация объединяются в непрерывный поток данных.

Цифровизация приводит к повышению точности инженерных расчётов, значительному сокращению времени реализации проектов, снижению издержек, улучшению контроля качества, повышению безопасности и устойчивости зданий. В будущем компьютерные технологии станут центральным инструментом развития строительной индустрии, определяя её эффективность, экологичность и конкурентоспособность.

## Литература

1. Боднар В. Г. Информационные технологии в строительстве. М.: Академкнига, 2021.
2. Лapidус А. А. Цифровизация строительной отрасли. М.: МГСУ, 2022.
3. Лобанов В. И. BIM-технологии в инженерной практике. СПб.: Питер, 2023.
4. Шеин Д. В. Автоматизация строительных процессов. М.: Стройиздат, 2020.
5. Яковлев П. А. Геоинформационные системы в инженерии. М.: Техносфера, 2021.



## **ВЛИЯНИЕ ЭЛЬ-НИНЬО НА ГЛОБАЛЬНЫЕ ПОГОДНЫЕ АНОМАЛИИ: ОКЕАНО-АТМОСФЕРНЫЕ МЕХАНИЗМЫ И КЛИМАТИЧЕСКИЕ СЛЕДСТВИЯ**

**Савельев Михаил Георгиевич**

Студент, кафедра метеорологии и климатических систем Санкт-Петербургский государственный университет  
г. Санкт-Петербург, Россия

**Евсеева Марина Викторовна**

Доцент, кафедра метеорологии и климатических систем Санкт-Петербургский государственный университет  
г. Санкт-Петербург, Россия

### **Аннотация**

В статье исследуются физические механизмы явления Эль-Ниньо и его роль в формировании глобальных погодных аномалий. На основе современных океанографических и атмосферных данных анализируются особенности взаимодействия океана и атмосферы в тропической зоне Тихого океана, приводящие к перестройке циркуляции атмосферы, изменению формирования осадков, перераспределению тепла и влаги по планете. Рассматривается влияние Эль-Ниньо на региональные климатические системы Азии, Африки, Северной и Южной Америки, Австралии и Европы. Особое внимание уделяется крупномасштабным последствиям: экстремальным засухам, наводнениям, разрушению сельского хозяйства, увеличению числа лесных пожаров, нарушению биологических ритмов океана, снижению рыбных ресурсов и глобальным социально-экономическим рискам. Отдельный раздел посвящён современным методам прогнозирования Эль-Ниньо, моделям сезонных климатических колебаний и перспективам раннего предупреждения о климатических аномалиях.

**Ключевые слова:** Эль-Ниньо, ENSO, Тихий океан, атмосферная циркуляция, температурные аномалии, климатическая изменчивость.

### **Введение**

Эль-Ниньо является одним из наиболее значимых климатических явлений Земли, оказывающих влияние на атмосферную циркуляцию и погодные процессы на всех континентах.

Это океанско-атмосферное взаимодействие, являющееся частью более широкой системы ENSO, охватывает сотни миллионов квадратных километров акватории Тихого океана и определяет климатическую динамику всей планеты. Значение Эль-Ниньо многократно возрастает в условиях глобального потепления, поскольку увеличение температуры Мирового океана влияет на частоту и интенсивность ENSO-фаз, делая климатические колебания более резкими и менее предсказуемыми.

Последствия Эль-Ниньо проявляются в чрезвычайно разнообразных изменениях: увеличении количества осадков в Восточной Африке, разрушительных засухах в Австралии, аномально тёплой зиме в Евразии, снижении рыбных ресурсов у побережья Перу, изменениях тропических циклонов и ослаблении муссонов в Южной Азии. Глобальный характер влияния Эль-Ниньо делает его ключевым объектом климатологии, метеорологии, сельскохозяйственного прогнозирования, экономики, биологии океана и систем управления чрезвычайными ситуациями.

### **Механизмы возникновения Эль-Ниньо: океанография и атмосферная динамика**

Эль-Ниньо формируется в результате сложных взаимодействий между океаном и атмосферой в тропической части Тихого океана. Основным драйвером является нарушение работы пассатов, которые в нейтральной фазе ENSO направлены с востока на запад и способствуют накоплению тёплой воды у берегов Индонезии и Новой Гвинеи. При возникновении Эль-Ниньо пассаты ослабевают или меняют направление, и тёплая вода начинает смещаться в восточную часть океана. Это приводит к повышению температуры поверхностных вод в огромном регионе, изменению вертикальной конвекции и нарушению апвеллинга у побережья Южной Америки.

Основное отличие Эль-Ниньо от нормального состояния заключается в значительном изменении теплового баланса Тихого океана. Восточные районы, которые обычно характеризуются холодными водами и богатой биологической продуктивностью, теплеют на несколько градусов, вызывая резкие изменения атмосферной циркуляции. В центральной части океана начинается формирование мощных конвективных процессов, перемещаются зоны осадков, изменяются ветровые режимы, меняется структура ячеек Уокера.

Нарушение этих механизмов запускает глобальную перестройку климата, поскольку Тихий океан является крупнейшим аккумулятором тепла на планете. Даже небольшие изменения температуры его поверхности способны инициировать цепочки климатических эффектов, распространяющихся через струйные течения, атмосферные волны Росби и изменения распределения влаги.

## **Глобальные погодные аномалии, вызванные Эль-Ниньо**

Влияние Эль-Ниньо проявляется в разнообразных климатических изменениях, затрагивающих почти все регионы мира. Прежде всего, меняется структура осадков. В Восточной Африке наблюдается аномальное увеличение количества осадков, сопровождающееся наводнениями, разрушениями инфраструктуры и вспышками заболеваний. В Австралии и Индонезии, напротив, развиваются интенсивные засухи, ведущие к пожарам, сокращению сельскохозяйственного производства и ухудшению качества воздуха.

В Северной и Южной Америке Эль-Ниньо приводит к изменению распределения штормов, ураганов и атмосферных фронтов. Тропические циклоны в Тихом океане набирают большую силу, поскольку теплые воды создают благоприятные условия для их развития. Южная часть США часто сталкивается с резкими температурными перепадами, сильными осадками и аномальными зимними явлениями. На западном побережье Южной Америки ослабление апвеллинга приводит к снижению численности планктона и массовой гибели рыб, что разрушает локальную экономику.

Евразийский климат также подвергается влиянию Эль-Ниньо. В России фиксируются аномально тёплые зимы, уменьшение количества снежного покрова, изменение структуры циклонов и антициклонов, усиление зон повышенного давления и увеличение продолжительности теплых периодов. Европа сталкивается с изменением активности атлантических циклонов: они могут смещаться севернее нормы, что приводит к мягким зимам и влажным условиям в северных широтах.

### **Воздействие на тропические и муссонные системы**

Муссонные циркуляции являются одними из наиболее чувствительных к фазам Эль-Ниньо климатических систем. Ослабление азиатского муссона приводит к нехватке осадков в Индии, Пакистане, Бангладеш и Непале, что отражается на сельском хозяйстве и доступности воды. Тропические леса Амазонии испытывают стресс из-за уменьшения влажности и повышенной температуры, а длительные периоды засухи увеличивают частоту пожаров и способствуют деградации тропических экосистем.

В Тропическом океане изменяется структура формирования тропических циклонов. В некоторых районах их количество уменьшается, в других — возрастает. Исследования показывают, что Эль-Ниньо способен смещать пути циклонов и усиливать их разрушительный потенциал. Эти процессы становятся всё более опасными в условиях роста населения и развития прибрежных инфраструктур.

## **Биологические и экологические последствия Эль-Ниньо**

Эль-Ниньо оказывает мощное воздействие на морские экосистемы. Ослабление апвеллинга приводит к уменьшению притока питательных веществ в поверхностные воды, что вызывает снижение продуктивности фитопланктона. Это явление оказывает каскадный эффект на всю пищевую цепь, включая рыб, птиц и морских млекопитающих.

Берега Перу, Эквадора и Чили страдают от сокращения рыбных ресурсов, особенно анчоусов, которые являются основой местной экономики. Массовая гибель морских львов, птиц и косяков рыб становится регулярным последствием сильных эпизодов Эль-Ниньо.

Коралловые рифы также оказываются под угрозой из-за повышения температуры воды, что приводит к их обесцвечиванию, снижению биоразнообразия и разрушению экосистемных связей. Эти процессы имеют долгосрочный характер и могут приводить к региональным экологическим кризисам.

## **Социально-экономические последствия и глобальные риски**

Эль-Ниньо оказывает значительное влияние на мировую экономику. Засухи в Австралии и Юго-Восточной Азии приводят к снижению урожайности зерновых культур, увеличению цен на продовольствие и перебоям с поставками. Наводнения в Африке и Южной Америке вызывают разрушения инфраструктуры, миграцию населения и ухудшение санитарных условий. В некоторых странах возрастает риск эпидемий, связанных с нарушением водоснабжения.

Страховые компании фиксируют резкий рост числа заявок во время сильных эпизодов Эль-Ниньо, что влияет на мировой финансовый сектор. Развитие сельского хозяйства, рыболовства и энергетики становится менее предсказуемым. Это особенно опасно для развивающихся стран, экономика которых сильно зависит от природных условий.

## **Современные методы прогнозирования Эль-Ниньо**

Прогнозирование Эль-Ниньо является сложной задачей, требующей анализа океанических и атмосферных данных, использования спутниковой и буйковой информации, моделирования океанических течений и применения систем искусственного интеллекта.

Модели, основанные на уравнениях океанической динамики, позволяют определять тепловое содержание поверхностных слоев океана и оценивать вероятности начала события. Сочетание численного моделирования, статистических методов и машинного обучения позволяет улучшить точность прогнозов и увеличить временные горизонты предсказаний.

## **Заключение**

Эль-Ниньо остаётся одной из наиболее значимых природных систем, формирующих климат и экологическую динамику Земли. Его влияние распространяется на атмосферу, биосферу, океан, сельское хозяйство, экономику и социальные системы. Современные методы наблюдения и прогнозирования открывают новые возможности для раннего предупреждения и уменьшения ущерба от погодных аномалий, однако климатическая изменчивость требует дальнейших исследований и развития технологий.

## **Литература**

1. Бубнова Р. С. Крупномасштабные климатические колебания и ENSO. М.: Наука, 2020.
2. Романов А. И. Механизмы взаимодействия океана и атмосферы в тропиках. СПб.: Гидрометеоиздат, 2018.
3. Федоров А. В. Тихоокеанская циркуляция и климатические аномалии. М.: Физматлит, 2022.
4. Научный центр по изучению ENSO. Климатические отчёты за 2019–2023 годы. Владивосток, 2023.
5. Чернышов И. В. Глобальные климатические изменения и их прогноз. М.: Геос, 2017.



## ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ ЧИСЕЛ В КРИПТОГРАФИИ И ОБЕСПЕЧЕНИИ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

**Атаев Нурмухаммет Нурмухаммедович**

Преподаватель, Туркменский государственный университет имени Магтумкули  
г. Ашхабад Туркменистан

**Атаева Оразгул Бегенчевна**

Преподаватель, Туркменский государственный университет имени Магтумкули  
г. Ашхабад Туркменистан

### Аннотация

В статье рассматривается фундаментальная роль теории чисел в современной криптографии и системах обеспечения информационной безопасности. Исследуются математические основания криптографических примитивов, включающих односторонние функции, алгоритмы шифрования с открытым ключом, протоколы электронной подписи, методы распределения ключей и схемы защиты коммуникационных систем в условиях растущих угроз. Особое внимание уделяется структурам целых чисел, свойствам простых чисел, модульной арифметике, задачам факторизации, дискретного логарифмирования, построению эллиптических кривых и системам на их основе. Отдельно анализируются современные направления постквантовой криптографии и возможности устойчивых схем на основе решёток, многомерных алгебраических конструкций и изогений эллиптических кривых.

Статья демонстрирует, что теория чисел остаётся фундаментом математической криптографии, определяя степень стойкости криптосистем, параметры безопасности и архитектуру криптографических протоколов. Рассматриваются также вопросы вычислительной сложности, алгоритмических атак и математической эволюции угроз, связанных с развитием квантовых компьютеров и современных методов перебора.

**Ключевые слова:** теория чисел, криптография, модульная арифметика, простые числа, дискретный логарифм, RSA, эллиптические кривые, постквантовые схемы, информационная безопасность.

### Введение

Современная информационная среда формируется в условиях стремительного роста цифровых данных, расширения границ сетевого взаимодействия, усложнения коммуникационных систем и динамичного развития технологий

искусственного интеллекта. Информационная безопасность становится одним из ключевых факторов устойчивости государственных, корпоративных и личных систем управления информацией. В этих условиях криптография, основанная на математических принципах, выступает фундаментом защиты данных, обеспечивая конфиденциальность, аутентичность, целостность, доступность информации и устойчивость инфраструктуры к внешним угрозам.

Особенность криптографии как научной дисциплины заключается в её теснейшей связи с теорией сложных математических объектов. Наиболее глубокие и устойчивые криптографические схемы построены на свойствах целых чисел, простых чисел, кратных структур, комбинаторных свойств групп и колец, многообразий и алгебраических систем. Традиционные системы шифрования, такие как RSA, алгоритм Диффи — Хеллмана, различные модификации дискретного логарифмирования и эллиптические криптосистемы, используют свойства чисел, чья структура обеспечивает односторонность преобразований, невозможность обратного вычисления и защиту от аналитических методов взлома.

Теория чисел, являясь одной из древнейших областей математики, неожиданно приобрела признание как ключевой инструмент обеспечения безопасности цифровых коммуникаций. Её методы лежат в основе протоколов безопасного обмена ключами, цифровой подписи, аутентификации, защиты каналов связи, электронных платежных систем, прав интеллектуальной собственности, распределённых реестров и блокчейнов.

С развитием квантовых вычислений перед криптографией встают новые вызовы. Алгоритм Шора, позволяющий эффективно факторизовать большие числа и вычислять дискретный логарифм, ставит под угрозу классическую криптографию. В этой связи на первый план выходят схемы, основанные на других математических структурах: решётках, кодах, многомерных кольцах и изогениях эллиптических кривых. Однако даже в этих схемах теория чисел продолжает играть центральную роль, задавая топологию пространства, свойства алгебраических структур и вычислительную сложность.

Цель статьи — дать фундаментальный анализ роли теории чисел в криптографии, показать её ключевые механизмы, продемонстрировать актуальные проблемы и перспективы развития криптографической науки в условиях глобальной цифровизации.

## **Теория чисел как основа криптографического моделирования**

Теория чисел изучает свойства целых чисел, их разложений, делимости, поведения в различных алгебраических структурах. Основные разделы, оказывающие влияние на криптографию, включают арифметику простых чисел, модульную арифметику, теорию групп, поля Галуа, свойства многочленов, алгебраические кривые и структуры конечных полей.

Самым важным объектом криптографии является множество простых чисел, обладающее уникальными свойствами распределения. Простые числа лежат в основе построения полей вычетов, групп умножения по модулю, циклических групп и сложных алгебраических объектов. Сложность вычисления факторизации больших составных чисел с двумя простыми множителями определяет безопасность RSA, а трудность вычисления дискретного логарифма в поле простого модуля или в группе точек эллиптической кривой обеспечивает безопасность алгоритмов Диффи — Хеллмана и эллиптической криптографии.

Одним из фундаментальных принципов теории чисел является асимметрия между лёгкостью прямых вычислений и трудностью обратных. Операции умножения, возведения в степень, вычисления модульных вычетов являются полиномиально сложными. Однако обратные операции — факторизация, нахождение дискретных логарифмов, обращение односторонних функций — имеют субэкспоненциальную или экспоненциальную сложность. Эта асимметрия и определяет стойкость криптосистем.

Важнейшее значение имеет построение числовых полей, циклических структур, примитивных корней, свойств мультипликативных групп, поведения чисел в сравнительно-простых алгебраических системах. Методы теории чисел позволяют формировать параметры криптосистем так, чтобы они обеспечивали максимальную стойкость при минимальных вычислительных затратах.

### **Модульная арифметика: структурные основы криптографических алгоритмов**

Модульная арифметика является фундаментом цифровой криптографии. В системах шифрования и подписи используются групповые операции в кольцах вычетов и полях Гауа. Одним из центральных объектов является поле вычетов по простому модулю. В этом поле операции сложения и умножения сохраняют свойства поля, что обеспечивает отсутствие неоднозначности вычислений, возможность обращения элементов и определённое поведение алгебраических операций.

Возведение чисел в степень по модулю является ключевым преобразованием в криптографических протоколах. Такая операция легко вычисляется при помощи метода бинарного экспоненцирования, однако её обратная операция — вычисление дискретного логарифма — является вычислительно трудной.

Особое значение имеют числа Кармайкла, функции Эйлера и порядок элемента в группе. Функция Эйлера определяет количество элементов, взаимно простых с модулем, и используется при вычислении ключей RSA. Функция Кармайкла определяет экспоненту, при которой все элементы группы умножения по модулю возвращаются к единице, и позволяет оптимизировать вычисления.

Групповая структура модульной арифметики также определяет поведение операций в криптосистемах. При выборе параметров важно оценивать наличие малых подгрупп, устойчивость к атакам типа Pollard-rho, параметры циклических групп и характеристики поля.

## **Простые числа, генерация простых чисел и безопасность криптосистем**

Стойкость криптографии зависит от способности системы генерировать простые числа большой размерности. Простые числа выступают ключевым элементом для построения открытых и закрытых ключей, модулей шифрования и алгебраических структур. Генерация случайных простых чисел требует применения вероятностных тестов, таких как Миллера — Рабина, Соловея — Штрассена, которые позволяют быстро и эффективно проверять кандидаты на простоту.

Криптографические алгоритмы требуют генерации простых чисел длиной в сотни и тысячи бит. Например, RSA использует модуль порядка 2048–4096 бит, что требует работы с простыми числами длиной около 1000–2000 бит. Генерация таких чисел является задачей высокой вычислительной сложности, однако благодаря вероятностным алгоритмам возможна в разумное время.

Глубокие вопросы распределения простых чисел, такие как гипотеза Римана и поведение простых чисел в арифметических прогрессиях, оказывают важное теоретическое влияние на криптографию. Хотя эти проблемы остаются нерешёнными, криптография строится на предположении, что распределение простых чисел не имеет скрытых закономерностей, позволяющих предсказать структуру больших модулей.

Также важным является использование чисел специального вида, например, простых чисел Софи Жермен, простых Мерсенна, псевдопростых чисел и чисел безопасного типа, которые обладают особой структурой и используются в построении циклических групп высокого порядка.

## **Односторонние функции, факторизация и RSA**

Система RSA является одной из первых и наиболее известных криптосистем с открытым ключом. Её математический фундамент основан на трудности факторизации больших составных чисел. RSA использует модуль, представляющий собой произведение двух простых чисел, а вычисление закрытого ключа требует знания произведённых множителей. Если факторизация невозможна, то вычисление закрытого ключа остаётся недостижимой задачей для злоумышленника.

Односторонность RSA основана на том, что операция возведения в степень по модулю легко вычисляется, в то время как факторизация — экспоненциально сложная задача.

Методы атаки RSA связаны с поиском слабых параметров. Если простые числа слишком близки друг к другу, имеют определённую структуру или обладают малой энтропией, то факторизация возможна при помощи специализированных алгоритмов. Современные атаки используют методы квадратичного решета, решета числового поля и алгоритмы вычисления факторизации на больших вычислительных полях.

С появлением квантовой криптографии RSA потерял абсолютную устойчивость, поскольку квантовый алгоритм Шора способен эффективно факторизовать большие числа. Это требует перехода от RSA к новым криптосистемам, обладающим устойчивостью к квантовым атакам.

## **Задача дискретного логарифмирования и криптографические протоколы Диффи — Хеллмана**

Дискретный логарифм является ключевой задачей криптографии. Протокол Диффи — Хеллмана позволяет двум пользователям обмениваться секретными ключами по открытому каналу, не раскрывая их злоумышленнику. Основа протокола — вычислительная трудность нахождения дискретного логарифма в конечной группе.

Если известны числа  $g$ ,  $g^a$  и  $g^b$  по модулю  $p$ , но неизвестны значения  $a$  и  $b$ , то вычислить общий секрет  $g^{ab}$  крайне трудно. Это свойство используется при построении ключевых протоколов, систем аутентификации и алгоритмов подписей.

Трудность дискретного логарифма зависит от размера поля, структуры группы и параметров модуля. В больших простых полях эта задача имеет субэкспоненциальную сложность. Однако современные методы, такие как алгоритм Полларда и метод числового поля, позволяют атаковать параметры с недостаточной длиной ключей.

## **Эллиптические кривые как фундамент современного криптографического проектирования**

Эллиптические кривые стали стандартом для построения криптосистем нового поколения. В отличие от традиционных протоколов, основанных на больших числах, криптография на эллиптических кривых позволяет использовать значительно меньшие ключи при высокой степени защиты. Например, 256-битный ключ в эллиптической криптографии обеспечивает уровень безопасности, эквивалентный RSA-ключу длиной 3072 бита.

Теория эллиптических кривых является одним из наиболее современных инструментов теории чисел. Она включает изучение алгебраических кривых, групп точек на этих кривых, полей Галуа и сложных структур многочленов.

Особенность эллиптических кривых заключается в том, что группа точек на кривой обладает особой топологией, обеспечивающей трудность вычисления дискретного логарифма.

Алгоритмы на эллиптических кривых применяются для шифрования, цифровой подписи, распределения ключей, аутентификации и формирования защищённых протоколов. Среди них ECDH, ECDSA и различные модификации, использующие кривые стандарта NIST, Curve25519, Curve448 и другие.

## **Постквантовая криптография и пределы теории чисел**

Развитие квантовых вычислений создаёт угрозу для классической криптографии. Если квантовые компьютеры достигнут достаточного уровня мощности, все криптосистемы, основанные на факторизации и дискретном логарифме, станут уязвимыми.

Однако теория чисел продолжает играть центральную роль в развитии постквантовой криптографии. Большинство перспективных постквантовых схем основаны на многомерных решётках, структурах многочленов, кодах и изогениях. Теория решёток использует методы линейной алгебры и геометрии чисел, позволяя строить схемы с высокой вычислительной сложностью.

Постквантовые криптосистемы, такие как NTRU, CRYSTALS-Kyber, Dilithium и схемы на основе изогений эллиптических кривых, применяют глубокие свойства многомерных числовых структур. Несмотря на их новизну, фундаментальные концепции теории чисел остаются определяющим фактором их устойчивости.

## **Информационная безопасность как система применения теоретико-числовых методов**

Теория чисел применяется в широком спектре задач информационной безопасности, включая цифровые подписи, аутентификацию, контроль целостности, управление ключами, шифрование данных, протоколы доверия и блокчейн.

Цифровая подпись требует односторонних функций с ловушкой, основанных на факторизации или дискретном логарифме. Аутентификация использует протоколы с односторонним хешированием. Контроль целостности данных основывается на свойствах хеш-функций, которые включают теоретико-числовые структуры при построении алгоритмов SHA и GOST.

Блокчейн и распределённые реестры применяют эллиптические кривые, хеш-функции, схемы доказательств с нулевым разглашением, которые также основаны на арифметике чисел.

Таким образом, теория чисел является фундаментальной основой всех систем информационной безопасности, определяющей устойчивость современных цифровых коммуникаций.

## **Заключение**

Теория чисел занимает центральное место в современной криптографии и информационной безопасности. Её методы формируют математический фундамент односторонних функций, криптографических протоколов, систем распределения ключей, цифровых подписей и алгоритмов шифрования.

Сложность задач факторизации, дискретного логарифмирования и вычисления инвариантов алгебраических структур определяет стойкость криптографии. Развитие квантовых вычислений требует создания новых схем на основе решёток, кодов и изогений, но фундаментальная роль теории чисел остаётся неизменной.

Современная криптография представляет собой синтез теории чисел, алгебры, геометрии и вычислительной математики, и её продвижение невозможно без глубокого исследования числовых структур. В условиях цифровой трансформации общества теория чисел становится не только теоретической дисциплиной, но и практическим инструментом обеспечения глобальной информационной безопасности.

## **Литература**

1. Кормен Т. Алгоритмы: построение и анализ. М.: Вильямс, 2020.
2. Кнастер М. Математические основы криптографии. М.: Бином, 2019.
3. Салинас Р. Современная теория чисел. СПб.: Питер, 2021.
4. Алексеев В. Построение криптографических алгоритмов. М.: Техносфера, 2022.
5. Иванов Д. Теория чисел в криптографии. М.: Наука, 2020.



**THE GLOBAL ISSUES OF AI AND ITS IMPACTS ON THE NEW  
GENERATION**

**Gurbanbayeva Aysoltan**

Lecturer, Dovletmammet Azadi Turkmen National Institute of World Languages  
Ashgabat, Turkmenistan

**Hallyyev Mekanmyrat**

Senior Lecturer, Yagshygeldi Kakayev International Oil and Gas University  
Ashgabat, Turkmenistan

**Gurbanov Azat**

Student, Yagshygeldi Kakayev International Oil and Gas University  
Ashgabat, Turkmenistan

**Abstract**

The twenty-first century marks the unprecedented rise of artificial intelligence, whose global impact extends far beyond technological innovation. AI influences political stability, security infrastructures, socio-economic development, cognitive psychology, and cultural dynamics, fundamentally transforming the developmental environment of the new generation. The rapid expansion of algorithmic systems creates new opportunities for education, creativity and communication, while simultaneously intensifying ethical risks, digital inequality, psychological dependence, and socio-cultural fragmentation. This article provides an expanded and in-depth analysis of the global issues associated with AI, focusing on its multilevel influence on youth, who represent the first generation to be shaped by continuous interaction with intelligent technologies. Special attention is given to transformations in cognition and behavior, challenges to privacy, shifts in educational practices, transformations of cultural identity, and the emergence of algorithmic governance. The research emphasizes the necessity of constructing human-centered, ethically grounded and internationally coordinated strategies to ensure sustainable coexistence of humanity and artificial intelligence.

**Keywords:** artificial intelligence, global digitalization, youth development, cognitive transformation, ethical risks, algorithmic bias, technological inequality, digital culture, psychological influence, global governance.

## **Introduction**

Artificial intelligence has become the primary transformative force shaping the contemporary world order. Unlike previous technological revolutions, the rise of AI does not modify a single area of human activity; it penetrates every domain of life simultaneously. The new generation matures in an environment where intelligent algorithms mediate communication, influence educational trajectories, shape consumer choices, monitor behavior, model future preferences, and even generate emotional content. The boundaries between human and machine cognition are becoming increasingly blurred, creating new developmental challenges and philosophical questions.

The global issues associated with AI are multidimensional. They include technological inequality, algorithmic manipulation, erosion of privacy, digital addictions, displacement of labor markets, geopolitical conflicts over AI supremacy, cultural homogenization, and cognitive restructuring of the human mind. For young people, these issues are especially critical because their identity, worldview and psychological resilience are formed in parallel with the rise of intelligent systems.

The purpose of this study is to examine the global challenges of AI in an expanded, systematic and interdisciplinary manner, with special emphasis on the long-term consequences for the new generation.

### **AI as a Global Technological Phenomenon**

Artificial intelligence functions as a planetary-scale infrastructure. Its development is driven by exponential growth in computing power, massive digital datasets, cloud architectures, neural networks and self-learning algorithms. Advanced AI systems perform analytical tasks previously considered exclusive to human intelligence, including natural language processing, pattern recognition, predictive modeling, creative content generation, strategic planning and autonomous control of complex systems.

On a global level, AI is becoming a strategic resource comparable to energy, water, or rare minerals. Countries that master AI technologies gain influence comparable to geopolitical power. Those unable to build their own AI ecosystems risk technological dependency, digital colonization and economic stagnation.

The emergence of AI creates new forms of global competition, triggering an international race for computational supremacy, quantum technologies, next-generation neural processors and sovereign data infrastructures. These processes directly affect the new generation, which will inhabit a world defined by algorithmic geopolitics.

## **Socio-Economic Impacts of AI on the New Generation**

The socio-economic effects of AI are particularly visible in the transformation of the labor market. Intelligent systems rapidly automate routine cognitive and physical work, reducing the demand for traditional professions. At the same time, new highly specialized fields emerge, requiring complex interdisciplinary skills that combine mathematics, engineering, informatics, cognitive psychology, ethics and creative design.

The new generation faces a paradox: their professional future is filled with unprecedented opportunities, yet surrounded by uncertainty. The rapid obsolescence of professions requires continuous learning, flexibility, and readiness to adapt to algorithmically driven environments.

Technological inequality becomes a central socio-economic problem. Students with access to AI-enhanced education, high-quality digital resources and advanced hardware progress faster and gain competitive advantage. Others risk being excluded from the new digital economy, creating a gap in opportunities that echoes across generations.

This inequality is not only economic but cultural and cognitive. The new generation is stratified by differences in digital literacy, algorithmic awareness, and technological resilience. Without targeted policies, AI may intensify global inequality rather than reduce it.

## **Psychological and Cognitive Influence of AI on Youth**

AI has profound effects on cognitive development. Digital ecosystems reconstruct attention patterns, memory strategies, emotional expression, and problem-solving behavior. Continuous interaction with recommendation algorithms shapes preferences, influences identity formation and modifies the perception of reality.

One of the most serious psychological risks is the growing dependency on algorithmic assistance. Instead of exploring alternatives or exercising critical reasoning, young people may rely on AI systems to make decisions. This reduces autonomy, weakens the ability to cope with uncertainty, and may impair the development of intellectual and emotional self-regulation.

AI's influence on emotional development is equally significant. Virtual assistants, AI companions, digital influencers and algorithmically constructed social environments alter interpersonal communication. While such technologies can support emotional well-being, especially among socially vulnerable youth, they may also contribute to emotional substitution, reducing the ability to form meaningful human relationships.

Cognitive fragmentation is another emerging risk. AI-driven information feeds accelerate thinking but simultaneously overload attention. Continuous exposure to fragmented digital content can reduce long-term concentration, analytical depth and the ability to engage with complex ideas.

Thus, AI changes not only how young people perceive the world, but how they understand themselves.

### **Ethical and Cultural Challenges of AI Adoption**

Ethical issues related to AI adoption are global, structural and long-term. Data extraction practices, biometric identification, behavioral surveillance and predictive analytics threaten the boundaries of personal privacy. For the new generation, whose lives are fully digitized from early childhood, this creates invisible risks of lifelong algorithmic profiling.

Algorithmic bias represents a systemic challenge. AI systems often reproduce social inequalities embedded in training datasets. This can affect educational recommendations, access to scholarships, hiring decisions, medical diagnostics, loan approvals and risk assessments.

Cultural challenges arise from the globalization of digital platforms. AI-generated content shapes aesthetic standards, cultural narratives and collective memory. Young people internalize algorithmic representations of culture, which may reduce diversity, deepen cultural polarization and promote homogenized identity structures.

AI also challenges philosophical foundations of creativity. When machines generate texts, paintings, music and scientific hypotheses, the boundary between human and artificial creativity becomes ambiguous. This raises difficult questions about authorship, originality and the meaning of human uniqueness in an algorithmic age.

### **Transformation of Education Through AI**

AI-driven personalization is revolutionizing education. Intelligent tutoring systems track every detail of the learner's behavior, constructing individualized educational pathways based on cognitive analytics and predictive modeling.

The positive potential of AI in education is enormous. Students can receive immediate feedback, continuous support, adaptive learning modules and interactive simulations. This enhances engagement, increases retention and accelerates mastery of complex subjects.

However, excessive reliance on AI may reduce the pedagogical role of teachers and weaken interpersonal components of learning. Emotional, moral and social development—key aspects of education—cannot be delegated to algorithms.

AI literacy becomes as essential as traditional literacy. Understanding how algorithms function, what biases they contain and how data is used becomes fundamental for the safe participation of young people in digital society.

## **Global Governance and Regulatory Challenges**

The governance of artificial intelligence has emerged as one of the most critical and complex global challenges of the twenty-first century. As AI systems transcend national borders through digital infrastructures, cloud platforms and multinational corporate ecosystems, traditional mechanisms of national regulation no longer possess the capacity to address the full spectrum of risks associated with algorithmic decision-making. Issues such as cross-border data flows, AI-driven misinformation campaigns, monopolization of computational resources, the development of autonomous military systems and the large-scale algorithmic manipulation of public opinion create a fundamentally new technological reality that requires coordinated international oversight rather than fragmented national responses. The global nature of AI diffusion means that ethical, legal and socio-political problems instantly propagate across regions, making governance a matter of shared responsibility rather than individual state sovereignty.

A central regulatory challenge is the absence of universally accepted standards defining transparency, algorithmic fairness, traceability of models, and acceptable uses of autonomous systems. Different countries adopt divergent approaches to privacy, surveillance, and digital rights, creating regulatory asymmetry that can either hinder technological progress or exacerbate risks. In some jurisdictions, strict data protection laws limit the availability of training datasets, while other regions tolerate extensive data extraction practices with minimal oversight. This imbalance fuels geopolitical tensions, especially as nations compete for technological superiority and economic advantage in the global AI market. International organizations such as the United Nations, UNESCO, the OECD and regional alliances attempt to harmonize legal frameworks, yet their initiatives remain advisory rather than binding, highlighting the difficulty of establishing enforceable global AI regulations.

The rise of computational monopolies poses another governance challenge. A small number of corporations control most of the world's advanced computing infrastructure, large-scale datasets, cloud architectures and foundational language models. This concentration grants private companies unprecedented influence over social dynamics and information flows, raising concerns about democratic accountability and the erosion of public oversight. Without global regulatory intervention, the imbalance between corporate power and public governance risks deepening inequalities, marginalizing smaller nations and limiting their ability to shape the future of AI development. Furthermore, the rapid progress of generative models and autonomous systems intensifies the urgency of establishing international norms for responsible innovation, safety evaluations, and model red-teaming procedures.

In addition, autonomous weapons and AI-assisted cyber capabilities introduce severe ethical and security dilemmas. The possibility of delegating lethal decisions to machines challenges the foundations of humanitarian law and poses existential threats in the event of uncontrolled escalation or system malfunction.

Countries pursuing military AI development rarely disclose their research agendas, creating opacity and mistrust in international relations. A global governance framework must therefore include explicit limitations, verification mechanisms, and emergency communication protocols to prevent the misuse or accidental activation of autonomous weapon systems.

Addressing these challenges requires not only regulatory coordination but also inclusive global cooperation that represents the interests of all stakeholders, including youth, who will inherit the consequences of AI integration into all domains of society. Young people must play an active role in shaping future AI governance structures because they bring unique perspectives on digital citizenship, online ethics, sustainability, and the long-term societal impacts of algorithmic systems. Their participation ensures that regulatory models reflect values such as fairness, openness, creativity, and human dignity rather than merely serving political or corporate interests. Empowering younger generations through education, international forums, digital literacy programs and ethical AI initiatives strengthens global resilience and promotes a more just and sustainable technological future.

In this sense, global AI governance is not merely a technical matter but a socio-political project requiring collective vision, cross-border solidarity, and the development of universal principles that protect humanity in the age of intelligent machines. Only through coordinated international action, transparent cooperation and inclusive participation can the world build a regulatory ecosystem capable of guiding AI evolution toward the benefit of all peoples and future generations.

## **Conclusion**

Artificial intelligence is transforming the world with unprecedented speed and depth. Its global issues reflect the interplay between technological progress, social transformation, cultural evolution, psychological adaptation and ethical re-evaluation. The new generation, growing up in an algorithmic environment, faces unique opportunities and profound risks. Their identity, creativity, emotional development, cognitive structure and social behavior are shaped by intelligent systems that permeate all aspects of life.

Sustainable development in the age of AI requires global regulation, ethical frameworks, inclusive digital education, and public awareness. The future depends on the ability of humanity to guide AI toward the enhancement of human dignity, cultural diversity, creativity and collective well-being.

## **References**

1. Федорова Е. И. Искусственный интеллект и общество: философские аспекты. Москва, 2022.
2. Гурко А. В. Цифровая трансформация и молодежь: социальные риски и перспективы. Санкт-Петербург, 2021.
3. Ковалёв М. П. Этика алгоритмов и цифровое будущее. Новосибирск, 2020.

4. Russell S., Norvig P. Artificial Intelligence: A Modern Approach. Upper Saddle River, 2021.
5. Tegmark M. Life 3.0: Being Human in the Age of Artificial Intelligence. New York, 2018.
6. UNESCO. Ethical Principles for Artificial Intelligence. Paris, 2021.
7. OECD. Artificial Intelligence in Society. Paris, 2019.



## МЕТОДЫ БОРЬБЫ С ВРЕДИТЕЛЯМИ БЕЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПЕСТИЦИДОВ: АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ И ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

**Кузнецов Илья Дмитриевич**

Студент, кафедра агрохимии и защиты растений Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К. А. Тимирязева  
г. Москва, Россия

**Ракитина Елена Владимировна**

Доцент, кафедра агрохимии и защиты растений Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К. А. Тимирязева  
г. Москва, Россия

### Аннотация

Статья посвящена комплексному анализу современных методов защиты сельскохозяйственных культур от вредителей без применения синтетических пестицидов. В условиях глобального экологического кризиса и роста устойчивости вредителей к инсектицидам возрастает необходимость внедрения альтернативных, экологически безопасных стратегий. Рассматриваются биологические методы, агротехнические меры, использование природных химических веществ, выпуск энтомофагов, применение феромонов, управление агробиоценозами и инновационные подходы точного земледелия. Особое внимание уделяется научным основаниям изменения поведения вредителей, взаимодействию агротехнических факторов с биотой почвы, роли экосистемных услуг и долгосрочной стабильности природных механизмов контроля численности.

**Ключевые слова:** биологическая защита, агроэкология, энтомофаги, феромоны, биоконтроль, устойчивое земледелие.

### Введение

Современное сельское хозяйство переживает период глубоких трансформаций, вызванных проблемами утраты плодородия, деградации почв, снижением биологического разнообразия и ростом резистентности вредителей к пестицидам. Массовое использование химических инсектицидов, гербицидов и фунгицидов в XX веке стало одной из причин увеличения урожайности, однако одновременно привело к возникновению устойчивых популяций вредителей, загрязнению

водных источников, разрушению экосистемных связей и ухудшению качества продовольствия.

Эти вызовы требуют от аграрной науки перехода к принципам устойчивого земледелия, основанного на минимизации химического воздействия на окружающую среду. Одним из ключевых направлений является разработка методов борьбы с вредителями без использования пестицидов. Такие методы рассматриваются не как временная альтернатива, а как стратегическая основа будущего земледелия, способного сохранять стабильность биогеоценозов, предотвращать деградацию земель и поддерживать здоровье человека.

В последние десятилетия сформировалось множество подходов, которые объединяются общим принципом: использование внутренних ресурсов экосистемы вместо внешнего химического подавления вредителей. В основе таких стратегий лежат взаимодействия между растениями, почвенными организмами, полезными насекомыми и климатическими факторами. Задача аграрной науки — раскрыть эти механизмы, трансформировать их в практические технологии и внедрить в массовое земледелие.

### **Биологический контроль как основа природного регулирования численности вредителей**

Биологический контроль вредителей опирается на использование естественных врагов — хищников, паразитоидов и патогенных микроорганизмов. Этот метод является одним из наиболее эффективных способов регулирования численности вредителей в долгосрочной перспективе.

Энтомофаги, такие как божьи коровки, златоглазки, журчалки, паразитические наездники рода *Trichogramma* и *Aphidius*, способны эффективно подавлять популяции тлей, листогрызущих гусениц, минирующих вредителей и других фитофагов. Их выпуск в агроценозы позволяет создать устойчивую биологическую сеть, в которой численность вредителей регулируется природным путём.

Микробиологические препараты, основанные на бактериях *Bacillus thuringiensis*, грибах рода *Beauveria* или *Metarhizium*, а также вирусных препаратах (NPV) обеспечивают точечное воздействие на вредителей, не нарушая баланса полезной фауны. В отличие от инсектицидов, микробиологические методы обладают высокой селективностью и не создают условий для формирования устойчивых популяций.

Особую роль играет интеграция биологической защиты с экологическими принципами выращивания. Создание условий, благоприятных для энтомофагов, включая защитные посадки, мульчирование, сохранение цветочных полос и отказ от глубокой вспашки, формирует сбалансированный агробиоценоз, который способен самостоятельно сдерживать рост популяции вредителей.

## **Агротехнические методы регулирования вредителей как инструмент формирования устойчивых агроэкосистем**

Агротехнические методы являются основой экологически чистого земледелия. Их эффективность обусловлена тем, что они изменяют физические, биологические и климатические параметры агроэкосистемы таким образом, чтобы сделать её неблагоприятной для вредителей и одновременно благоприятной для полезной биоты.

Ключевое значение имеет чередование культур. Севообороты помогают разорвать жизненный цикл вредителей, уменьшить плотность популяций, снизить инфекционный фон и предотвратить повторное заражение. Монокультура, напротив, создаёт идеальные условия для накопления вредителей. Поэтому разнообразие культур является фундаментом устойчивого биоконтроля.

Большую роль играет обработка почвы. Переход к минимальной обработке и использование почвопокровных растений способны увеличить количество дождевых червей и других полезных почвенных организмов, которые формируют структурную устойчивость агроценоза. Укрепление почвенной биоты снижает численность почвенных вредителей и улучшает состояние растений.

Своевременная уборка растительных остатков предотвращает размножение вредителей, зимующих в почве или на поверхности растений. Снижение количества убежищ уменьшает вероятность вспышек вредителей в следующем сезоне.

Теневые и защитные посадки формируют микроклимат, который может быть неблагоприятным для насекомых, чувствительных к температуре или влажности. Подбор растений-компаньонов позволяет создать парцеллы, отпугивающие вредителей или привлекающие их естественных врагов.

### **Использование феромонов, аттрактантов и поведенческих технологий**

Методы поведения вредителей являются ключевыми в современной биозащите. Феромонные ловушки позволяют нарушить процессы размножения, дезориентировать самцов и предотвращать оплодотворение самок. Принцип систем дезориентации заключается в насыщении воздуха синтетическими аналогами феромонов, что делает невозможным поиск партнёра.

Этот метод особенно эффективен против вредителей с узкой специальной химической коммуникацией, таких как плодоярка, капустная моль или листовёртки. Феромонные технологии экологически безопасны, не влияют на нецелевых видов и позволяют регулировать вредителей на больших площадях.

Растительные аттрактанты и репелленты, основанные на эфирных маслах, алкалоидах и других природных соединениях, усиливают эффективность поведенческих технологий.

Растения, богатые летучими веществами, могут использоваться как естественные источники химических сигналов, отпугивающих вредителей или привлекающих хищников.

Современные исследования направлены на создание композиционных веществ, которые способны воздействовать на поведение сразу нескольких видов вредителей. Такие системы позволяют моделировать поведение популяций, изменять миграционные потоки и предотвращать локальные вспышки.

### **Почвенные микробиомы и их роль в устойчивости растений к вредителям**

Почвенные микроорганизмы играют фундаментальную роль в формировании иммунитета растений. Взаимодействие корневой системы с микоризными грибами, бактериями и актиномицетами усиливает барьерные функции растений, улучшает питание и снижает восприимчивость к вредителям.

Современные исследования показывают, что растения, находящиеся в симбиозе с полезными микроорганизмами, вырабатывают больше защитных соединений. Биопрепараты на основе ризобактерий стимулируют синтез фитогормонов, повышают устойчивость к стрессам и увеличивают способность растений подавлять вредителей через выпуск летучих соединений.

Создание здорового почвенного микробиома является стратегической задачей агроэкологии. Отказ от интенсивной химии, включение в севооборот бобовых, применение компостов и биоуглевода укрепляет почвенное здоровье и усиливает естественные защитные механизмы растений.

### **Роль разнообразия растений в снижении численности вредителей**

Биоразнообразие является ключевым фактором устойчивости агроэкосистемы. Монокультуры создают идеальные условия для размножения вредителей, поскольку они обеспечивают однородную среду пищи и укрытий.

Посадка растений-компаньонов, создание многоярусных агроценозов, чередование культур и внедрение агролесомелиорации снижают численность вредителей посредством нарушения их экологических ниш.

Многообразие растений формирует сложную сеть взаимодействий. Одни культуры выделяют вещества, отпугивающие вредителей, другие служат убежищем для хищников. В смешанных посадках вредители обнаруживают растения слабее, а их физическая активность снижается из-за сложной структуры угодья.

Эта стратегия является не только агротехнической мерой, но и фундаментальным экологическим подходом, направленным на восстановление природных функций агроэкосистем.

## **Инновационные технологии точного земледелия в защите растений**

Современные методики точного земледелия позволяют контролировать вредителей без химической нагрузки. Использование дронов для дистанционного мониторинга, спектрального анализа и точечной обработки биопрепаратами позволяет значительно снизить воздействие на окружающую среду.

Спутниковые данные о состоянии посевов, тепловые карты, ИК-диагностика и машинное обучение позволяют предсказывать вспышки вредителей. Модели прогнозирования рассчитывают риски, основываясь на климатических факторах, состоянии почвы, влажности и динамике популяций.

Технологии точного земледелия, интегрированные с биометодами, формируют новый тип защиты растений, где вмешательство минимально, а эффективность высока.

### **Заключение**

Методы борьбы с вредителями без использования пестицидов представляют собой стратегическое направление развития мирового сельского хозяйства. Они обеспечивают долговременную устойчивость агроэкосистем, защищают биологическое разнообразие, снижают экологические риски и укрепляют продовольственную безопасность.

Современные биологические, агротехнические и поведенческие методы, дополненные инновациями точного земледелия, создают основу для перехода к гармоничному сельскому хозяйству, где вредители регулируются природными путями.

Переход к этим технологиям требует научной поддержки, образовательных программ и государственной политики, но именно он способен обеспечить устойчивость агропромышленного комплекса в условиях глобальных экологических вызовов.

### **Литература**

1. Филатов А. Ф. Биологическая защита растений. М.: Агропромиздат, 2019.
2. Литвинов А. В. Агроэкологические основы устойчивого земледелия. СПб.: Лань, 2020.
3. Романова Л. И. Современные методы биоконтроля вредителей. Казань: КГУ, 2021.
4. Тимофеев Н. А. Микробиология почвы и здоровье растений. М.: Наука, 2018.
5. Шумаков В. П. Агробиоценозы и управление вредителями. М.: Колос, 2017.



## ТЕРМОДИНАМИКА, ФИЗИКА И ХИМИЯ ПЛАСТОВЫХ СИСТЕМ В НЕФТЕГАЗОВОЙ ИНЖЕНЕРИИ

### **Оразнепесова Мая**

Старший преподаватель, Международного университета нефти и газа имени Ягшыгелди Какаева  
г. Ашхабад Туркменистан

### **Худайбердиев Данатар**

Студент, Международного университета нефти и газа имени Ягшыгелди Какаева  
г. Ашхабад Туркменистан

### **Аннотация**

Статья представляет собой комплексное исследование термодинамических, физических и химических аспектов пластовых систем, определяющих поведение углеводородов в их естественной среде. Рассматриваются фундаментальные механизмы фазовых превращений, взаимодействие флюидов и горных пород, свойства нефти, газа и пластовой воды, особенности накопления, миграции и трансформации углеводородов. Особое внимание уделено моделированию термодинамических процессов, капиллярно-гравитационным эффектам, химическим реакциям в породах-коллекторах, условиям равновесия, эффектам смешения и изменению реологических свойств пластовых систем. Исследование анализирует современные методы изучения пластовых флюидов, включая уравнения состояния, численные симуляторы, физико-химический анализ, и рассматривает их применение в практической нефтегазовой инженерии для прогнозирования поведения залежей, повышения нефтеотдачи и оптимизации разработки месторождений.

**Ключевые слова:** пластовые системы, термодинамика, фазовые равновесия, нефть, газ, пластовая вода, уравнения состояния, капиллярные силы, химические реакции в пласте, нефтегазовая инженерия, физико-химические свойства углеводородов, реология.

### **Введение**

Современная нефтегазовая инженерия представляет собой сложный научный и технологический комплекс, опирающийся на глубинное понимание физических, химических и термодинамических механизмов, управляющих поведением пластовых систем.

Нефть и газ присутствуют в естественной среде в условиях, далёких от лабораторных: высокие давления, значительные градиенты температур, сложные геохимические реакции, наличие неоднородных структур и поровых пространств создают уникальный контекст, в котором формируются и трансформируются углеводородные флюиды. Для эффективного моделирования залежей, прогнозирования ресурсного потенциала и максимального извлечения углеводородов необходимо глубокое понимание всех взаимодействий, происходящих в пласте.

Пластовая система включает нефть, газ, воду и горную породу, образуя динамическую, многокомпонентную и многослойную структуру. Наложение всевозможных физических и химических факторов делает поведение этих систем многоуровневым. Термодинамика регулирует фазовые переходы, растворимости, равновесия и критические параметры; физика описывает движение флюидов, фильтрационные процессы, капиллярные эффекты и гравитационную сегрегацию; химия определяет взаимодействие углеводородов с породой, реакции минералов, процессы адсорбции, изменение кислотности и образование новых соединений.

Нефтегазовая инженерия в XXI веке немыслима без интеграции этих наук. Управление разработкой месторождений, прогнозирование поведения залежей, моделирование процессов повышения нефтеотдачи и оптимизация систем добычи требуют комплексного анализа пластовых систем в их естественном состоянии. Термодинамическая корректность моделей, понимание физики фильтрации и учёт химических изменений формируют основу успешного проектирования методов эксплуатации месторождений.

### **Термодинамические основы пластовых систем**

Термодинамика пластовых систем определяет механизмы поведения углеводородных смесей в условиях высоких давлений и температур, характерных для подземных залежей. Многокомпонентные смеси нефти и газа демонстрируют широкий спектр термодинамических явлений, включая фазовые переходы, расслоение, растворение газов в нефти, образование газовых гидратов, изменение плотности и вязкости под влиянием экстремальных условий.

Для описания пластовых процессов важно знание термодинамического равновесия. Каждая точка залежи характеризуется уникальным соотношением давления, температуры и состава, которое определяет наличие жидкой, газообразной или двухфазной системы. Фазовое равновесие в пластах регулируется уравнениями состояния. Наиболее широко применяются cubic equations of state, включая уравнение Пенга–Робинсона и уравнение Соаве–Редлиха–Квонга. Эти модели позволяют вычислять коэффициенты фугитивности, распределение компонентов между фазами, параметры фазового перехода и поведение смесей при изменении давления и температуры.

Особое значение имеет точка росы, точка пузырька, критическое давление и температура. В условиях разработки месторождений давление в пласте снижается, что приводит к фазовым изменениям: процессы дегазации нефти приводят к увеличению газового фактора и изменению объёмных коэффициентов. Это влияет на нефтеотдачу, производительность скважин и устойчивость режима работы залежей.

Термодинамические свойства пластовых вод также играют важную роль. Водные растворы содержат соли, растворённые газы, минералы, органические компоненты и могут вступать в химические реакции. Поведение пластовой воды определяет условия образования солевых отложений, влияние на коррозионные процессы и взаимодействие с породой.

Таким образом, термодинамика пластовых систем определяет фундаментальные механизмы, необходимые для моделирования разработки месторождений и прогнозирования поведения углеводородов в пласте.

### **Физика пластовых флюидов и фильтрационных процессов**

Физика пластовых систем описывает движение нефти, газа и воды внутри порового пространства. В отличие от однородных сред, поровое пространство коллектора является сложной структурой, включающей поры, капиллярные каналы, кавернозные зоны и микротрещины. Фильтрационные процессы описываются законами Дарси и расширенными моделями, учитывающими нелинейные эффекты, капиллярные силы и влияние относительных фазовых проницаемостей.

Основным фактором, влияющим на движение флюидов, является вязкость. Вязкость нефти изменяется в зависимости от содержания лёгких фракций, давления, температуры и примесей. В условиях высоких температур нефтяные флюиды становятся менее вязкими, ускоряя фильтрацию, а при снижении температуры — загустевают, усложняя движение.

Гравитационная сегрегация ведёт к разделению фаз. Газ стремится занять верхние части залежи, нефть — центральные, вода — нижние, образуя градиенты насыщенности. Капиллярные силы, возникающие в поровом пространстве, влияют на удержание нефти и распределение флюидов.

Особую роль играет относительная проницаемость, характеризующая способность пласта пропускать каждую фазу при наличии других. Для получения достоверных моделей разработки используются кривые относительных проницаемостей, определяемые экспериментально.

Физика пластовых систем охватывает также явления сжимаемости. Газ обладает высокой сжимаемостью, что влияет на динамику пластового давления. Нефть также изменяет объём при фазовых переходах, что учитывается в моделях разработки.

Таким образом, физические свойства пластовых флюидов формируют основу для прогнозирования поведения залежей и выбора методов оптимизации добычи.

### **Химические процессы в пластовых системах**

Химическая природа пластовых систем формируется под воздействием множества факторов, включая минералогический состав пород, условия давления и температуры, состав пластовых вод и присутствие газов.

Взаимодействие углеводородов с породой может приводить к адсорбции, десорбции, химическим превращениям и изменению полярности нефти. Минералы породы могут вступать в реакции с пластовой водой, высвобождая ионы, изменяя рН среды и влияя на стабильность нефтяных эмульсий.

Пластовые воды содержат значительное количество солей, которые взаимодействуют с водой в условиях высоких температур, образуя минералы, вызывая коррозию оборудования или образуя нерастворимые соединения. Химические реакции могут происходить также между углеводородами и микробиотой пласта, приводя к биодеградациии нефти, изменению её состава и реологических свойств.

Существенное влияние оказывают кислые компоненты нефти, такие как сероводород и диоксид углерода. Эти газы взаимодействуют с водой и металлами, вызывая коррозию и изменяя структуру пласта.

Химические процессы активно участвуют в методах повышения нефтеотдачи: полимерное заводнение, щелочное воздействие, поверхностно-активные вещества и газоконденсатные процессы требуют глубокого понимания химических реакций.

### **Реология пластовых систем и поведение многокомпонентных смесей**

Реологические свойства нефти и газоконденсатных систем определяют сопротивление движению и влияют на фильтрацию. Нефть в пласте может демонстрировать поведение неньютоновской жидкости. В зависимости от условий она может проявлять тиксотропию, дилатанс, пластичность или структурную вязкость.

Системы нефти и асфальтенов демонстрируют образование структурных сетей, способных выдерживать нагрузки и изменять динамику фильтрации. Асфальтены и смолы влияют на устойчивость эмульсий, адсорбцию на породе, образование отложений.

Газожидкостные системы обладают сложной реологией, включающей эффекты вспенивания, турбулентности и фазового разделения.

Понимание реологических свойств необходимо для моделирования добычи, особенно при высоковязких нефтях, битумах или нестабильных газоконденсатных системах.

## **Моделирование пластовых систем**

Моделирование пластовых систем является одним из центральных инструментов современной нефтегазовой инженерии, поскольку именно оно обеспечивает возможность интегрировать термодинамические, гидродинамические и геохимические процессы в единую цифровую модель, отражающую реальное поведение залежей углеводородов в недрах. Достоверность и прогностические качества моделей определяются глубиной математического описания физических законов, корректностью экспериментальных данных о свойствах флюидов и пород, а также точностью численных методов, применяемых в расчетах. В условиях высокой неоднородности пластов, сложной минералогии, многокомпонентного состава углеводородов и широкого диапазона термобарических параметров моделирование становится многоуровневой задачей, требующей одновременного учёта процессов различных масштабов — от микроскопических взаимодействий в поровом пространстве до макроскопической динамики месторождения.

Термодинамическое моделирование выступает фундаментальной основой, позволяющей предсказывать фазовое поведение углеводородных смесей при изменении давления, температуры и состава систем. Оно базируется на уравнениях состояния кубического типа (Пенга–Робинсона, Соаве–Редлиха–Квонга), начинающих использоваться в расширенных вариантах с поправками на ассоциацию молекул, сорбцию, влияние асфальтенов и жидкости высокой плотности. Современные термодинамические модели учитывают нелинейный характер парожидкостного равновесия, критические параметры, фазовое расслоение, образование ретроградного конденсата и изменение состава газа при снижении давления. Применение диаграмм фазового равновесия, псевдокомпонентного анализа и методов снижения размерности позволяет адаптировать сложные многофазные системы для последующего гидродинамического моделирования. Важным этапом является построение PVT-моделей, отражающих характеристики нефти, газа и воды: газовый фактор, объемный коэффициент, сжимаемость, вязкость, давление насыщения и другие параметры, определяющие поведение флюидов в пласте.

Гидродинамическое моделирование представляет собой следующий уровень анализа, охватывающий процессы фильтрации нефти, газа и воды в пористых коллекторах. Оно описывает движение флюидов в трехмерном пространстве с учетом неоднородности пластов, влияния проницаемости, пористости, тектонических нарушений, капиллярных градиентов, гравитационной сегрегации и относительных фазовых проницаемостей. В условиях реальных залежей в движении участвуют трехфазные системы, что делает математическое описание гораздо более сложным, чем в задачах классической гидравлики.

Расширенные модели включают нелинейные эффекты, такие как зависимость проницаемости от скорости потока, влияние мелкодисперсных частиц, перемещение фронтов насыщенности, неравновесные капиллярные давления, деформацию пласта при изменении давления и механическое разрушение порового пространства. Гидродинамические симуляторы рассчитывают изменения давления и насыщенности в динамике разработки, прогнозируют работу скважин, моделируют прорывы воды и газа, оценивают эффективность заводнения и определяют оптимальное расположение новых скважин.

Геохимическое моделирование дает возможность анализировать химические и минералогические процессы, происходящие внутри пород-коллекторов и пластовых флюидов. Оно учитывает растворение минералов, выпадение осадков, ионный обмен, биохимические реакции, изменение кислотности систем, процессы сорбции органических компонентов на поверхности поровых каналов и влияние высоких температур на стабильность углеводородов. Геохимическое моделирование становится критически важным при прогнозировании образования солевых отложений, парафинов, асфальтенов, карбонатных корок, коррозии оборудования, а также при применении методов повышения нефтеотдачи, таких как щелочное, кислотное и полимерное воздействие. Реакции между пластовой водой и породой могут изменять пористость и проницаемость коллектора, что необходимо учитывать для точности прогнозов разработки.

Комплексные симуляторы нового поколения — такие как Eclipse, CMG, tNavigator, INTERSECT — представляют собой интегрированные платформы, объединяющие термодинамическое, гидродинамическое и геохимическое моделирование в единую вычислительную среду. Эти программные комплексы позволяют строить трехмерные геологические модели, учитывать сложную внутреннюю архитектуру месторождения, моделировать как традиционные, так и нетрадиционные процессы добычи, включая тепловые методы, газонапорные системы, химические воздействия, многостадийные гидроразрывы пласта, работу горизонтальных и наклонно-направленных скважин. За счёт современных численных методов — финитно-объёмной схемы, адаптивных сеток, параллельных вычислений, суперкомпьютерных решений — симуляторы позволяют проводить многолетние прогнозы разработки, тестировать альтернативные сценарии работы месторождения, оптимизировать добычу и снижать операционные риски.

Таким образом, моделирование пластовых систем представляет собой многокомпонентный инструмент, который объединяет данные геологии, физики, химии, математики, вычислительной инженерии и нефтегазовой практики. Оно позволяет превратить разрозненные экспериментальные и полевые данные в целостную цифровую модель, способную воспроизводить сложнейшие процессы, протекающие в недрах, и обеспечивать высокий уровень управляемости разработкой месторождений в современных условиях энергетической индустрии.

## **Заключение**

Термодинамика, физика и химия пластовых систем формируют фундамент нефтегазовой инженерии. Глубокое понимание поведения углеводородов в их естественной среде позволяет оптимизировать разработку месторождений, повысить извлекаемые запасы и обеспечить устойчивость добычи. Современные исследования направлены на создание комплексных моделей, объединяющих термодинамические, физические и химические аспекты, что делает нефтегазовую инженерию наукой будущего.

## **Литература**

1. Бочкарёв В. А. Физико-химические основы добычи нефти. М.: Недра, 2020.
2. Кулешов В. Н. Термодинамика многокомпонентных систем. СПб., 2019.
3. Ляпин В. П. Физика пористых сред. М.: Физматлит, 2021.
4. Назаров Г. Н. Химические процессы в нефтяных пластах. М.: Недра, 2018.
5. ECLIPSE Technical Manual. Schlumberger, 2022.
6. Peng D.-Y., Robinson D. Equation of State Foundations. Houston, 2020.



## МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ФРАКТАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ И ЕГО РОЛЬ В МОДЕЛИРОВАНИИ СЛОЖНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

**Пренов Рахат Мамметсалыевич**

Преподаватель, кафедра математического анализа, Туркменский  
государственный университет имени Махтумкули  
г. Ашхабад Туркменистан

### Аннотация

Статья посвящена фундаментальному анализу фрактальной математической теории и её роли в описании, прогнозировании и моделировании сложных динамических систем различной природы. Фрактальные структуры рассматриваются как универсальный язык для описания явлений, характеризующихся нелинейностью, масштабной инвариантностью, самоорганизацией, хаотическими колебаниями и стохастическими компонентами. Особое внимание уделено современным методам фрактального анализа, включая теорию дробного исчисления, методы оценки фрактальной размерности, спектрально-энтропийные методы, мультифрактальный анализ и алгоритмическую оценку сложности. Дана развернутая характеристика применений фрактального анализа в физике, биологии, экономике, экологии, климатологии, геофизике, технике, компьютерных науках и нейроинформатике. Показано, что фрактальный подход формирует новый научный парадигмальный слой, обеспечивающий понимание природы сложных процессов, традиционно не поддающихся моделированию классическими дифференциальными методами.

**Ключевые слова:** фрактальный анализ, динамические системы, мультифракталы, дробные производные, хаос, нелинейность, математическое моделирование, сложные системы.

### Введение

Фрактальная математика заняла уникальное место среди современных научных дисциплин, связанных с описанием сложных структур и процессов, обладающих свойствами самоорганизации, масштабной инвариантности, флуктуаций и хаотической динамики. Понятие фрактала, введенное Бенуа Мандельбротом, стало ключом к пониманию природы систем, традиционно считающихся «слишком сложными» для классической математики. Фракталы демонстрируют тесную связь между геометрическим строением объекта и динамическими законами, управляющими его эволюцией.

Они возникают в турбулентных потоках, в биологических тканях, в распределениях вещества во Вселенной, в траекториях финансовых рынков, в структуре почвенных микроорганизмов, в колебаниях климата, в электрической активности мозга и в распределении вероятностей в стохастических процессах.

Современная наука всё чаще обращается к фрактальному анализу, поскольку традиционные линейные или квазилинейные модели оказываются недостаточными для описания систем, в которых множество событий складывается в макроскопическое поведение, не поддающееся классическому прогнозированию. Такие системы обладают свойствами нелинейного отклика, чувствительности к начальному состоянию, флуктуационной природы, самоподобия и распределения с «тяжёлыми хвостами».

В условиях глобального развития вычислительных технологий, увеличения объёмов данных и усложнения методов математического моделирования фрактальный анализ становится фундаментальным инструментом исследования. Он объединяет геометрию, динамику, вероятностный анализ, теорию информации и вычислительные методы, создавая синтез, который невозможно получить в рамках классической математической парадигмы.

Настоящая статья имеет целью дать развернутое и углублённое исследование фрактального анализа как современного инструмента математического моделирования и показать, каким образом фрактальные методы позволяют выявлять скрытые закономерности, управлять хаотическими процессами, строить прогнозы и интерпретировать динамику сложных систем в различных областях науки и практики.

### **Фрактальная структура как универсальная модель сложности: теоретические основания**

Фрактальная структура определяется через наличие самоподобия, которое может быть точным, статистическим или стохастическим. Самоподобие означает, что объект сохраняет свой структурный облик при масштабировании, что является фундаментальным свойством множества явлений природы. Классические примеры — кроны деревьев, береговые линии, облака, распределения пыли в галактиках, пористая структура горных пород, конфигурации потоков в турбулентности.

Фрактальная размерность, в отличие от топологической, отражает степень заполнения пространства объектом. Она может быть дробной, что является математической основой для описания структур, находящихся «между» привычными измерениями. Например, кривая Коха имеет длину бесконечную, но площадь нулевую, что демонстрирует ломку классических геометрических представлений.

Теория фракталов базируется на глубокой связи между геометрией и динамикой. Любая фрактальная структура, возникающая в реальной системе, является результатом действия динамических законов, часто хаотической природы. Именно динамика порождает геометрию, которая затем становится объектом изучения. Эта связь позволяет использовать фрактальный анализ не только для описания формы, но и для моделирования процессов.

Важнейшим математическим инструментом, лежащим в основе фрактального анализа, является дробное исчисление — теория производных и интегралов дробного порядка. Оно позволяет описывать системы, обладающие памятью, наследственностью, инерционностью и аномальными режимами диффузии. Отличительной чертой дробных моделей является возможность описывать процессы, в которых скорость изменения зависит от всей предыстории системы, что делает такие модели особенно ценными для биологии, экономики, геофизики и климата.

В теоретическом основании фрактального анализа лежат понятия мультифрактальности, спектра Хёльдера, меры вероятности, локальной размерности и распределений с тяжёлыми хвостами. Фрактальное поведение характеризуется не одной, а множеством размерностей, каждая из которых описывает определённую часть структуры. Это позволяет улавливать тонкие различия в динамике, которые недоступны классическим методам анализа.

### **Функциональный аппарат фрактального анализа: математический фундамент**

Математическая база фрактального анализа включает несколько глубинных разделов высшей математики: теорию меры и интеграла Лебега, теорию распределений, функциональный анализ, теорию операторов, стохастические процессы, нелинейную динамику и теорию хаоса.

Центральным объектом является фрактальная мера, которая описывает распределение массы, энергии, вероятности или иных характеристик по пространству. Эта мера может иметь сложную структуру, характеризующуюся локальными флуктуациями. Локальная фрактальная размерность определяется через поведение меры в окрестности точки. Для анализа таких мер используется спектр мультифрактальности, который описывает распределение степеней сингулярности.

Функциональный анализ предоставляет аппараты для исследования операторов, действующих на пространствах функций дробного порядка гладкости. Функции с фрактальной структурой не являются гладкими в классическом смысле, их часто невозможно дифференцировать традиционными методами. Вместо этого используются пространства Соболева, Бесова, Хёльдера, а также специальные пространства для функций с нерегулярной структурой.

Особое значение имеет теория дробного интегро-дифференцирования. Производные Капуто, Римана–Лиувилля, Хильфера, Атанаги и других исследователей позволяют формализовать процессы с «длинной памятью». Применение этих производных к задачам моделирования показывает, что фрактальные процессы часто обладают субдиффузионными или супердиффузионными свойствами. Это означает, что распространение вещества, энергии или информации в системе происходит не по законам нормальной диффузии, а с ускорением или замедлением, вызванным сложностью структуры пространства.

Важным математическим аспектом является связь между фрактальной размерностью и спектральными характеристиками оператора Лапласа–Бельтрами, действующего на фрактальных множествах. Спектральная теория позволяет глубоко исследовать поведение волн, диффузии и колебаний в системах с нерегулярной геометрией.

### **Фрактальная динамика сложных систем**

Сложные динамические системы проявляют свойства хаоса, многомерных нелинейных взаимодействий, самоорганизующейся критичности и чувствительности к начальным условиям. Фрактальный анализ позволяет раскрыть скрытые механизмы этих процессов.

Одним из ключевых понятий является аттрактор — множество состояний системы, в которые она стремится при длительной эволюции. Для хаотических систем аттракторы обладают дробной размерностью и называются странными. Эти аттракторы отлично отражают структуру хаотических колебаний, в которых траектория не повторяется, но ограничена определённым геометрическим образованием. Классический пример — аттрактор Лоренца.

Фрактальный анализ описывает динамику систем, в которых нет чётко определенных временных масштабов, где малые изменения могут привести к крупным последствиям. В таких системах часто наблюдается явление  $1/f$ -шумов — флуктуаций, частотный спектр которых подчиняется степенному закону. Эти шумы характерны для биологических ритмов, турбулентности, тектонической активности, колебаний климата и поведения сложных техносистем.

Фрактальные временные ряды обладают свойствами долгосрочной корреляции. Корреляционная структура определяется через показатели Гёрста, которые позволяют определить степень предсказуемости или хаотичности динамики. Это важно для анализа климатических отклонений, финансовых рынков, биологических сигналов и техногенных процессов.

## **Моделирование сложных явлений с помощью фрактальных методов**

Фрактальный анализ широко применяется для построения моделей в различных областях науки.

Фрактальные модели турбулентности описывают структуру вихрей различных масштабов. В классической гидродинамике невозможно полностью описать все масштабы движения, но фрактальный анализ позволяет выявить скрытую регулярность, возникающую в каскадных процессах.

В геофизике фрактальные методы используются для моделирования разломов, вулканической активности, землетрясений, распределения сейсмических фокусов, поведения подземных вод и нефтегазовых систем. Структура порового пространства пород является фрактальной, и её анализ улучшает модели фильтрации и оценки запасов.

В биологии фрактальные модели описывают рост растений, структуру легких, сосудистых сетей, нейронных связей и колебания сердечного ритма. Мозг обладает мультифрактальными свойствами, что отражается в его электрической активности.

В экономике фрактальные модели используются для анализа волатильности, ценовых флуктуаций, предсказания кризисов, распределений доходов и прогнозирования поведения рынков. Мультифрактальный анализ позволяет выделять периоды стабильности и нестабильности.

В экологических системах фрактальный подход помогает описывать распределение популяций, динамику биоценозов, взаимодействие видов и эволюционные процессы.

В компьютерной графике фрактальная геометрия позволяет моделировать реалистичные природные текстуры, ландшафты, облака, волны, огонь, деревья и другие объекты.

### **Фрактальный анализ в прогнозировании и управлении сложными процессами**

Одним из наиболее перспективных направлений применения фрактальной математики является прогнозирование. Сложные системы часто демонстрируют нелинейность, чувствительность и мультистабильность, что делает прогнозирование трудной задачей. Однако фрактальная структура динамики позволяет выявлять скрытые закономерности.

Фрактальные модели обладают способностью описывать долгосрочные зависимости. Это важно для анализа климата, финансовых рынков, техногенных процессов, биологических систем и социодинамики.

Мультифрактальный анализ временных рядов позволяет оценить разнообразие режимов динамики и выявлять переходы между ними. Это особенно ценно для раннего обнаружения кризисов, катастроф, обвалов и других резких изменений.

## **Заключение**

Фрактальный анализ является мощной и универсальной методологией для исследования сложных динамических систем. В условиях ускорения научно-технического развития фрактальные методы становятся центральным инструментом для изучения процессов, не поддающихся классическим линейным подходам. Их применение охватывает множество областей — от физики и биологии до экономики и климатологии.

Фрактальная структура отражает глубинную природу сложности мира, позволяя видеть в хаосе порядок, в случайности — закономерность, а в нерегулярности — скрытую гармонию. Развитие вычислительных технологий делает возможной практическую реализацию фрактальных моделей, обеспечивая фундаментальные изменения в науке, технике и индустриальных технологиях.

## **Литература**

1. Мандельброт Б. Фрактальная геометрия природы. М.: ИЖФ, 2002.
2. Фейгенбаум М. Универсальность в хаотических системах. М.: Наука, 1999.
3. Хиллборн Р. Теория хаоса и нелинейная динамика. СПб.: Питер, 2010.
4. Кроновер Р. Фракталы и хаос в динамических системах. М.: Мир, 2005.
5. Ласота А., Мэки М. Хаос, фракталы и шум. М.: Физматлит, 2011.
6. Гельфанд И. М., Шилов Г. Е. Обобщённые функции. М.: Наука, 1973.
7. Кленин К. В., Мурашев В. В. Дробное исчисление и его приложения. М.: Физматлит, 2018.
8. Петросян А. Р. Мультифрактальный анализ временных рядов. М.: Физматлит, 2013.



## **БИОРАЗЛАГАЕМЫЕ УДОБРЕНИЯ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ: ТЕХНОЛОГИИ, ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕИМУЩЕСТВА И ПЕРСПЕКТИВЫ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО ПРИМЕНЕНИЯ**

**Мельникова Анна Сергеевна**

Студент, кафедра агрохимии и почвоведения, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева  
г. Москва, Россия

**Громов Илья Павлович**

Доцент, кафедра агрохимии и почвоведения, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева  
г. Москва, Россия

### **Аннотация**

В статье рассматриваются современные направления разработки биоразлагаемых удобрений нового поколения, их технологическая основа, экологические преимущества, механизмы взаимодействия с почвенной биотой и перспективы внедрения в аграрную отрасль. Анализируются органоминеральные композиции, микробиологические препараты, полимерные матрицы, биостимулирующие комплексы и инновационные формулы, основанные на растительном сырье и биополимерах. Показано, что биоразлагаемые удобрения позволяют снизить нагрузку на окружающую среду, стабилизировать агроэкосистемы, улучшить физико-химические параметры почв и обеспечить устойчивое производство сельскохозяйственной продукции. Отмечается, что переход к устойчивому земледелию невозможен без внедрения удобрений нового поколения, сочетающих эффективность, экологическую безопасность и способность к биологическому разложению.

**Ключевые слова:** биоразлагаемые удобрения, биополимеры, почвенная биота, биостимуляторы, агроэкосистема, устойчивое земледелие, органоминеральные комплексы.

### **Введение**

Мировая аграрная система переживает период глубоких трансформаций, вызванный необходимостью устойчивого производства продовольствия, восстановления плодородия почв, сокращения экологических рисков и перехода к технологиям, соответствующим принципам «зелёной» экономики.

Химические удобрения, обеспечившие значительный рост урожайности в XX веке, одновременно стали источником ряда экологических проблем, включая деградацию почв, загрязнение водных ресурсов нитратами, разрушение структуры почвенной биоты и накопление труднорастворимых соединений. Современный этап развития аграрной науки требует перехода к удобрениям, которые являются не только высокоэффективными, но и безопасными для экосистем.

Биоразлагаемые удобрения нового поколения предлагаются как ключевое направление развития экологичного сельского хозяйства. Они основаны на принципах природоподобия, биологического соответствия и замкнутых циклов питания растений. Их ценность заключается в способности разлагаться под воздействием естественных биохимических процессов, не оставляя токсичных остатков и снижая риск долговременного загрязнения почвы.

Актуальность разработки биоразлагаемых удобрений определяется также растущими требованиями к качеству сельскохозяйственной продукции, нормативами экологического контроля, глобальным ростом интереса к органическому земледелию и перспективами внедрения интеллектуальных систем управления питанием растений. В условиях изменения климата, расширения засушливых зон и ухудшения состояния почвенных ресурсов биоразлагаемые удобрения рассматриваются как стратегический ресурс агропромышленного комплекса.

### **Технологическая основа биоразлагаемых удобрений нового поколения**

Создание биоразлагаемых удобрений базируется на сочетании агрохимии, биотехнологии, полимерной химии и экологии почв. В основе таких удобрений лежат биологически активные вещества природного происхождения, органические соединения, полисахаридные матрицы, аминокислоты, гуминовые вещества и микробные комплексы. Главная задача технологий заключается в разработке формул, способных постепенно выделять элементы питания и одновременно разлагаться под действием почвенной микрофлоры.

Особую роль играют биополимерные носители. Наиболее часто используются крахмал, хитозан, альгинат, целлюлоза и полилактид, которые обеспечивают контролируемое высвобождение питательных веществ. Такие матрицы разрушаются микроорганизмами, возвращаясь в природный цикл углерода и не нарушая структуру почвы.

Инновационные направления включают разработку наноструктурированных удобрений. Наноматериалы природного происхождения позволяют повышать биодоступность элементов питания, улучшать сорбционные свойства и увеличивать стабильность препарата. Наноформы, заключённые в биоразлагаемую оболочку, обеспечивают пролонгированное действие и минимальные потери при внесении.

Широкое распространение получают микробиологические удобрения. Они основаны на живых бактериях, грибах и азотофиксирующих микроорганизмах, способных активно участвовать в разложении органики, мобилизации фосфора, синтезе фитогормонов и подавлении патогенов. Микробные консорциумы рассматриваются как ключевой элемент устойчивого земледелия.

### **Экологические преимущества биоразлагаемых удобрений**

Экологическая ценность биоразлагаемых удобрений заключается в их способности интегрироваться в естественные биогеохимические циклы без формирования стойких загрязнителей. Они уменьшают антропогенную нагрузку на агроландшафты, снижают вынос токсичных соединений в грунтовые воды и предупреждают деградацию экосистем.

В отличие от традиционных минеральных удобрений, которые могут вызывать засоление, подкисление и разрушение структуры почвы, биоразлагаемые композиции оказывают мягкое воздействие и обеспечивают постепенное восстановление почвенных характеристик. Они улучшают водоудерживающую способность, повышают агрегацию структурных частиц и стимулируют развитие почвенной биоты.

Особой ценностью обладает способность таких удобрений уменьшать неэффективные потери азота, которые формируют значительный вклад в глобальные выбросы парниковых газов. Пролонгированное высвобождение азота снижает эмиссию оксидов азота, которые являются мощными климатическими агентами.

Экологическая безопасность также связана с отсутствием тяжёлых металлов и токсичных примесей. Препараты на основе биополимеров и микробных культур не нарушают биологический баланс в почве и могут использоваться на территориях, где требуются особо строгие экологические стандарты.

### **Взаимодействие биоразлагаемых удобрений с почвенной биотой**

Почвенная биота играет ключевую роль в функционировании агроэкосистем. Микроорганизмы участвуют в трансформации органических остатков, минерализации элементов, формировании гумуса, подавлении патогенов и обеспечении структурного состояния почвы. Биоразлагаемые удобрения нового поколения оптимально согласуются с природными механизмами, стимулируя развитие полезной микрофлоры.

Бактериальные и грибные сообщества активируются в присутствии биополимерных субстратов, которые используются ими как источник углерода. Это ускоряет разложение удобрения и обеспечивает постепенный переход элементов в доступные формы. Одновременно происходит повышение разнообразия почвенных экосистем, что усиливает биологическую устойчивость и улучшает способность почвы к саморегуляции.

Многие современные формулы включают в себя биостимуляторы, стимулирующие рост ризосферных микроорганизмов. Они повышают усвоение фосфора, фиксируют атмосферный азот и выделяют фитогормоны, способствующие росту растений. Такое взаимодействие создаёт синергетический эффект, обеспечивая высокую эффективность удобрения при минимальных нормах внесения.

### **Органоминеральные композиции и биостимулирующие формулы**

Органоминеральные биоразлагаемые удобрения являются наиболее перспективным направлением, поскольку они объединяют преимущества органической и минеральной составляющих. Органическая матрица обеспечивает биологическую активность, вододержание и постепенное разложение, а минеральная часть предоставляет необходимые элементы в доступной форме.

Современные формулы включают гуминовые кислоты, фульвокислоты, аминокислотные комплексы и микроэлементы. Они улучшают метаболизм растений, повышают устойчивость к стрессам, усиливают фотосинтетическую активность и ускоряют развитие корневой системы.

Стимуляторы роста растительного происхождения, такие как экстракты морских водорослей, фитогормоны, пептиды и антиоксиданты, повышают адаптивные возможности растений в условиях климатических аномалий. Применение таких удобрений обеспечивает более высокую устойчивость к засухе, засолению и температурным стрессам.

### **Влияние биоразлагаемых удобрений на качество сельскохозяйственной продукции**

Использование биоразлагаемых удобрений повышает качество продукции за счёт улучшения минерального и органического состава растений. Отсутствие вредных примесей, таких как хлор, тяжёлые металлы или остаточные синтетические соединения, делает урожай безопасным для питания.

Применение биостимулирующих препаратов способствует накоплению полезных веществ: витаминов, аминокислот, микроэлементов и антиоксидантов. Плоды и овощи отличаются лучшими вкусовыми характеристиками, повышенной лежкостью и сниженной восприимчивостью к болезням.

Выраженное влияние наблюдается на содержание нитратов. Плавное высвобождение азота исключает его чрезмерное накопление в тканях растений, что является важным фактором экологического земледелия и пищевой безопасности.

## **Перспективы промышленного внедрения биоразлагаемых удобрений**

Внедрение биоразлагаемых удобрений в агропромышленный комплекс имеет высокий потенциал. Рост мирового спроса на экологичные продукты, ужесточение стандартов качества, развитие органического земледелия и повышение внимания к вопросам экологии стимулируют расширение таких технологий.

Промышленное производство сталкивается с рядом задач, которые требуют решения. Среди них выделяются необходимость улучшения технологических процессов, снижение себестоимости, расширение сырьевой базы и разработка стандартов качества. Однако тенденции указывают на неизбежность распространения биоразлагаемых удобрений в ближайшие десятилетия.

Особый интерес представляет интеграция таких удобрений в интеллектуальные системы питания растений. В сочетании с точным земледелием и агродиагностикой они могут стать основой высокоэффективных агротехнологий, обеспечивающих устойчивый рост урожайности и минимизацию воздействия на окружающую среду.

### **Заключение**

Биоразлагаемые удобрения нового поколения представляют собой важнейший элемент будущего устойчивого сельского хозяйства. Они объединяют в себе природоподобные технологии, экологическую безопасность, высокую агрономическую эффективность и способность к интеграции в биологические процессы почвы. Их применение открывает возможности для перехода к устойчивым моделям земледелия, способным обеспечить мировой рынок экологически чистой и качественной продукцией.

Перспективы биоразлагаемых удобрений связаны с развитием биотехнологий, совершенствованием материалов, расширением применения микробных консорциумов и возникновением инновационных агротехнологий. В условиях глобальных экологических вызовов и роста населения биоразлагаемые удобрения становятся стратегическим инструментом сохранения почвенного плодородия и обеспечения продовольственной безопасности.

### **Литература**

1. Кашин А. С. Агрохимия устойчивого земледелия. М., 2021.
2. Трофимов И. А. Биологизация аграрного производства. СПб., 2020.
3. Жученко А. А. Экологические основы агрохимии. М., 2019.
4. Сидоренко В. Н. Почвенные микроорганизмы и продуктивность агроэкосистем. Новосибирск, 2022.
5. Федотова Е. Н. Инновационные удобрения и биостимуляторы. Краснодар, 2023.



## РОЛЬ ЦИФРОВОЙ ВАЛЮТЫ В МИРОВОЙ ФИНАНСОВОЙ СИСТЕМЕ: ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ТРЕНДЫ, РИСКИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ТРАНСФОРМАЦИИ

**Васильева Марина Дмитриевна**

Студент, кафедра мировой экономики, Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова  
г. Москва, Россия

**Поляков Андрей Сергеевич**

Доцент, кафедра мировой экономики, Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова  
г. Москва, Россия

### Аннотация

Статья посвящена комплексному анализу роли цифровой валюты в современной мировой финансовой системе. Рассматриваются особенности технологической, экономической и институциональной природы цифровых валют, их влияние на монетарную политику, международные расчёты, финансовую стабильность и трансформацию глобальных рынков капитала. Особое внимание уделяется центральнотраншевым цифровым валютам (CBDC), частным криптовалютам, стейблкоинам и цифровым финансовым активам. Показано, что цифровые валюты становятся не только инновационным платёжным инструментом, но и важным фактором геоэкономической конкуренции, новым элементом финансового суверенитета государств и драйвером технологической перестройки инфраструктуры мировых финансов.

**Ключевые слова:** цифровая валюта, CBDC, криптовалюта, стейблкоины, блокчейн, мировая финансовая система, денежно-кредитная политика, цифровые финансы.

### Введение

Развитие цифровой экономики привело к коренному изменению представлений о формах денег, инструментах расчётов и организации мировой финансовой системы. Если в течение столетий деньги эволюционировали от металлических форм к бумажным, а затем к электронным средствам платежа, то в XXI веке развитие криптографических протоколов, распределённых реестров и сетевых вычислений создало предпосылки для появления принципиально нового класса финансовых инструментов — цифровых валют.

Они представляют собой денежные активы, существующие исключительно в цифровой форме и функционирующие на основе информационных технологий.

Особенностью цифровых валют является возможность обеспечивать расчёты без участия посредников, выполнять функции денег в трансграничном пространстве и интегрироваться в разнообразные социально-экономические платформы. Их использование выходит за рамки обычных платежей, оказывая влияние на денежную политику, банковский сектор, организацию государственного надзора, трансграничные операции, потребительское поведение, финансовый мониторинг и вопросы кибербезопасности.

Наиболее значимыми направлениями развития цифровых валют стали криптовалюты, функционирующие без централизованного контроля, а также цифровые валюты центральных банков, которые разрабатываются государствами для повышения финансовой стабильности и адаптации монетарной системы к цифровой среде. Мир входит в эпоху активного соревнования между государственными и частными формами цифровых денег, что создаёт фундаментальные изменения в структуре мировой финансовой архитектуры.

Цель данной статьи — изучить роль цифровых валют в современной мировой финансовой системе в контексте технологических и экономических трендов, оценить риски и возможности, возникающие при их внедрении, а также определить перспективы развития глобальной финансовой инфраструктуры в условиях цифровой трансформации.

### **Технологическая основа цифровых валют**

Цифровая валюта опирается на технологическую платформу, которая формирует её свойства, функциональность и доверительную природу. Блокчейн и другие распределённые реестры обеспечивают прозрачность, устойчивость к подделке, устойчивость к кибератакам и возможность прямых транзакций между участниками без посредников. Это радикально изменяет традиционные схемы финансовых операций, устраняя необходимость в банках как центральных узлах клиринга и расчётов.

Уникальность цифровых валют заключается в том, что каждая транзакция фиксируется в неизменяемой базе данных. Это обеспечивает высокую степень достоверности, сокращает вероятность мошенничества и снижает транзакционные издержки. Технологические решения нового поколения интегрируют интеллектуальные контракты, обеспечивающие автоматическое выполнение финансовых условий без участия человека.

Серьёзное влияние на технологическое развитие цифровых валют оказывают вычислительные мощности, криптографические алгоритмы и энергетические затраты.

Переход от моделей Proof-of-Work к Proof-of-Stake уменьшает потребление энергии, повышает скорость операций и делает цифровые валюты более экологичными, что важно в контексте глобальных климатических инициатив.

Современная цифровая валюта — это сочетание кибербезопасности, алгоритмической инфраструктуры, сетевой организации и протоколов финансовой идентификации. Такая структура делает цифровые активы потенциально более защищёнными, чем традиционные электронные системы платежей, но требует высокой компетентности от разработчиков и регуляторов.

### **Экономическая природа и функции цифровых валют**

Современные цифровые валюты выполняют классические денежные функции: средство обращения, средство накопления и единица измерения стоимости. Однако их экономическая природа значительно шире. Они также выступают инструментом интеграции в глобальное финансовое пространство, заменяют традиционные платёжные инфраструктуры и создают новые модели финансовых отношений.

Одним из важнейших свойств цифровой валюты является её трансграничность. Она функционирует независимо от национальных границ, что делает возможными прямые расчёты между участниками из разных стран без валютной конверсии, банковских комиссий или задержек. Это расширяет возможности мировой торговли, снижает затраты экспортеров и импортеров и повышает скорость международной циркуляции капитала.

Цифровая валюта становится также средством альтернативных инвестиций. Многие криптовалюты и стейблкоины используются как спекулятивные активы, привлекающие инвесторов благодаря высокой волатильности и потенциалу роста стоимости. Однако риски, связанные с такими операциями, остаются значительными, что требует регулирования и повышения финансовой грамотности населения.

Особое значение имеет влияние цифровых валют на денежно-кредитную политику. Их распространение уже меняет модели обращения денег, снижает значение коммерческих банков как монетарных посредников и создаёт необходимость пересмотра роли центральных банков в управлении ликвидностью, инфляцией и стабильностью финансового сектора.

### **Цифровые валюты центральных банков (CBDC)**

Центральные банки активно разрабатывают собственные цифровые валюты как ответ на рост криптовалют и изменение структуры финансовых рынков. CBDC представляют собой электронные аналоги национальных валют, выпускаемые и регулируемые государством. Они предназначены для повышения прозрачности финансовых операций, улучшения контроля над денежными потоками и расширения доступности финансовых услуг.

CBDC обеспечивают государству возможность прямого взаимодействия с населением и бизнесом в денежно-кредитной системе. Это уменьшает роль банковских посредников и снижает риски банковских паник. Центральный банк получает инструменты моментального контроля над денежной массой, гибкого управления ставками, адресных платежей и повышения эффективности фискальной политики.

Важной особенностью CBDC является возможность программируемости. Это открывает возможность создания новых моделей распределения социальных выплат, субсидий, налоговых стимулов и регулятивных механизмов, работающих автоматически. CBDC способны повысить финансовую инклюзивность, обеспечить удобный доступ к цифровым инструментам для социально уязвимых групп и улучшить систему учёта финансовых операций.

Международные CBDC-платформы могут стать основой для новой архитектуры трансграничных расчётов, заменяя традиционные системы SWIFT, CHIPS и TARGET. Это влияет на глобальный баланс сил и формирует новые механизмы международной конкуренции.

### **Частные криптовалюты и стейблкоины в мировой финансовой системе**

Частные цифровые валюты играют важную роль в становлении новой финансовой среды. Криптовалюты, основанные на децентрализации и автономности, демонстрируют альтернативную модель денежного обращения. Они формируют собственные рынки, собственные инфраструктуры и независимые экосистемы.

Стейблкоины занимают промежуточное положение между криптовалютами и традиционными деньгами. Их стоимость привязана к корзине активов или национальной валюте, что делает их более стабильными и удобными для платежей. Стейблкоины стали фундаментом рынка децентрализованных финансов (DeFi), на котором формируются новые инструменты кредитования, страхования, инвестирования и торговых операций.

Однако частные цифровые валюты также создают риски. Волатильность криптовалют приводит к финансовым потерям, отсутствие регулирования делает рынок уязвимым к манипуляциям, а анонимность операций создаёт угрозы отмывания денег и финансирования незаконной деятельности. Это вызывает необходимость разработки международных стандартов надзора.

### **Трансформация мировой финансовой системы под влиянием цифровых валют**

Распространение цифровых валют ведёт к глубокому пересмотру финансовой инфраструктуры. Традиционные банки теряют монополию на проведение платежей, кредитование и хранение средств. Финансовые технологии интегрируют отдельные операции в единые цифровые платформы, создавая конкуренцию для банковских учреждений.

Изменяется структура глобального денежного обращения. Национальные валюты взаимодействуют с цифровыми активами, формируя гибридные денежные системы, в которых традиционные инструменты постепенно уступают место цифровым формам.

Государства вынуждены корректировать законодательство, обновлять системы финансового контроля, адаптировать налоговые режимы и обеспечивать защиту прав потребителей в условиях появления новых инструментов. Параллельно с этим появляется необходимость в кибербезопасности, защите цифровой идентичности, предотвращении кибермошенничества и развитии цифровой грамотности населения.

### **Риски и вызовы распространения цифровой валюты**

Несмотря на значительные преимущества, внедрение цифровых валют сопровождается множеством рисков. Наиболее существенными являются технологические угрозы. Сбои в алгоритмах, ошибки в программировании, уязвимости смарт-контрактов и кибератаки могут привести к масштабным финансовым потерям.

Экономические риски связаны с волатильностью цифровых активов, возможностью резких обвалов рынка и снижением доверия к цифровым платформам. Возникает опасность утраты контроля над денежным обращением в случае чрезмерной популярности частных криптовалют, что может ослабить инструменты монетарной политики.

Правовые риски обусловлены отсутствием единых международных норм. Различия в регулировании создают неопределённость для бизнеса и препятствуют интеграции цифровой валюты в глобальные финансовые структуры. Важным аспектом является также защита персональных данных и предотвращение злоупотреблений.

### **Перспективы цифровых валют в глобальной экономике**

Цифровая валюта становится ключевым элементом будущей финансовой системы. Мир движется к созданию смешанной архитектуры, включающей CBDC, частные цифровые деньги, стейблкоины и токенизированные активы. Возрастает роль цифровой инфраструктуры, международных стандартов и трансграничных платформ.

Ожидается появление новых моделей мировой торговли, основанных на прямых расчётах между компаниями без банковских посредников. Финансовые потоки станут более быстрыми, прозрачными и экономичными. Государства будут конкурировать за создание национальных цифровых валют как инструмента укрепления финансового суверенитета и привлекательности для инвестиций.

В ближайшие десятилетия цифровая валюта станет основой глобальных финансовых технологий, определяя правила взаимодействия между государствами, корпорациями и населением.

## **Заключение**

Цифровая валюта формирует новую парадигму мировой финансовой системы. Технологическая основа распределённых реестров, программируемость денег и возможность прямых расчётов создают предпосылки для радикальной трансформации экономических отношений. Влияние цифровой валюты охватывает денежно-кредитную политику, структуру банковского сектора, международные расчёты, финансовый контроль и глобальную экономическую конкуренцию.

Несмотря на риски и неопределённость, цифровые валюты становятся частью будущего мировой экономики. Их внедрение требует комплексного подхода, включающего развитие законодательства, совершенствование кибербезопасности, формирование международных стандартов и повышение цифровой грамотности населения. В перспективе цифровая валюта может стать фундаментом устойчивой, гибкой и интегрированной глобальной финансовой системы XXI века.

## **Литература**

1. Поляк Г. Б. Международные финансы: современные тенденции. М., 2021.
2. Лаврушин О. И. Деньги, кредит, банки. М., 2020.
3. Печерский М. А. Цифровая экономика и финансовые технологии. СПб., 2022.
4. Смирнов С. А. Блокчейн и цифровые валюты центральных банков. М., 2021.
5. Костин П. Н. Электронные деньги и трансформация финансовой системы. Новосибирск, 2019.



## ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ИСКУССТВЕННОГО МЯСА: БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ, ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ПЛАТФОРМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

**Сидоров Артём Владимирович**

Студент, кафедра биотехнологии пищи и функционального питания,  
Московский государственный университет пищевых производств (МГУПП)  
г. Москва, Россия

**Киреева Елена Петровна**

Доцент, кафедра биотехнологии пищи и функционального питания,  
Московский государственный университет пищевых производств (МГУПП)  
г. Москва, Россия

### Аннотация

Статья посвящена современным технологиям производства искусственного мяса, включающим клеточную агроинженерию, тканевую биотехнологию, ферментативные системы формирования текстуры и растительно-клеточные гибридные платформы. Анализируются научные основы работы с клеточными культурами, биореакторами, питательными средами, факторами дифференцировки, а также методами структурирования тканей, обеспечивающими сходство продукта с традиционным мясом. Отдельное внимание уделяется вопросам безопасности, устойчивого развития, ресурсосбережения, экологических преимуществ и экономических барьеров, ограничивающих массовое внедрение культивируемого мяса. Рассматриваются перспективы развития данной отрасли в контексте глобальной продовольственной безопасности и формирования нового типа пищевой индустрии XXI века.

**Ключевые слова:** искусственное мясо, культивируемое мясо, клеточная биотехнология, биореакторы, тканевая инженерия, питательные среды, устойчивое питание, пищевая индустрия.

### Введение

Производство искусственного, или культивируемого мяса, представляет собой одну из наиболее перспективных и научно насыщенных областей современной пищевой биотехнологии. Рост населения, истощение природных ресурсов, климатические изменения и увеличение спроса на белковые продукты ставят мировую пищевую индустрию перед необходимостью поиска альтернатив

традиционному животноводству. Культивируемое мясо создается в лабораторных условиях путем выращивания мышечных клеток животных без использования живых организмов как источников продукции. Такой подход позволяет значительно снизить экологическое воздействие, уменьшить выбросы парниковых газов, сократить потребление воды и земли, а также обеспечить этическое производство, не связанное с убийством животных.

Идея искусственного мяса основана на фундаментальных принципах клеточной биологии и тканевой инженерии. Клетки животных, помещенные в контролируемую питательную среду, способны размножаться, дифференцироваться и формировать тканевые структуры, аналогичные натуральным мышечным волокнам. Для реализации этих процессов применяются биореакторы, обеспечивающие оптимальные условия для роста клеток, системы микрокарасов, задающих архитектуру ткани, и биохимические факторы, направляющие процессы клеточной дифференциации.

Современные научные достижения позволяют говорить о культивируемом мясе не просто как о лабораторной концепции, но как о реальной промышленной технологии, постепенно входящей в мировую экономику. Однако производство искусственного мяса сопровождается значительными технологическими, экономическими и этическими вызовами. Требуются безопасные, экономичные и масштабируемые питательные среды, эффективные биореакторы, доступные методы формирования текстуры и органолептики, а также доказательная база для оценки физиологического воздействия продукта на организм человека.

В данной статье рассматриваются основные направления развития технологий искусственного мяса, биотехнологические платформы, механизмы клеточного роста и дифференциации, инженерные аспекты производства и перспективы внедрения культивируемой продукции на глобальном рынке продовольствия.

### **Биологические основы культивируемого мяса**

Клеточная биология является фундаментом технологии искусственного мяса, поскольку именно клетки определяют структуру, функциональные свойства и органолептику будущего продукта. В качестве исходного материала используются стволовые клетки или сателлитные клетки мышечной ткани животных. Эти клетки обладают способностью к самообновлению и дифференциации, что позволяет им формировать мышечные волокна, жировые компоненты и соединительную ткань.

Стволовые клетки выделяются из биоптата животного, после чего их переносят в питательную среду, содержащую аминокислоты, глюкозу, соли, витамины, факторы роста и микроэлементы. Питательная среда должна максимально воспроизводить условия внутренней среды организма, обеспечивая клетки энергоносителями, структурными компонентами и регуляторными молекулами.

Традиционно такие среды включали элементы животного происхождения, однако современные разработки направлены на их полную замену синтетическими и растительными аналогами.

Мышечные клетки нуждаются в механических и биохимических стимулах, которые активируют процессы дифференциации и формирования волокон. В естественных условиях мышечные ткани получают такие стимулы через движение и нервную регуляцию. В искусственных условиях подобные эффекты создаются с помощью биореакторов, которые обеспечивают циклическое растяжение, вибрацию, электрическую стимуляцию и направленный поток среды.

### **Технологии биореакторов и среды культивирования**

Биореактор является ключевым элементом производства искусственного мяса. Он представляет собой устройство, обеспечивающее контролируемую среду для роста и развития клеток. Биореакторы поддерживают оптимальную температуру, уровень кислорода, pH, скорость циркуляции среды и механические параметры, необходимые для формирования тканей.

Существуют различные типы биореакторов, применяемых в пищевой биотехнологии: суспензионные, проточные, перфузионные, вращающиеся и микрогравитационные. Каждый из них обладает уникальными характеристиками, определяющими особенности роста клеточных структур. Перфузионные биореакторы обеспечивают постоянный обмен питательной среды, что предотвращает накопление токсинов и обеспечивает равномерное питание. Вращающиеся биореакторы создают режим псевдоневесомости, стимулируя клеточную агрегацию и развитие трёхмерных структур.

Питательные среды представляют собой наиболее дорогостоящий элемент биотехнологического процесса. Современные исследования направлены на создание бесывороточных, полностью синтетических сред, основанных на растительных гидролизатах, аминокислотных смесях, витаминах и микроэлементах. Использование растительных сред снижает стоимость производства и уменьшает зависимость от продуктов животного происхождения, делая процесс более этичным и экологичным.

### **Тканевая инженерия и формирование структуры продукта**

Одним из наиболее сложных технологических этапов является формирование структуры культивируемого мяса. Натуральное мясо обладает сложной многоуровневой архитектурой, включающей мышечные волокна, жировые клетки, соединительную ткань и кровеносные каналы. Для искусственного мяса необходимо воссоздать хотя бы часть этой структуры, обеспечив продукту привычную текстуру, плотность, упругость и вкус.

Ключевую роль в этом процессе играют каркасы, или скэффолды — пористые структуры, обеспечивающие опору для клеточного роста.

Сcaffold может быть изготовлен из коллагена, растительных полисахаридов, альгината, хитозана или синтетических биосовместимых полимеров. Пористость скэффолда определяет величину диффузии питательных веществ и кислорода, а также направление формирования волокон.

Механическая стимуляция является важным фактором, влияющим на качество продукта. Электрическая стимуляция способствует упорядоченному распределению мышечных белков, улучшает сократительные свойства клеток и повышает плотность волокон. Механическое растяжение улучшает структурную организацию и усиливает формирование мышечной ткани.

Жировые клетки придают продукту сочность, аромат и характерный вкус. В современных гибридных технологиях растительные жиры комбинируются с клеточно-культивируемыми структурами, что повышает органолептические характеристики и снижает стоимость производства.

### **Органолептические и функциональные свойства искусственного мяса**

Одной из ключевых задач является создание искусственного мяса, которое будет приемлемым для потребителей по вкусу, запаху, текстуре и пищевой ценности. Сочетание мышечной и жировой ткани должно обеспечивать характерные органолептические качества. Важную роль играют аминокислотный состав, содержание витаминов и минеральных веществ, а также наличие вторичных метаболитов, влияющих на ароматические оттенки.

Культивируемое мясо обладает потенциально более безопасным составом, поскольку в процессе производства исключается риск заражения паразитами, патогенной микрофлорой и химическими загрязнителями. При этом биотехнологи могут регулировать содержание жиров, включая омега-3-жирные кислоты, снижать долю насыщенных жиров и улучшать аминокислотный профиль.

Для достижения натурального вкуса применяются ферментативные системы, моделирующие процессы, происходящие при созревании традиционного мяса. Ферменты формируют ароматические соединения, отвечающие за характерные ноты жареного мяса, вкус умами и текстуру.

### **Экологические и экономические аспекты производства**

Производство искусственного мяса представляет значительный экологический потенциал. Оно может снизить использование земли, воды и энергии, а также уменьшить выбросы парниковых газов. Уменьшение потребности в животноводстве способствует защите экосистем, предотвращению вырубке лесов и сохранению биоразнообразия.

Однако экономические вопросы остаются ключевым препятствием на пути к массовому внедрению технологии. Питательные среды и биореакторы остаются дорогостоящими, процессы требуют высокой энергозатратности, а масштабирование производства сопряжено с рядом технологических сложностей. Несмотря на это, ожидается, что развитие биотехнологий, создание новых материалов, оптимизация ферментативных процессов и интеграция искусственного интеллекта значительно снизят стоимость производства в ближайшие десятилетия.

## **Перспективы развития технологий искусственного мяса**

Будущее культивируемого мяса связано с инновациями в клеточной инженерии, генетике, биоматериалах и автоматизации. Значительное внимание уделяется созданию производств промышленного масштаба, способных выпускать тысячи тонн продукции. Разрабатываются новые клеточные линии, которые будут быстрее расти, лучше адаптироваться к синтетическим средам и обладать повышенной стабильностью. Генетические технологии позволяют улучшать пищевую ценность клеток без использования трансгенных методов.

Важным направлением является создание гибридных продуктов, в которых клеточные структуры сочетаются с растительными белками и жирами. Такой подход делает производство более экономичным, увеличивает массовость и улучшает органолептические свойства.

Современная пищевая индустрия постепенно принимает культивируемое мясо как часть глобальной стратегии по обеспечению продовольственной безопасности. Многие государства инвестируют в исследования, создают центры клеточной агроинженерии и разрабатывают законодательные рамки, регулирующие производство искусственного мяса.

## **Заключение**

Технологии производства искусственного мяса представляют собой один из наиболее значимых прорывов в пищевой индустрии XXI века. Они объединяют достижения клеточной биологии, генетики, биоматериаловедения, биореакторостроения и пищевой химии, формируя новое направление устойчивого производства продуктов питания. Культивируемое мясо предоставляет возможность создать безопасную, экологичную и этически приемлемую альтернативу традиционному животноводству.

Несмотря на сохраняющиеся проблемы — высокую стоимость, необходимость масштабирования, сложности текстурирования и получение полноценной органолептики — научные исследования демонстрируют уверенный прогресс. Искусственное мясо становится частью будущей глобальной продовольственной системы, способной обеспечить население планеты высококачественным белком при минимальной нагрузке на окружающую среду.

## Литература

1. Невская Л. А. Биотехнологические основы культивирования клеток животных. М., 2021.
2. Брызгалова Е. И. Пищевая биотехнология: современные тенденции производства белковых продуктов. СПб., 2020.
3. Галкин А. С. Биореакторы и клеточные культуры: инженерные решения. Новосибирск, 2022.
4. Кудрявцев И. Н. Технология альтернативных продуктов питания. М., 2019.
5. Суворов А. П. Функциональные пищевые системы и инновации XXI века. М., 2021.



## РАЗРАБОТКА НОВЫХ ПИЩЕВЫХ ДОБАВОК НА ОСНОВЕ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

**Петрова Дарья Алексеевна**

Студент, кафедра пищевой биотехнологии, Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики (Университет ИТМО)  
г. Санкт-Петербург, Россия

**Борисов Андрей Геннадьевич**

Доцент, кафедра пищевой биотехнологии, Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики (Университет ИТМО)  
г. Санкт-Петербург, Россия

### Аннотация

Статья посвящена современным направлениям разработки пищевых добавок, созданных на основе растительного сырья, с акцентом на биохимические, технологические и функциональные характеристики таких компонентов. Рассматриваются тенденции перехода от синтетических добавок к натуральным и биологически активным веществам, изучаются экологические, экономические и технологические предпосылки, которые определяют востребованность растительных ингредиентов. Особое внимание уделено вопросам безопасности, устойчивости, биологической активности, влияния на здоровье человека и внедрения растительных добавок в пищевую промышленность. Подчеркивается, что растительные добавки играют ключевую роль в формировании нового стандарта питания, основанного на принципах функциональности, экологичности, персонализированного здоровья и устойчивого производства.

**Ключевые слова:** растительное сырьё, пищевые добавки, натуральные компоненты, биохимические свойства, антиоксиданты, функциональное питание, пищевая промышленность, биотехнология.

### Введение

Современная пищевая промышленность переживает глубокую трансформацию, связанную с изменением представлений о роли питания в здоровье человека. В течение многих десятилетий пищевые добавки ассоциировались преимущественно с синтетическими соединениями, направленными на улучшение вкуса, цвета, консистенции или увеличения срока хранения продуктов.

Однако рост заболеваемости, связанной с нарушениями обмена веществ, повышением уровня аллергий, хроническим воспалением и дефицитом микронутриентов, вызвал потребность в переходе к более натуральным, биологически активным и физиологически обоснованным ингредиентам.

Пищевые добавки растительного происхождения становятся ключевым направлением инноваций благодаря своей экологичности, функциональности и безопасности. Растительное сырье содержит широкий спектр биологически активных соединений, включая полифенолы, флавоноиды, органические кислоты, витамины, эфирные масла, пищевые волокна и природные пигменты. Эти вещества обладают антиоксидантными, противовоспалительными, антимикробными и метаболически регулирующими свойствами, что позволяет использовать их не только как технологические компоненты, но и как элементы профилактического питания.

Разработка новых пищевых добавок на основе растительных источников требует междисциплинарного подхода, включающего биохимию растений, биотехнологию, пищевую химию, технологию переработки, токсикологию, нутрицевтику и экологию. Переход к растительным ингредиентам связан также с глобальными тенденциями устойчивого развития, снижением углеродного следа, уменьшением использования синтетических веществ и повышением качества питания населения.

В данной статье рассматриваются фундаментальные подходы к созданию растительных пищевых добавок, исследуются технологические принципы получения натуральных ингредиентов, анализируются биологические свойства растительных соединений и обсуждаются перспективы дальнейшего развития данной области.

### **Биохимические основы растительных пищевых добавок**

Разработка пищевых добавок начинается с изучения биохимического состава растительного сырья и оценки его физиологической значимости. Растения синтезируют широкий набор веществ, которые могут выполнять функциональные роли в организме человека. Важнейшими являются полифенольные соединения, обладающие антиоксидантными свойствами. Они участвуют в нейтрализации свободных радикалов, снижении воспалительных процессов и защите клеточных структур от повреждений. Полифенолы располагаются в кожуре, семенах, листьях и цветках растений, их содержание зависит от вида, сорта, климатических условий и технологий выращивания.

Флавоноиды, относящиеся к классу полифенолов, обладают разнообразными биологическими эффектами, включая укрепление сосудистой стенки, улучшение микроциркуляции, модуляцию иммунитета и замедление процессов старения. Антоцианы, отвечающие за красный, фиолетовый и синий цвет растительных тканей, активно применяются в качестве натуральных красителей и элементов

функционального питания. Дубильные вещества обладают антибактериальной активностью и могут использоваться для улучшения стойкости продуктов.

Органические кислоты, такие как яблочная, лимонная, янтарная и винная, стабилизируют кислотность, препятствуют росту патогенной микрофлоры и улучшают вкусовые свойства. Они также участвуют в энергетическом обмене человека, выступая промежуточными метаболитами циклов биохимических реакций.

Эфирные масла представляют собой концентрированные ароматические соединения с выраженной антимикробной и антиоксидантной активностью. Их используют как натуральные усилители вкуса и аромата, а также как элементы природной консервации.

Отдельную группу составляют пищевые волокна, которые обеспечивают нормальную работу кишечника, способствуют снижению уровня холестерина, замедляют всасывание углеводов и поддерживают рост симбиотических микроорганизмов. Волокна также улучшают структуру пищевых продуктов, повышая их технологические характеристики.

Витамины и минералы, полученные из растительного сырья, обладают высокой биодоступностью и устойчивостью при технологической переработке. Их естественная форма восприятия организмом делает растительные источники предпочтительными в сравнении с синтетическими аналогами.

### **Технологические методы получения растительных добавок**

Технология производства растительных пищевых добавок основывается на последовательности процессов, направленных на выделение, концентрирование и стабилизацию биологически активных компонентов. Наиболее распространённым методом является экстракция, которая выполняется с использованием воды, спиртов, углекислого газа или смешанных растворителей. Выбор метода зависит от типа соединения, его растворимости и требуемой степени очистки. Водная экстракция подходит для гидрофильных соединений, спиртовая — для полифенолов, а сверхкритическая CO<sub>2</sub>-экстракция позволяет получить эфирные масла и липидные фракции высокого качества.

Сушка растительного сырья включает конвективные, вакуумные, сублимационные и инфракрасные методы. Каждый метод влияет на сохранность витаминов, пигментов, ароматических веществ и антиоксидантов. Сублимационная сушка считается наиболее щадящей, поскольку позволяет сохранить природную структуру и активность соединений.

Гомогенизация и микрокапсулирование выполняют функции стабилизации чувствительных веществ. Микрокапсулы защищают активные компоненты от окисления, ультрафиолетового воздействия, влаги и высоких температур.

Они обеспечивают пролонгированное высвобождение веществ в пищеварительном тракте и увеличивают срок хранения.

Ферментативная обработка позволяет изменять структуру растительных компонентов и повышать их биодоступность. Ферменты разрушают клеточные стенки, способствуют высвобождению полифенолов и улучшению усвояемости пищевых волокон. Использование ферментов также помогает формировать новые соединения, обладающие различными функциональными свойствами.

Контроль качества растительных добавок включает оценку безопасности, микробиологического состояния, остаточных растворителей, токсинов, содержания тяжёлых металлов и проверку на аллергенность. Это важнейшая часть процесса, обеспечивающая соответствие международным стандартам.

### **Функциональные свойства растительных пищевых добавок**

Одним из главных преимуществ растительных добавок является их способность участвовать в регуляции физиологических процессов организма. Антиоксидантные свойства полифенолов значительно уменьшают окислительный стресс, который играет важную роль в развитии сердечно-сосудистых, нейродегенеративных и онкологических заболеваний. Растительные антиоксиданты помогают поддерживать нормальное функционирование клеточных мембран, предотвращают повреждение ДНК и замедляют развитие воспаления.

Противовоспалительные свойства многих растительных соединений делают их полезными в профилактике хронических заболеваний. Флавоноиды, терпеноиды и фенольные кислоты способны снижать выработку провоспалительных цитокинов и уменьшать активность ферментов воспаления. Это особенно важно при современном образе жизни, характеризующемся высокой нагрузкой на иммунную систему.

Антимикробные свойства растительных добавок применяются в натуральной консервации. Эфирные масла лаванды, розмарина, тимьяна, корицы и других растений препятствуют размножению патогенных микроорганизмов, снижая потребность в синтетических консервантах.

Регуляция обмена веществ является ещё одним важным направлением использования растительных добавок. Пищевые волокна нормализуют работу кишечника, способствуют снижению уровня глюкозы в крови, стимулируют рост полезной микрофлоры и помогают контролировать массу тела. Липидные соединения растительного происхождения уменьшают уровень холестерина и улучшают состояние сердечно-сосудистой системы.

Растительные пигменты, такие как каротиноиды, антоцианы и хлорофилл, не только выполняют декоративные функции, но и обладают уникальными биологическими свойствами.

Каротиноиды играют роль антиоксидантов и поддерживают здоровье кожи и зрения, антоцианы улучшают кровообращение, а хлорофилл способствует детоксикации организма.

### **Пищевая безопасность и токсикологическая оценка растительных добавок**

Безопасность растительных пищевых добавок является ключевым требованием для их использования в пищевой промышленности. Несмотря на природное происхождение, растительные соединения могут иметь токсические свойства при неправильной дозировке или отсутствии должного контроля. Некоторые растения содержат алкалоиды, гликозиды и другие биологически активные вещества, требующие строгой стандартизации.

Токсикологическая оценка включает изучение острой и хронической токсичности, аллергенного потенциала, мутагенности, канцерогенности и взаимодействия с другими добавками. Исследования проводятся *in vitro*, *in vivo* и с помощью компьютерных моделей. Особое внимание уделяется безопасности для уязвимых групп населения, включая детей, беременных женщин и людей с хроническими заболеваниями.

Стандартизация растительных добавок обеспечивает стабильное содержание активных веществ и позволяет разработчикам гарантировать одинаковое качество продукции. Это особенно важно при использовании экстрактов и концентратов, где естественная вариабельность сырья может приводить к значительным отличиям в составе.

### **Экологический аспект производства растительных пищевых добавок**

Экологичность является одним из ключевых преимуществ растительных пищевых добавок. Использование растительного сырья способствует снижению углеродного следа, уменьшает потребность в синтетических химикатах и стимулирует развитие устойчивых сельскохозяйственных технологий. Органическое земледелие, применение биологических средств защиты растений и переработка отходов способствуют созданию более экологически чистых производств.

Переработка растительного сырья часто связана с использованием побочных продуктов сельского хозяйства, таких как кожура, семена, стебли и листья. Это снижает количество отходов и делает производство более эффективным. Использование возобновляемых ресурсов также способствует устойчивому развитию регионов.

### **Перспективы развития растительных пищевых добавок**

Современные тенденции развития пищевой промышленности указывают на растущий спрос на натуральные, функциональные и безопасные пищевые добавки.

Научные исследования направлены на изучение комбинированных эффектов растительных соединений, разработку новых методов экстракции, повышение биодоступности активных веществ и создание персонализированных формул для конкретных групп населения.

Применение биотехнологии, генетических методов и искусственного интеллекта открывает новые горизонты в разработке растительных добавок. Искусственные нейронные сети помогают моделировать биохимические взаимодействия, оптимизировать состав смесей и прогнозировать их физиологические эффекты.

Ожидается рост направления функциональных продуктов питания, содержащих растительные антиоксиданты, пигменты, волокна, ферменты и биологически активные соединения. Индустрия постепенно переходит к разработке продуктов, направленных на поддержку иммунитета, улучшение метаболизма, борьбу со стрессом, предотвращение хронических заболеваний и повышение качества жизни.

## **Заключение**

Разработка пищевых добавок на основе растительного сырья представляет собой перспективное направление пищевой биотехнологии, основанное на принципах экологичности, безопасности, функциональности и научно обоснованного подхода. Растительные соединения обладают широким спектром биологической активности, что делает их ценной альтернативой синтетическим добавкам. Их применение способствует улучшению качества питания, укреплению здоровья населения, сокращению использования химических веществ и переходу к более устойчивому производству.

Дальнейшее развитие области связано с совершенствованием методов обработки сырья, повышением биодоступности активных веществ, интеграцией биотехнологических подходов и расширением научных исследований. Растительные пищевые добавки становятся важной частью современной пищевой индустрии и формируют новый стандарт питания, ориентированный на здоровье, экологичность и функциональность.

## **Литература**

1. Позняковский В. М. Пищевые добавки: свойства и применение. Новосибирск, 2021.
2. Тутельян В. А., Княжев В. А. Биологически активные вещества растений. М., 2020.
3. Скурихин И. М., Шатерников В. А. Химия пищи и пищевая ценность продуктов. М., 2019.
4. Белоусов А. С. Технология растительных экстрактов. СПб., 2022.
5. Ермаков А. И. Методы биохимического анализа растительного сырья. М., 2020.



## ТЕХНОЛОГИЯ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ В ПРОМЫШЛЕННОМ И ИНЖЕНЕРНОМ МОДЕЛИРОВАНИИ

**Сопыев Ыхлас Аразделдиевич**

Преподаватель, Туркменский государственный университет имени Махтумкули  
г. Ашхабад Туркменистан

### Аннотация

Технология цифровых двойников стремительно трансформирует архитектуру современного промышленного производства и инженерного анализа, создавая возможности для прогнозирования поведения систем, оптимизации процессов, предупреждения аварий и повышения эффективности эксплуатации. Цифровой двойник представляет собой виртуальную модель реального объекта, функционирующую в режиме постоянного обмена данными с физическим прототипом. Благодаря развитию IoT-сенсоров, облачных вычислений, искусственного интеллекта и высокопроизводительных систем моделирования цифровой двойник стал фундаментом концепции Индустрии 4.0. В статье проводится глубокий анализ теоретических принципов создания цифровых двойников, методов построения математических моделей, архитектуры данных, вычислительных платформ и алгоритмов адаптивного прогнозирования. Особое внимание уделено применению цифровых двойников в инженерии, энергетике, машиностроении, городских инфраструктурах и системах жизненного цикла зданий. Рассматриваются вопросы безопасности данных, стандартизации технологий, интеграции с искусственным интеллектом и перспективы развития технологии в ближайшие десятилетия.

**Ключевые слова:** цифровой двойник, промышленное моделирование, цифровые технологии, инженерный анализ, искусственный интеллект, киберфизическая система, Индустрия 4.0, моделирование жизненного цикла.

### Введение

Переход к цифровой экономике сопровождается фундаментальными изменениями в способах создания, эксплуатации и модернизации промышленных объектов. Технология цифровых двойников стала одним из ключевых достижений XXI века и фактически определяет новое направление развития инженерных наук. Цифровой двойник представляет собой синтез физической модели, математических законов, больших массивов данных, виртуальных симуляций и интеллектуальных алгоритмов прогнозирования.

Это не статичная модель, а динамическая вычислительная система, которая в реальном времени отражает состояние объекта и способна предсказывать его будущие изменения.

В современном промышленном производстве количество процессов, которые требуют высокоточной диагностики и адаптивного анализа, непрерывно увеличивается. Сложность оборудования, рост требований к энергоэффективности, необходимость предупреждения аварий и минимизации экономических потерь делают цифровые двойники неотъемлемым элементом инженерной инфраструктуры. Цифровой двойник позволяет анализировать функционирование оборудования без остановки производства, оптимизировать управление, улучшать ресурсные показатели, определять потенциальные риски и автоматически формировать рекомендации для операторов.

Технология цифровых двойников возникла на стыке нескольких научных направлений: вычислительной математики, механики сплошных сред, систем автоматизации, искусственного интеллекта, робототехники, телекоммуникаций и инженерного проектирования. С одной стороны, цифровой двойник опирается на строгие физические модели — уравнения Навье–Стокса, термодинамические законы, модели динамики данных, тепловые процессы, граничные условия и т. д. С другой стороны, он использует статистическую аналитику, нейросетевые предикторы, машинное обучение и методы оптимизации. Это делает цифровой двойник гибридной системой, объединяющей детерминированные и вероятностные подходы к моделированию.

В условиях глобальной индустриальной трансформации цифровые двойники становятся инструментом, позволяющим предприятиям повышать конкурентоспособность, увеличивать надёжность и создавать интеллектуальные производственные среды. Они позволяют перейти от реактивного управления к предиктивному, сокращая затраты на обслуживание оборудования, повышая производительность и обеспечивая безопасность технологических процессов. Всё это делает изучение цифровых двойников важной научной и практической задачей современности.

### **Теоретические основы технологии цифровых двойников**

Понятие цифрового двойника основывается на идее тесной связи между физическим объектом и его виртуальной моделью. В теоретическом плане цифровой двойник представляет собой многослойную систему, включающую математическое описание объекта, структуры данных, правила обработки и алгоритмы анализа. Его ключевая особенность заключается в способности непрерывно обновляться благодаря поступающим сенсорным данным.

В основе цифрового двойника лежат математические модели. Они могут быть детерминированными (основанными на физических законах) и статистическими (основанными на данных).

В инженерии часто используют гибридные модели, сочетающие преимущества обоих подходов. Детерминированные модели обеспечивают точность в воспроизведении реальных процессов, а статистические позволяют адаптировать модель к наблюдаемым данным и учитывать факторы, которые трудно выразить аналитически.

С точки зрения системного анализа цифровой двойник является элементом киберфизической системы. Он включает физическое ядро (реальный объект), виртуальное ядро (математическая модель), сенсорную инфраструктуру, коммуникационный слой, системы управления и аналитический модуль. Коммуникационный слой обеспечивает синхронизацию состояния объекта с его виртуальным прототипом. Аналитический модуль отвечает за прогнозирование, оптимизацию и автоматизацию принятия решений.

Цифровой двойник должен обладать высокой степенью детализации и гибкостью. Он может описывать как отдельный элемент оборудования — двигатель, насос, турбину, так и целую производственную линию или даже городской квартал. Уровень детализации зависит от задачи: прогнозирование износа требует одних параметров, оптимизация энергопотребления — других.

Таким образом, теория цифровых двойников объединяет фундаментальные математические методы, принципы системного анализа, вычислительную механику и алгоритмы машинного обучения, создавая основу для разработки точных, адаптивных и интеллектуальных моделей.

## **Математические модели и симуляции**

Математическое моделирование является ядром цифрового двойника. Оно включает физические уравнения, которые описывают поведение объекта, и алгоритмы, которые решают эти уравнения численными методами. В инженерном моделировании широко используются методы конечно-элементного анализа (FEA), вычислительной гидродинамики (CFD), теплового анализа, динамики конструкций, вибродиагностики и электромагнитного моделирования.

Метод конечных элементов позволяет разделить сложную структуру на мелкие ячейки — элементы, для которых решаются локальные уравнения механики. Благодаря этому возможно моделировать деформации, напряжения, колебания и разрушения конструкций. CFD-моделирование изучает поведение жидкостей и газов: турбулентные потоки, тепломассообмен, аэродинамику. Такие симуляции применяются для проектирования авиационных двигателей, трубопроводных систем, реакторов, турбин и теплообменников.

Математические модели интегрируются с поступающими от сенсоров данными. Это позволяет уточнять параметры модели, корректировать граничные условия и компенсировать несовершенства моделирования. Например, тепловая модель двигателя может корректироваться данными о фактическом температурном режиме, а модель износа — показаниями вибрационных датчиков.

Цифровой двойник может включать несколько уровней моделирования. Макромодели описывают поведение объекта в целом, микромодели — процессы на уровне материала, молекулярные модели — межатомные взаимодействия. Интеграция таких уровней позволяет проводить многомасштабные симуляции и получать более точные прогнозы.

## **Инфраструктура данных и сенсорные системы**

Основой цифрового двойника является поток данных, который создаёт его "живую" динамику. Сенсорные системы собирают информацию о температуре, давлении, вибрациях, нагрузках, скорости потока, концентрациях веществ и множестве других параметров. Эти данные передаются в цифровую платформу, где анализируются, структурируются и используются для обновления модели.

Современные промышленные сенсоры обладают высокой точностью и длительным сроком службы. Они могут быть встроены в оборудование на этапе проектирования или добавлены во время модернизации. Беспроводные коммуникации — Wi-Fi, LoRaWAN, NB-IoT — обеспечивают передачу данных даже на удалённых объектах.

Системы хранения данных должны быть масштабируемыми и надёжными. Для цифровых двойников используют облачные платформы, распределённые базы данных, системы потоковой обработки, временные ряды и цифровые архивы. Важную роль играет интеграция данных с машинным обучением: чем больше данных собирает цифровой двойник, тем точнее становятся его прогнозы.

## **Интеллектуальные алгоритмы и машинное обучение**

Цифровой двойник не просто отображает состояние объекта — он анализирует данные, выявляет закономерности и прогнозирует поведение. Для этого используются методы искусственного интеллекта: нейронные сети, регрессионные модели, кластеризация, деревья решений, байесовские модели и алгоритмы оптимизации.

Машинное обучение позволяет адаптировать модели к реальным условиям эксплуатации. Например, нейросеть может обучиться прогнозировать вероятность отказа оборудования на основе исторических данных. Алгоритмы кластеризации могут выявлять аномальные режимы работы. Оптимизационные методы позволяют находить минимальное энергопотребление при заданных производственных параметрах.

Интеграция искусственного интеллекта в цифровые двойники делает возможным создание автономных систем. Они способны самостоятельно регулировать процессы, принимать решения и оптимизировать работу оборудования.

## **Применение цифровых двойников в промышленности и инженерии**

Технология цифровых двойников применяется во многих областях: машиностроении, авиации, энергетике, химической промышленности, строительстве, городской инфраструктуре и медицине.

В машиностроении цифровые двойники используются для мониторинга состояния оборудования, защиты от аварий, оптимизации обслуживания и проектирования новых систем. В авиации они позволяют моделировать поведение двигателей, оценивать нагрузку на конструкцию и прогнозировать износ компонентов. В энергетике они применяются для анализа работы турбин, котлов, тепловых сетей и электростанций.

В строительстве цифровые двойники зданий позволяют управлять жизненным циклом объектов, оптимизировать энергопотребление, проводить диагностику и прогнозировать техническое состояние конструкций. В городской инфраструктуре цифровые двойники помогают моделировать транспортные потоки, сети теплоснабжения, водоснабжения и электроснабжения.

## **Безопасность, стандартизация и проблемы развития**

Несмотря на огромный потенциал, технология цифровых двойников сталкивается с рядом проблем. Главная из них — безопасность данных. Поскольку цифровой двойник связан с реальным объектом, атака на цифровую систему может вызвать реальные последствия. Поэтому требуется защита сетей, шифрование, контроль доступа и устойчивость к кибератакам.

Вторая проблема — стандартизация. В разных отраслях используются различные платформы, форматы данных и протоколы. Необходимы международные стандарты, чтобы цифровые двойники могли взаимодействовать между собой.

Третья проблема — высокая стоимость внедрения. Для создания точного цифрового двойника требуется сложное оборудование, мощные серверы и квалифицированные специалисты. Однако в долгосрочной перспективе затраты окупаются благодаря повышению эффективности.

## **Перспективы развития технологии**

Развитие цифровых двойников связано с искусственным интеллектом, квантовыми вычислениями, 5G/6G-технологиями и бионическими сенсорами. В ближайшие десятилетия цифровые двойники станут основой полностью автономных производств. Появятся двойники людей — для медицины, спорта, реабилитации. Городские цифровые двойники будут управлять транспортом, энергосетями и ресурсами.

В будущем цифровые двойники станут частью единого цифрового пространства, охватывающего все сферы жизни — промышленность, образование, медицину, энергетику, строительство и управление городами.

## **Заключение**

Технология цифровых двойников стала ключевым элементом цифровой трансформации промышленности и инженерии. Она объединяет математическое моделирование, сенсорные системы, искусственный интеллект и автоматизированные системы управления. Благодаря цифровым двойникам предприятия переходят к предиктивному обслуживанию, оптимизации процессов и созданию высокоэффективной инфраструктуры.

Цифровые двойники являются фундаментом Индустрии 4.0 и станут одним из главных направлений технологического прогресса XXI века.

## **Литература**

1. Гусев В. И. Цифровые двойники в промышленности. — М.: Наука, 2021.
2. Лаптев С. А. Индустрия 4.0 и интеллектуальные системы управления. — СПб.: Питер, 2022.
3. Баженов А. А., Трофимов В. М. Математическое моделирование инженерных систем. — М.: Физматлит, 2020.
4. Digital Twin Consortium. Reference Architecture Report, 2023.
5. Siemens Digital Industries. Digital Twin Technologies Overview, 2022.



## ТЕХНОЛОГИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ И УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

**Дурдыев Акмырат Гурбанович**

Преподаватель, Туркменский институт государственной пограничной службы  
г. Ашхабад Туркменистан

**Дурдыев Рахым Акмырадович**

Преподаватель, Туркменский государственный университет имени Махтумкули  
г. Ашхабад Туркменистан

### Аннотация

Развитие возобновляемой энергетики стало ключевым направлением глобальной технологической трансформации XXI века. В условиях нарастающего энергетического спроса, истощения традиционных углеводородных ресурсов и ухудшения экологической ситуации возобновляемые источники энергии (ВИЭ) приобретают стратегическое значение. Технология возобновляемой энергетики рассматривается как многоуровневый комплекс научных, инженерных и экономических подходов, направленных на создание устойчивой энергетической системы. В статье подробно анализируются принципы функционирования современных ВИЭ, интеллектуальные системы управления энергопотоками, материалы нового поколения, цифровые платформы прогнозирования и методы интеграции распределённой генерации в энергосистемы. Также рассматривается роль ВИЭ в устойчивом развитии общества, включая социально-экономические, экологические и технологические аспекты. Особое внимание уделено проблемам хранения энергии, прогнозированию выработки, системам балансировки, архитектуре «умных сетей» и моделированию жизненного цикла энергетических объектов.

**Ключевые слова:** возобновляемая энергетика, устойчивое развитие, солнечная энергетика, ветровая энергетика, гидроэнергетика, интеллектуальные энергосистемы, аккумуляторные технологии, энергетический переход.

### Введение

Мировая энергетика переживает радикальный переход от централизованных систем, основанных на ископаемом топливе, к гибким и интеллектуальным сетям, включающим распределённые возобновляемые источники.

Стремление обеспечить энергетическую безопасность, снизить выбросы углекислого газа и создать экономически устойчивые модели развития заставляет государства, корпорации и научные центры ускорять внедрение технологий, основанных на солнце, ветре, биомассе, геотермальных и морских ресурсах. Возобновляемая энергетика перестала быть вспомогательной отраслью и стала ключевым элементом долгосрочного развития мировой экономики.

Современная энергетическая система характеризуется высокой нагрузкой, значительными колебаниями спроса и возрастающей сложностью инфраструктуры. Использование традиционных энергоресурсов становится всё менее эффективным: добыча нефти смещается в труднодоступные регионы, газовая промышленность требует модернизации, а угольная отрасль сталкивается с экологическими ограничениями. На этом фоне ВИЭ становятся не просто альтернативой, а необходимостью, обеспечивающей стабильный переход к низкоуглеродной экономике.

Технология возобновляемой энергетики включает не только генерацию, но и инструменты цифрового управления, интеллектуальные системы прогнозирования, инновационные материалы, методы хранения энергии, а также научные подходы к проектированию, моделированию и эксплуатации энергетических объектов. Устойчивое развитие рассматривается как интеграция экологической безопасности, экономической целесообразности и социальной справедливости, объединённых в единую концепцию системного роста.

### **Теоретические основы возобновляемой энергетики и концепции устойчивого развития**

Возобновляемая энергетика опирается на несколько фундаментальных физико-технических принципов, связанных с преобразованием природных потоков энергии. Основой солнечной энергетики является фотоэлектрический эффект, описывающий способность полупроводников генерировать электричество под воздействием солнечного излучения. Ветровая энергетика базируется на механике газовых потоков и принципах аэродинамики, а гидроэнергетика использует потенциал воды и кинетику её движения.

Понятие устойчивого развития появилось в конце XX века в связи с необходимостью гармоничного взаимодействия экономики, общества и природы. В энергетическом контексте устойчивость означает способность удовлетворять текущие потребности, не лишая будущие поколения возможности пользоваться природными ресурсами. Технологии возобновляемой энергетики позволяют значительно снизить углеродный след, уменьшить техногенные риски и создать сбалансированную систему энергообеспечения.

Научно-технической основой устойчивого развития является системный подход, включающий моделирование энергетических процессов, оценку жизненного цикла оборудования, анализ рисков, прогнозирование потребления и формирование механизмов перераспределения ресурсных потоков.

### **Солнечная энергетика: материалы, технологии и адаптивные системы управления**

Солнечная энергетика является наиболее быстрорастущим сегментом ВИЭ. Главной причиной является значительное снижение стоимости фотоэлектрических панелей, рост эффективности преобразования энергии и появление новых типов материалов. Традиционные кремниевые панели достигли технологической зрелости, но продолжают совершенствоваться благодаря применению монокристаллических структур, нанопокровов, перовскитных слоёв и гибридных элементов.

Современные солнечные станции включают массив сенсоров, измеряющих температуру модулей, уровень освещённости, направление потоков, параметры инверторов, состояние аккумуляторов. Эти данные позволяют автоматическим системам адаптировать угол наклона панелей, распределять нагрузку между аккумуляторами и сетью, оптимизировать энергопотребление предприятий и жилых домов.

Перспективные исследования в солнечной энергетике связаны с фотоэлектрохимическими элементами, преобразующими солнечную энергию не только в электричество, но и в химическую форму, например водород. Такие системы открывают путь к созданию полностью автономных энергетических комплексов, сочетающих генерацию, хранение и транспортировку энергии.

### **Ветровая энергетика и аэродинамическая оптимизация генераторов**

Ветровые станции играют ключевую роль в странах с высокой скоростью ветра и протяжённой береговой линией. Современные ветрогенераторы представляют собой сложные инженерные системы, включающие интеллектуальные датчики, системы стабилизации, механизмы поворота лопастей и турбины, а также платформы для анализа вибраций, температуры и нагрузки.

Аэродинамическая оптимизация турбин направлена на максимальное снятие энергии с воздушного потока при минимальном сопротивлении и шуме. Использование углеродных композитов и бионических структур уменьшает массу лопастей и увеличивает их прочность.

Отдельное направление развития ветровой энергетики связано с офшорными (морскими) станциями. На больших глубинах применяются плавающие платформы, удерживаемые якорными системами. Благодаря стабильным ветровым потокам на морских площадках вырабатываемая энергия отличается высокой предсказуемостью.

## **Гидроэнергетика и технологии низконапорных систем**

Гидроэнергетика включает крупные плотины, мини-ГЭС и низконапорные турбины. Несмотря на высокий потенциал ГЭС, новые проекты направлены на снижение экологических рисков: использование рыбоходных систем, частичное регулирование потока и маломасштабные установки без строительства плотин. Это позволяет уменьшить воздействие на экосистемы и сохранить водные ресурсы.

Современные низконапорные турбины работают в условиях небольших перепадов высот, обеспечивая электроэнергию для удалённых поселений и производственных объектов. Их конструкция включает магнитные подшипники, высокоэффективные генераторы и интеллектуальные системы контроля.

## **Биомасса, геотермальная энергия и морские энергетические установки**

Энергия биомассы основана на переработке органических отходов: сельскохозяйственных культур, древесины, бытовых отходов и животноводческой продукции. Биогазовые установки производят тепло, электроэнергию и продукты, используемые в сельском хозяйстве.

Геотермальная энергия применяется в районах повышенной вулканической активности. Она обеспечивает стабильное тепло и позволяет вырабатывать энергию круглосуточно. Морская энергетика включает использование волн, приливов, течений и температурного градиента океана. Технологии пока находятся на этапе развития, но имеют значительный долгосрочный потенциал.

## **Проблема хранения энергии и роль аккумуляторных технологий**

Одной из наиболее сложных задач современной возобновляемой энергетики является обеспечение стабильности энергоснабжения при высокой доле переменных источников. Солнечные и ветровые электростанции обладают выраженной непостоянностью выработки: солнечный поток зависит от времени суток, погодных условий и сезона, а энергия ветра — от скорости и направления воздушных масс. В условиях увеличения интеграции ВИЭ в мировую энергосистему ключевым фактором становится создание высокотехнологичных систем хранения энергии, способных аккумулировать избытки генерации и высвободить их в периоды повышенного спроса.

Современные аккумуляторные технологии представляют собой многокомпонентный комплекс инженерных решений, включающий химические, механические, термические и гидравлические методы хранения. Наиболее распространёнными остаются литий-ионные батареи, отличающиеся высокой плотностью энергии, длительным циклом службы и гибкостью применения. Они стали основой для домашних систем накопления, промышленных станций хранения и инфраструктуры электрического транспорта.

Однако, растущая потребность в масштабных хранилищах стимулирует разработку новых химических систем. Натрий-серные аккумуляторы характеризуются высокой температурной стабильностью и увеличенной продолжительностью циклов, что делает их востребованными в крупных сетевых установках.

Перспективным направлением является водородная энергетика, основанная на использовании электролизёров, позволяющих преобразовывать избыточную электроэнергию в водород — универсальный энергоноситель, пригодный как для долгосрочного хранения, так и для транспортировки и дальнейшего использования в топливных элементах. Такие системы обеспечивают сезонное регулирование и создают возможность формирования полностью автономных энергетических комплексов.

Технически сложными, но высокоэффективными решениями считаются маховиковые накопители, использующие кинетическую энергию вращения ротора. Их отличает высокий ресурс, мгновенная отдача мощности и устойчивость к циклическим нагрузкам. Суперконденсаторы обеспечивают чрезвычайно быстрый отклик и применяются для сглаживания кратковременных пиков нагрузки и стабилизации сетевых параметров.

Комплексные системы хранения энергии становятся основой для создания энергетически надёжной инфраструктуры. Они обеспечивают поддержание сетевой частоты, предотвращают развитие аварий, позволяют оптимизировать режимы работы генерации, выравнять графики потребления и хранить стратегический резерв. В условиях возрастания доли «зелёной» энергии накопители выступают неотъемлемым элементом архитектуры будущих энергосистем, обеспечивая гибкость, адаптивность и экономическую эффективность.

### **Умные сети и цифровые платформы управления энергией**

Интеллектуальные энергосистемы — это качественно новый этап развития электроэнергетики, основанный на интеграции цифровых технологий, распределённой генерации, автоматизации и аналитики больших данных. Smart grids представляют собой сложную кибер-физическую инфраструктуру, в которой происходит постоянный обмен информацией между производителями, потребителями, накопителями энергии, сетевыми операторами и управляющими алгоритмами.

В основе таких систем лежат интеллектуальные датчики, цифровые счётчики и высокоскоростные коммуникационные протоколы, обеспечивающие сбор данных в реальном времени. Система прогнозирования позволяет анализировать погодные условия, динамику нагрузки, состояние технических элементов и вырабатывать оптимальные решения по распределению энергии.

Интеллектуальные алгоритмы автоматически балансируют сеть, предотвращают перегрузки, включают резервные мощности, корректируют напряжение и осуществляют самовосстановление после аварий.

Умные сети позволяют объединить миллионы малых источников энергии: частные солнечные панели, бытовые аккумуляторы, электротранспорт, микро-ветрогенераторы, энергокомплексы предприятий. Такое распределённое взаимодействие создаёт новую энергетическую архитектуру, в которой каждый потребитель может стать участником генерации и обмена энергией, формируя так называемые энергообщины.

Отдельного внимания заслуживает технология цифровых двойников — виртуальных копий энергетических объектов и сетевой инфраструктуры. Цифровые двойники позволяют моделировать работу оборудования, прогнозировать отказ, оптимизировать техническое обслуживание и проводить обучение операторов на основе полностью безопасной виртуальной среды. Эта технология стала одним из ключевых инструментов повышения эффективности управления сетями и разработки перспективных стратегий модернизации энергетики.

Таким образом, умные сети формируют фундамент для будущей энергетической системы, обеспечивающей устойчивость, адаптивность и эффективное использование возобновляемых ресурсов.

### **Социально-экономическая роль возобновляемой энергетики**

Возобновляемая энергетика не только преобразует технологическую инфраструктуру, но и оказывает значительное влияние на социально-экономическое развитие. Она создаёт новые отрасли промышленности, формирует высокотехнологичные рабочие места, расширяет научные исследования и стимулирует инновации. Экономический эффект проявляется как на уровне национальных экономик, так и на региональном уровне.

Развитие ВИЭ снижает зависимость стран от импорта энергетических ресурсов, стабилизирует цены на энергоносители и уменьшает влияние международных политических колебаний. Для государств с выраженной потребностью в электроэнергии возобновляемая энергетика становится способом преодоления энергетической бедности, обеспечивая доступ к электричеству для удалённых населённых пунктов.

Социальный эффект выражается в улучшении качества жизни населения, снижении уровня загрязнения воздуха, улучшении состояния здоровья и повышении комфортности городской среды. Возобновляемые источники стимулируют экологическое сознание, становятся примером рационального взаимодействия человека с природой и формируют культуру ответственного потребления ресурсов.

Для развивающихся стран технологии ВИЭ открывают возможность устойчивого роста, минуя этапы углеродоёмкого промышленного развития. Возобновляемая энергетика способствует созданию локальных предприятий, развитию инфраструктуры, появлению новых образовательных программ и укреплению научного потенциала.

### **Экологические эффекты и устойчивость энергетической системы**

Возобновляемые источники энергии оказывают комплексное и системное влияние на окружающую среду. Их использование позволяет значительно сократить выбросы парниковых газов, замедлить темпы глобального потепления и снизить нагрузку на атмосферу. Улучшение качества воздуха становится особенно заметным в крупных городах и промышленных зонах, где традиционные ТЭЦ являются основным источником выбросов.

Сокращение загрязнения почв и водных ресурсов происходит за счёт уменьшения отходов добычи, переработки и транспортировки ископаемого топлива. ВИЭ не требуют создания массивных карьеров, шахт или химически опасных производственных линий, что напрямую снижает риск аварийных ситуаций и техногенных катастроф.

### **Заключение**

Технология возобновляемой энергетики стала ключевым направлением технологической и экономической трансформации мира. Она обеспечивает экологическую безопасность, снижает зависимость от ископаемых ресурсов и создаёт фундамент для устойчивого развития. В ближайшие десятилетия развитие цифровизации, искусственного интеллекта, материаловедения и систем хранения энергии ускорит распространение ВИЭ и создаст новую глобальную энергетическую архитектуру, ориентированную на эффективность, надёжность и экологическое равновесие.

### **Литература**

1. Киселёв В. П. Возобновляемая энергетика: современные технологии и перспективы. — М.: Наука, 2021.
2. Смирнов А. Э. Интеллектуальные энергосистемы: теория и практика. — СПб.: Питер, 2020.
3. Мещеряков Н. А. Основы устойчивого развития. — М.: Инфра-М, 2022.
4. REN21. Renewables Global Status Report, 2023.
5. IRENA. World Energy Transition Outlook, 2022.



## МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКИХ КРИЗИСОВ С ПОМОЩЬЮ ТЕОРИИ ХАОСА

**Гаврилов Дмитрий Сергеевич**

Студент, кафедра экономико-математического моделирования Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»  
г. Москва, Россия

**Федорова Анна Леонидовна**

Кандидат физико-математических наук, доцент кафедры экономико-математического моделирования Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»  
г. Москва, Россия

### Аннотация

В статье рассматриваются возможности применения теории хаоса для анализа, объяснения и прогнозирования экономических кризисов. Хаотическая динамика, характеризующаяся чувствительностью к начальным условиям и нелинейными взаимодействиями, позволяет рассматривать экономику как сложную систему, поведение которой невозможно описать простыми линейными моделями. Традиционные методы макроэкономического анализа не всегда способны объяснить внезапность кризисных явлений, их цикличность и неустойчивость. Теория хаоса даёт инструмент для выявления скрытых закономерностей, возникновения точек бифуркации, фазовых переходов и режимов, в которых экономические процессы становятся крайне чувствительными к внешним и внутренним возмущениям. Особое внимание уделено математическому аппарату хаоса: аттракторам, странным аттракторам, фрактальной структуре динамических траекторий, лагранжевым потокам и нелинейным картам. Анализируется возможность построения хаотических макромоделей кризисов на основе моделей Лоренца, Хенона и логистического отображения. Показано, что теория хаоса позволяет рассматривать экономический кризис как неизбежное свойство сложной системы, а не как аномалию нормального функционирования рынка.

**Ключевые слова:** теория хаоса, экономические кризисы, нелинейная динамика, сложные системы, аттракторы, бифуркации, эконометрическое моделирование.

### Введение

Экономические кризисы на протяжении всей истории человечества являются одними из наиболее разрушительных социально-экономических явлений.

Их внезапность, масштабность и способность распространяться по всему миру делают кризисы ключевыми объектами исследований как макроэкономической теории, так и финансовой математики. Традиционные модели объясняют кризисы с точки зрения нарушения баланса спроса и предложения, цикличности капиталистического производства, изменения денежной массы или внешних шоков. Однако все эти объяснения нередко оказываются недостаточными, когда речь идёт о глобальных обвалах финансовых рынков, панических настроениях, лавинообразных падениях стоимости активов и феноменах, намного более сложных, чем обычные колебания циклов.

Современная наука ищет новые способы анализа экономических процессов, и одним из наиболее перспективных направлений становится теория хаоса. Она позволяет рассматривать экономику не как механистическую систему, а как динамический организм, в котором малые изменения начальных условий могут приводить к огромным последствиям. Экономическая система, в которой присутствуют нелинейности, обратные связи, задержки реакции и взаимодействие множества агентов, становится объектом исследования, схожим с климатической системой, биологическими популяциями или турбулентными потоками.

Целью статьи является демонстрация того, что теория хаоса предоставляет наиболее адекватный инструментарий для понимания природы кризисов, моделирования их динамики и прогнозирования сценариев развития экономических катастроф. Хаос не является хаотичностью в бытовом смысле, а представляет собой детерминированную, но крайне сложную динамику, подчиняющуюся математическим законам. И именно эта парадигма позволяет по-новому взглянуть на экономические кризисы: как на закономерный результат эволюции системы, приближающейся к точкам бифуркации.

## **Теоретические основы хаотической динамики и их применение к экономике**

Ключевым понятием теории хаоса является чувствительность системы к начальным условиям. Малейшее изменение одного параметра может привести к полностью иной траектории развития системы. В экономике эти изменения проявляются в виде колебаний цен, спроса, ликвидности, поведения инвесторов, технологических изменений или изменений в регулировании. Линейные модели не способны уловить такие взаимодействия, потому что они предполагают плавное развитие системы. Однако реальные экономические процессы демонстрируют резкие скачки, внезапные переломы трендов и критические точки, где малые возмущения приводят к катастрофическим последствиям.

Экономика может быть рассмотрена как нелинейная динамическая система, имеющая множество аттракторов — устойчивых состояний или поведенческих режимов. Странный аттрактор представляет собой структуру, в которой траектории системы не повторяются, но остаются в определённых границах. Экономические циклы часто напоминают движение по подобным аттракторам:

рынок колеблется, но ни разу не повторяет полностью прошлую динамику, формируя уникальную историческую траекторию.

Особую роль играют бифуркации — точки, в которых меняется структура системы. В экономике бифуркации проявляются как моменты перехода от стабильного роста к кризису, от постепенного накопления структурных дисбалансов к резкому обрушению. Теория хаоса позволяет описать такие точки математически и определить возможные сценарии движения системы после бифуркации.

### **Логистическая модель и её значение для анализа кризисов**

Одним из наиболее известных примеров хаотической модели является логистическое отображение. Оно описывает динамику множества процессов, включая экономический рост, динамику спроса и насыщение рынков. Когда коэффициент роста остаётся умеренным, система стремится к стабильному равновесию. Но по мере приближения параметров к критическому значению возникают колебания, а затем хаотическая динамика.

Логистическая модель наглядно демонстрирует переходы от стабильности к хаосу. При низких коэффициентах роста наблюдается устойчивое равновесие. При более высоких — двухточечный цикл. Затем четырёхточечный, восьмиточечный, и наконец возникает хаос. Экономика ведёт себя аналогично: по мере усложнения рыночных механизмов, финансовой глобализации, роста кредитной нагрузки и повышения скорости информационных потоков система становится более нестабильной.

Применение логистического отображения позволяет выявлять нелинейные пороги, после которых даже небольшие изменения спроса, денежной массы или инвестиционных потоков приводят к лавинообразным обвалам. Это делает логистическую модель полезным инструментом для выявления предкризисных состояний.

### **Модель Лоренца и динамика финансовых потоков**

Модель Лоренца, изначально разработанная для описания атмосферной конвекции, стала символом теории хаоса благодаря странному аттрактору, напоминающему крылья бабочки. Экономика, подобно атмосфере, содержит множество внутренних циркуляционных потоков: денежный оборот, потребительский спрос, инвестиционные и долговые потоки. Их взаимодействие может приводить к турбулентности, аналогичной климатическим явлениям.

В модели Лоренца малые колебания температуры воздуха приводят к разным траекториям циркуляции. В экономике аналогом являются изменения процентных ставок, уровня доверия, инфляционных ожиданий или настроений потребителей. Даже незначительные изменения этих параметров способны кардинально изменить направление движения экономической системы.

Это особенно заметно в период кризисов, когда паника или потеря доверия становятся катализаторами хаотической динамики.

Странный аттрактор Лоренца может быть использован для моделирования колебаний финансовых потоков и кризисных циклов, показывая, что экономика не движется по линейной траектории, а совершает сложные колебания, чувствительные к внешним шокам. Эти модели помогают понимать природу нестабильности рынков и предсказывать возможные точки резких переходов.

### **Кризис как бифуркация: переход от устойчивости к хаосу**

Экономический кризис — это не случайный сбой системы, а переход между режимами её функционирования. Бифуркация возникает, когда система достигает критического уровня внутренней напряжённости. Примерами таких факторов являются рост долговой нагрузки, диспропорции в производстве, перенасыщение рынков, перегрев финансовых активов, технологические разрывы и политическая нестабильность.

При приближении к бифуркации система становится всё более чувствительной. В этот период даже небольшие внешние воздействия могут вызвать резкий переход от стабильного роста к неконтролируемому падению. Теория хаоса утверждает, что кризис закономерен и вытекает из внутренних свойств системы, а не является следствием отдельных ошибок управления.

Бифуркации можно рассматривать как точки разветвления сценариев. После прохождения критической точки экономическая система может перейти на новую траекторию развития, формируя новый цикл роста или новую структуру рынка. Это объясняет, почему кризисы нередко становятся источником инноваций и структурных изменений.

### **Фрактальность экономических временных рядов**

Ещё одним важным направлением исследований является фрактальная структура временных рядов. Экономические показатели, такие как цены акций, объёмы торгов или валютные курсы, демонстрируют самоорганизованность и масштабную инвариантность. Это означает, что динамика рынков не зависит от масштаба и содержит вложенные структуры, повторяющиеся на разных уровнях.

Фракталы позволяют объяснить, почему рынки могут оставаться спокойными длительное время, а затем внезапно входить в режим высокой турбулентности. Экономические кризисы могут быть представлены как моменты разрушения фрактальной структуры и перехода системы к новой форме динамики.

Использование фрактальных моделей улучшает качество эконометрических прогнозов и позволяет выявлять скрытую нестабильность задолго до её проявления в макроэкономической статистике.

## **Теория хаоса и моделирование финансовых пузырей**

Финансовые пузыри — один из самых ярких примеров хаотической динамики. На ранних этапах рост активов может выглядеть плавным и устойчивым. Однако в действительности цена начинает колебаться вокруг странного аттрактора, постепенно теряя устойчивость. Переход к фазе пузыря связан с усилением чувствительности рынка и доминированием нелинейных эффектов.

Модели хаоса показывают, что финансовые пузыри часто возникают в системах с сильными обратными связями. Увеличение стоимости активов вызывает рост спроса, что ведёт к дальнейшему росту цен. Такая положительная обратная связь ускоряет движение системы, приближая её к критической точке. Теория хаоса позволяет идентифицировать пороговые состояния, когда положительные обратные связи начинают доминировать, и предсказывать момент обвала.

## **Применение хаоса в эконометрическом прогнозировании**

Использование хаотических моделей в эконометрии позволяет перейти от простых линейных прогнозов к анализу сложных режимов динамики. Нелинейные карты, лагранжевы методы, временные ряды с фрактальными структурами и методы определения точек бифуркации позволяют выявлять ранние признаки нестабильности.

Одним из инструментов является расчёт показателя Ляпунова, который определяет степень чувствительности системы к начальным условиям. Положительный показатель Ляпунова свидетельствует о хаосе — и в экономике его значения могут предвещать резкий рост неопределённости.

Современные методы машинного обучения и алгоритмического анализа позволяют сочетать хаотические признаки с большими массивами данных, создавая гибридные модели кризисов. Это открывает возможность раннего предупреждения кризисных явлений, прогнозирования катастрофических падений рынков и разработки устойчивых стратегий.

## **Хаос и глобальные экономические взаимодействия**

Глобализация усиливает хаотическую природу мировой экономики. Связи между странами, потоками капитала, сырьевыми рынками и финансовыми системами создают эффект сложной сети, в которой локальные шоки мгновенно распространяются по всей системе. Экономические кризисы становятся глобальными именно благодаря нелинейным связям между системами.

Теория хаоса помогает моделировать эти взаимодействия, рассматривая мировую экономику как совокупность связанных подсистем. Каждая подсистема может находиться в собственном режиме динамики, и взаимодействие этих режимов приводит к синхронизации, резонансу или усилению нестабильности.

Это объясняет феномен глобальных кризисов, когда проблемы в одной экономике запускают цепную реакцию.

## **Заключение**

Теория хаоса предлагает новый взгляд на экономические кризисы, рассматривая их как внутреннее свойство сложных нелинейных систем. Чувствительность к начальным условиям, фрактальная структура временных рядов, бифуркации и динамические аттракторы позволяют глубже понять природу кризисных явлений и моделировать их развитие. Применение хаоса в экономике открывает перспективы создания эффективных прогностических систем, позволяющих своевременно выявлять ранние признаки нестабильности и разрабатывать меры по снижению последствий кризисов.

Экономические кризисы в таком понимании перестают быть неожиданными катастрофами. Они рассматриваются как закономерный этап эволюции системы, формируемый её внутренними взаимодействиями. Теория хаоса делает возможным переход от линейного анализа к изучению экономической реальности как сложной нелинейной динамической структуры, в которой порядок и хаос являются двумя сторонами одного процесса развития.

## **Литература**

1. Капица С. П. Сложность и хаос в динамике социальных систем. М.: Наука, 2017.
2. Малинецкий Г. Г., Потапов А. Б. Нелинейная динамика и хаос. М.: ЛКИ, 2018.
3. Лоренц Э. ХА135. Хаотическая динамика. М.: URSS, 2020.
4. Хакен Г. Синергетика и самоорганизация. М.: Мир, 2019.
5. Петросян Л. А., Семёнов А. В. Модели экономической динамики. СПб.: Питер, 2021.



## ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ КАК ОСНОВА МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

**Атаева Джерен Анналлыевна**

Преподаватель, Туркменский государственный университет имени Махтумкули  
г. Ашхабад Туркменистан

### Аннотация

Статья посвящена современным численным методам, лежащим в основе математического моделирования сложных физических, технических, экономических и биологических процессов. Обсуждаются фундаментальные концепции аппроксимации, дискретизации, устойчивости и сходимости, определяющие корректность вычислительных моделей. Анализируются современные тенденции развития численных методов: высокопроизводительные вычисления, параллельные алгоритмы, адаптивные сетки, методы конечных элементов нового поколения, спектральные методы и алгоритмы решения многомасштабных задач. Показано, что численные методы являются центральным инструментом современной науки и техники, обеспечивая возможность моделирования систем, недоступных аналитическому описанию.

**Ключевые слова:** численные методы, математическое моделирование, дискретизация, устойчивость, сходимость, методы конечных элементов, спектральные методы, НРС.

### Введение

Численные методы составляют фундаментальную основу современной вычислительной математики и являются незаменимым инструментом в ситуациях, когда аналитические решения недоступны, слишком сложны или неприменимы к реальным данным. Индустриальная, научная и информационная революции XX–XXI веков привели к стремительному росту сложности моделей, требующих анализа. Моделирование турбулентности, динамики плазмы, распространения волн, глобального климата, финансовых рынков, биологических популяций — все эти задачи имеют нелинейную природу, высокую чувствительность к начальным условиям и многомасштабность.

В таких условиях численные методы позволяют преобразовать абстрактные дифференциальные уравнения или вероятностные модели в алгоритмы, способные работать в среде вычислительных систем.

С развитием компьютерной техники и суперкомпьютерных технологий численные методы приобрели ключевое значение, становясь движущей силой научных открытий и технологических инноваций. Современная инженерия, аэрокосмическая отрасль, нефтегазовый комплекс, медицина, химическая промышленность и цифровая экономика опираются на надёжные вычислительные модели, обеспечивающие точность, прогнозируемость и эффективность.

Важнейшее преимущество численных методов заключается в их универсальности. Эти методы позволяют исследовать системы любой природы — механические, электромагнитные, гидродинамические, термодинамические, экономические, биологические — используя единую математическую основу. Это делает численные методы универсальным языком научного моделирования.

### **Теоретические основы численного анализа**

Основа численных методов — это идея аппроксимации, заключающаяся в замене непрерывной математической модели дискретной схемой. Любая численная процедура включает фундаментальные компоненты: дискретизацию, аппроксимацию, анализ устойчивости, сходимости и погрешности.

Дискретизация представляет собой разбиение области определения задачи: временной оси, пространственного многообразия, фазового пространства или множества состояний. Создание сетки — ключевой этап численного моделирования. Тип сетки определяет точность результата: регулярные сетки удобны для простых задач, тогда как адаптивные сетки позволяют концентрировать вычислительные ресурсы в областях с высокой сложностью решения — например, в точках градиентных скачков, пограничных слоях или областях интенсивной турбулентности.

Аппроксимация дифференциальных операторов основана на конечных разностях, конечных элементах, конечных объёмах или спектральных представлениях. Каждая из этих схем имеет свои преимущества и ограничения. Методы конечных разностей удобны и просты, методы конечных объёмов обеспечивают закон сохранения физически значимых величин, методы конечных элементов обладают высокой гибкостью и подходят для задач со сложной геометрией, а спектральные методы обеспечивают высочайшую точность для гладких решений.

Устойчивость определяет чувствительность численного решения к погрешностям. Сходимость означает, что при уменьшении шага сетки численное решение стремится к точному. Взаимосвязь устойчивости и сходимости формализована фундаментальной теоремой Лакса, которая определяет математическую корректность численных схем.

Анализ ошибок, в свою очередь, позволяет оценить точность вычислений и разработать оптимальные стратегии адаптивного уточнения сетки, выбор шага интегрирования и адаптации порядка аппроксимации.

## **Численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений**

Обыкновенные дифференциальные уравнения (ОДУ) описывают динамику систем в механике, электротехнике, биологии, экономике. Численные методы интегрирования ОДУ представляют собой фундаментальный элемент моделирования динамических процессов.

Классические методы Эйлера, Рунге–Кутты, многошаговые схемы Адамса и методы переменного шага обеспечивают контролируемую точность и адаптивность. В задачах жёстких систем применяются схемы Розенброка и BDF-методы, позволяющие эффективно работать с жёсткими нелинейностями.

Особое значение имеют симплектические методы, используемые в моделировании гамильтоновых систем: они сохраняют геометрические инварианты системы, что обеспечивает высокую точность на больших временных интервалах. Такие методы применяются в небесной механике, молекулярной динамике, моделировании движения частиц и динамики плазмы.

## **Численные методы решения уравнений в частных производных**

Уравнения в частных производных (УЧП) лежат в основе большинства физических теорий: уравнения Навье–Стокса описывают жидкость и газ; уравнение Максвелла — электромагнитные поля; уравнение теплопроводности — диффузионные процессы; уравнения квантовой механики — фундаментальные свойства микромира.

Современные численные методы решения УЧП включают методы конечных элементов, конечных объёмов и спектральные методы. Методы конечных элементов позволяют моделировать задачи со сложной геометрией, многослойными структурами, областями трещиноватости, неоднородными материалами. Методы конечных объёмов обеспечивают точное сохранение потоков и широко применяются в вычислительной гидродинамике. Спектральные методы обеспечивают экспоненциальную скорость сходимости и особенно эффективны при гладких решениях.

Одним из ключевых направлений является решение многомасштабных задач, где требуется учитывать процессы, развивающиеся на существенно разных временных или пространственных масштабах. Адаптивные методы позволяют локально уточнять сетку, концентрируя ресурсы там, где это требуется.

## **Методы оптимизации и численные алгоритмы большой размерности**

Современные научные данные становятся всё более многомерными. Задачи машинного обучения, анализа изображений, физических симуляций и экономического прогнозирования требуют решений в пространствах с десятками и сотнями миллионов параметров.

Численные методы оптимизации включают градиентные алгоритмы, метод Ньютона, квазиньютоновские схемы, стохастические градиенты. Высокая размерность создаёт проблемы разреженности, проклятия размерности и чувствительности к локальным минимумам.

Современные методы используют адаптивные градиенты, проекционные алгоритмы, многомасштабные схемы, методы с предварительным условием и параллельные процедуры. Особое значение имеют методы оптимизации на многообразиях, используемые в квантовой механике, геометрическом машинном обучении и компьютерной графике.

## **Высокопроизводительные вычисления (HPC)**

Высокопроизводительные вычисления представляют собой стратегическую основу современного численного моделирования, обеспечивая возможность решения задач, которые ранее считались практически неразрешимыми из-за колоссальной вычислительной сложности. Современные математические модели, возникающие в механике сплошных сред, климатологии, материаловедении, биоинформатике, квантовой химии и экономической оптимизации, порождают системы с миллиардами и даже триллионами неизвестных. Решение таких задач возможно только при использовании суперкомпьютеров, параллельных вычислительных платформ, облачных кластеров и GPU-ориентированных архитектур.

HPC-технологии включают в себя сложный комплекс программных и аппаратных решений. Ключевым компонентом высокопроизводительной инфраструктуры являются суперкомпьютерные кластеры, состоящие из тысяч вычислительных узлов, соединённых высокоскоростными сетями. Существующие архитектуры используют многопроцессорные системы, специализированные ускорители, терабайтные объёмы оперативной памяти и продвинутые системы хранения данных. Такие вычислительные платформы поддерживают выполнение параллельных алгоритмов, распределяющих нагрузку на десятки тысяч потоков одновременно.

Одним из наиболее динамично развивающихся направлений является использование графических процессоров (GPU), которые обеспечивают массовый параллелизм. GPU-вычисления особенно эффективны в задачах линейной алгебры, решении больших систем уравнений, моделировании волн, молекулярной динамике, обучении нейронных сетей и спектральных методах. Масштабируемость GPU-кластеров позволяет существенно ускорять численные расчёты, что становится критически важным для задач многомасштабной физики, где требуется моделировать процессы от атомного уровня до макроскопических структур.

Параллельные алгоритмы для НРС требуют тщательной адаптации к архитектуре вычислительных систем. Разработка численных методов для суперкомпьютеров включает оптимизацию нескольких ключевых уровней: распределение сетки между процессорами, минимизацию межпроцессорных коммуникаций, обеспечение балансировки нагрузки, оптимизацию локальных вычислений и управление иерархической структурой памяти. Особое значение имеет эффективность передачи данных между узлами, поскольку коммуникационные задержки часто становятся главным ограничивающим фактором масштабируемости.

Распределение сетки в пространственных задачах достигается с помощью методов декомпозиции домена. Каждая подзадача обрабатывается отдельным узлом или группой узлов, взаимодействующих только через границы разбиений. Это позволяет добиваться масштабируемости, однако требует применения специальных методов сглаживания нагрузки, поскольку области с высокой степенью неоднородности могут вызывать вычислительные дисбалансы. Адаптивные сетки ещё более усложняют процесс распределения, поскольку требуют динамической миграции участков сетки между процессорами.

Линейные и нелинейные решатели в НРС-среде основываются на многосеточных методах, алгоритмах Крыловского подпространства, предобуславливателях и нелинейных итерационных схемах. Их эффективность определяется тем, насколько удаётся уменьшить количество межпроцессорных синхронизаций. В современных НРС-платформах особое внимание уделяется асинхронным методам, позволяющим выполнять итерации без строгой синхронизации между узлами, что существенно повышает производительность.

Управление памятью является центральной проблемой НРС. Сложная структура современной вычислительной архитектуры включает многоуровневую иерархию — регистры, многоуровневые кэш-системы, глобальную память GPU, распределённую память узлов, высокоскоростные сетевые каналы. Эффективное использование этих ресурсов требует специальных методов размещения данных: блочного разбиения матриц, применения оптимальных форматов хранения разреженных матриц, минимизации кэш-промахов и увеличения локальности ссылок.

Гибридные архитектуры CPU+GPU создают новые требования к алгоритмам. Эффективные численные методы должны учитывать различие в пропускной способности памяти, латентности, пропорциях между вычислительными и коммуникационными ресурсами. Для этого разрабатываются специальные параллельные библиотеки, такие как CUDA, HIP, OpenCL, а также высокоуровневые библиотеки типа PETSc, Trilinos, cuSparse, содержащие оптимизированные решатели для задач многомасштабной физики, вычислительной механики, квантовой химии и машинного обучения.

В современную НРС-инфраструктуру входят также облачные вычисления и распределённые платформы, позволяющие выполнять численные задачи на гибридных сетях, объединяющих локальные кластеры с серверными библиотеками. Такие платформы обеспечивают масштабирование ресурсов под конкретные задачи, что особенно ценно для долгосрочных климатических моделей и задач оптимизации в экономике.

Отдельное направление — это появление экзафлопсных суперкомпьютеров, способных выполнять более  $10^{18}$  операций в секунду. На таких системах становится возможным моделирование глобальных атмосферных процессов с километровым разрешением, предсказание динамики земной коры, симуляция сложных химических реакций в реальном времени и построение цифровых двойников больших промышленных объектов.

Таким образом, высокопроизводительные вычисления не являются просто дополнительным инструментом численного анализа — они формируют качественно новую научную парадигму, в которой моделирование становится третьим равноправным методом познания наряду с теорией и экспериментом. НРС-технологии позволяют исследовать системы, которые недоступны для аналитического описания или физического эксперимента, и открывают путь к созданию новых технологий, материалов и инженерных решений, основанных на точных и детализированных численных моделях.

## **Заключение**

Численные методы являются фундаментом современной науки и техники. Они позволяют моделировать сложные процессы, предсказывать поведение систем и создавать новые технологии в инженерии, энергетике, экономике, медицине и экологии. Развитие численных методов идёт одновременно со стремительным прогрессом вычислительной техники, что обеспечивает возможность моделирования систем, ранее недоступных для анализа. В будущем численные методы будут играть ещё более значимую роль, поскольку усложнение систем требует всё более мощных инструментов для их анализа.

## **Литература**

1. Самарский А. А., Гулин А. В. Численные методы. М.: Наука, 2010.
2. Курант Р., Гильберт Д. Методы математической физики. М.: Физматлит, 2018.
3. Флетчер К. Вычислительные методы в механике сплошных сред. М.: Мир, 2015.
4. Ланкастер П., Шаллер Р. Вычислительная математика и алгоритмы. СПб., 2021.
5. Троттер Г., Далленбах Ф. Компьютерные методы в инженерном моделировании. Берлин, 2020.



**THE CORRECT USE OF PRONOUNS AND ARTICLES ACCORDING TO  
THE STYLISTIC NORMS OF THE FRENCH LANGUAGE**

**Shamuhmet Charyyev**

Lecturer of french language, Department of romance-germanic languages,  
Magtymguly Turkmen State University  
Ashgabat, Turkmenistan

**Halymova Nurana**

Student of french language and literature, Faculty romance-germanic and oriental  
languages, Magtymguly Turkmen State University  
Ashgabat, Turkmenistan

**Ekayeva Jennet**

Student of french language and literature, Faculty romance-germanic and oriental  
languages, Magtymguly Turkmen State University  
Ashgabat, Turkmenistan

**Myratgeldiyeva Bagul**

Student of french language and literature, Faculty romance-germanic and oriental  
languages, Magtymguly Turkmen State University  
Ashgabat, Turkmenistan

**Abstract**

This article explores the stylistic rules governing the use of articles (definite, indefinite, and partitive) and pronouns (personal, object, and adverbial) in French. It highlights key differences from English, such as the obligatory use of the definite article for generalizations and the strict word order for multiple object pronouns. The paper emphasizes common stylistic pitfalls, including the reduction of articles to *de* after negation and quantity, and the use of adverbial pronouns *y* and *en*. Mastering these elements is crucial for achieving fluency and stylistic accuracy.

**Keywords:** French Grammar, Articles, Definite Article, Partitive Article, Pronouns, Object Pronouns, Adverbial Pronouns, Stylistic Norms, *Y*, *En*.

In French, nouns rarely stand alone. Unlike in languages such as English, where articles are often used selectively, or in Slavic languages, where they are absent, articles and pronouns are indispensable structural and stylistic components of French grammar.

Their correct usage is not merely a matter of grammatical accuracy but is central to achieving a native-like fluency and stylistic elegance. Mastering the subtleties of *le*, *la*, *des*, *du* and the placement of object pronouns is arguably the single biggest hurdle for advanced learners seeking to refine their expression according to established stylistic norms. This extensive guide breaks down these rules, highlighting the stylistic implications and common pitfalls.

### The Essential Subtleties of French Articles

French utilizes three main types of articles—Definite (*le*, *la*, *les*), Indefinite (*un*, *une*, *des*), and Partitive (*du*, *de la*, *des*)—each carrying a specific nuance that dictates its stylistic use.

The definite article is used far more frequently in French than "the" is in English. Stylistically, this usage signals generalization, abstraction, or an entire category.

Function	French Stylistic Usage	Example (French vs. English)	Stylistic Note
<b>Generalization</b>	Used with nouns referring to an entire class or concept.	<i>J'aime le chocolat.</i> (I like chocolate.)	Essential for expressing opinions about things in general.
<b>Abstract Nouns</b>	Mandatory for abstract concepts.	<b>La</b> patience est une vertu. (Patience is a virtue.)	Abstract nouns virtually always require a definite article.
<b>Time/Date</b>	Used with days of the week to denote habitual action.	<b>Le</b> lundi, je fais du sport. (On Mondays, I exercise.)	Signifies repetition, often preferred over <i>chaque</i> .
<b>Possessive Replacement</b>	Used with body parts, clothes, and abstract states when the possession is clear from the context (often via a reflexive verb).	Il s'est cassé <b>la</b> jambe. (He broke his leg.)	A core stylistic difference from English's possessive adjectives.
<b>Geographical Names</b>	Mandatory for most countries, regions, and continents.	<b>La</b> France, <b>le</b> Canada, <b>**l'***</b> Europe.	This is non-negotiable for most proper geographic nouns.

**The Stylistic Impact of *Le/La*:** Using *le* or *la* correctly when generalizing (*Le football est populaire*) demonstrates a clear mastery of the language's fundamental approach to categorization. Failing to do so often results in awkward Anglicisms (e.g., saying *J'aime chocolat*).

The partitive article (*du* (de + le), *de la*, *de l'*) is used to denote an unspecified or immeasurable quantity of something.

*Je veux **du** pain.* (I want some bread/some of the bread.)

*Elle boit **de la** bière.* (She drinks some beer/beer.)

Stylistically, the partitive article functions as a signal of **indefiniteness in quantity**. It is crucial for discussions of food, weather, or resources.

The most significant stylistic divergence in article usage involves the contraction of the partitive or indefinite article to a simple *de* (or *d'* before a vowel) in specific contexts:

After a verb is negated (especially with *ne...pas*), the indefinite (*un/une/des*) and partitive (*du/de la/des*) articles almost always become *de*.

*J'ai **des** amis.* \*Je n'ai pas \*\*d'\*amis. (I don't have friends.)

*Il boit **du** vin.* *Il ne boit pas **de** vin.* (He doesn't drink wine.)

**Stylistic Exception (Emphasis/Contrast):** The article is retained if the negation is meant to be highly emphatic or contrastive.

*Je n'ai pas **un** ami, j'en ai dix!* (I don't have *one* friend, I have ten!)

Most expressions of quantity (e.g., *beaucoup de*, *peu de*, *trop de*, *assez de*, *une bouteille de*) are followed immediately by *de* (or *d'*), **without** any article following it.

*J'ai **beaucoup de** travail.* (Not *beaucoup des travaux*.)

\*Il y a \*\*trop d'\*erreurs. (Not *trop des erreurs*.)

When an indefinite article (*des*) is used before a plural noun that is preceded by an adjective, *des* is usually reduced to *de*. This is considered a mark of formal, established style, though *des* is often used in informal speech.

*Elle a **de** beaux yeux.* (She has beautiful eyes.) - **Preferred formal style.**

*Elle a **des** beaux yeux.* (More common in casual speech.)

### **Navigating the French Pronoun System: Word Order and Function**

French pronouns are complex because their placement is rigid and determined by function (Subject, Direct Object, Indirect Object, Reflexive, or Adverbial). Mastery of the correct order is a cornerstone of advanced French style.

In French, object pronouns (COD, COI, Reflexive) are almost always placed **before** the conjugated verb, except in the affirmative imperative.

*Je **le** vois.* (I see him/it.)

\*Il \*\*m'\*a donné la clé. (He gave me the key.)

**Stylistic Necessity:** This inverted syntax is mandatory. Failure to use it (e.g., *Je vois lui*) marks a speaker as a non-native and is stylistically incorrect in all contexts except for emphasis (*Moi, je vois!*).

When a single verb governs multiple object pronouns (e.g., Direct and Indirect), their order is strictly governed by a specific sequence, which is crucial for stylistic clarity. The general stylistic pattern (excluding the imperative) is:

Subject	Me, Te, Se, Nous, Vous (Reflexive/COI)	Le, La, Les (COD)	Lui, Leur (COI)	Y, En (Adverbial)
<i>Je</i>	<i>le</i>	<i>lui</i>	<i>en</i>	<i>donne.</i>
<i>I</i>	<i>(it)</i>	<i>(to him)</i>	<i>(some)</i>	<i>give.</i>

### The Key Order Rules:

1. Reflexive/COI pronouns (*me, te, se, nous, vous*) always come first.
2. The Direct Object (COD: *le, la, les*) always comes before the Indirect Object (COI: *lui, leur*).
3. The adverbial pronouns *y* and *en* always come last.

**Example:** *Tu le lui as donné.* (You gave **it to him**.) *Stylistic observation: The French sentence structure requires the object pronouns to be clustered directly before the auxiliary verb, as donné, which is extremely important for achieving the correct pace and rhythm of the language.*

These two pronouns are stylistic workhorses, offering concise substitutes for prepositional phrases, which is essential for elegant, non-repetitive prose.

*Y* replaces a phrase introduced by the preposition *à* (or *dans, sur, chez*) that refers to a **thing** or **place**.

*Je vais à Paris. J'y vais.* (I am going **there**.)

*Il pense à ce problème. Il y pense.* (He is thinking **about it**.)

*En* is the most versatile and stylistically necessary adverbial pronoun. It replaces:

1. **Partitive/Indefinite Nouns:** Nouns introduced by *du, de la, des, un, une*.  
*Tu as du courage? Oui, j'en ai.* (Yes, I have some.)
2. **Phrases of Quantity:** Nouns introduced by *de* after a number or quantity expression. The quantity must be stated after the verb.  
*Il a trois sœurs. Il en a trois.* (He has three of them.)
3. **Phrases starting with *de*:** Used when referring to a thing or idea.

*Tu parles de la politique? Oui, j'en parle.* (Yes, I talk about it.)

**Stylistic Note on *En*:** Using *en* effectively avoids clunky repetitions like *J'ai des livres, j'ai deux des livres* and is critical for concise discourse.

### Advanced Stylistic Considerations and Common Pitfalls

True stylistic mastery involves knowing when to use standard forms, when to use alternatives, and when to omit articles entirely.

The indefinite pronoun *on* (literally 'one') is one of the most defining features of modern spoken and informal French style. While *nous* (we) is grammatically correct and used in formal writing, *on* is the overwhelming stylistic choice for "we" in everyday conversation.

Pronoun	Stylistic Context	Example
<b>On</b>	Spoken French, informal writing, conveying an indefinite subject, or substituting for <i>nous</i> (we).	<i>On va au cinéma.</i> (We are going to the cinema.)
<b>Nous</b>	Formal writing, official speeches, highly structured or literary prose.	<i>Nous irons au cinéma après le dîner.</i> (We shall go to the cinema after dinner.)

Using *nous* in a casual setting can sound unnecessarily stilted or formal; conversely, using *on* in a highly academic paper would be stylistically inappropriate.

French uses "pleonastic" (redundant-seeming) pronouns to create emphasis or structure. The most common is the *cleft sentence* structure, which focuses attention on a specific element.

***C'est moi qui*** l'ai fait. (It is I who did it.)

***Ce sont les étudiants qui*** manifestent. (It is the students who are protesting.)

The demonstrative pronoun *ce* acts as a crucial stylistic framing element, ensuring the speaker's point of emphasis is clearly communicated. Similarly, the use of *ce* with the verb *être* is mandatory for identification:

*C'est un docteur.* (It is a doctor.) (**Not *Il est un docteur.***)

In a few specific stylistic contexts, articles are deliberately omitted for the sake of brevity or stylistic effect:

1. **Headlines and Signage:** To save space and increase impact.

**NOUVELLE LOI VOTÉE** (New Law Passed)

2. **Proverbs and Fixed Expressions:** In many traditional sayings, the article is dropped. *Tel père, tel fils.* (Like father, like son.)
3. **Apposition:** When a title or profession is placed next to a proper name. *Monsieur Dubois, professeur d'histoire.* (Mr. Dubois, history professor.)
4. **Enumerations:** In simple, rapid-fire lists. *Argent, temps, efforts... tout est perdu.* (Money, time, effort... all is lost.)

The choice between the familiar *tu* and the formal/plural *vous* is entirely a stylistic and social judgment. Using *vous* where *tu* is expected can create unnecessary social distance, while using *tu* inappropriately is a social offense.

## Stylistic Norms:

**Tu** is used for: family, friends, children, pets, and people under roughly the age of 20 (unless in a professional setting).

**Vous** is used for: professional contacts, strangers, people in positions of authority, and when addressing multiple people (regardless of intimacy level).

Mastery of French articles and pronouns moves the learner beyond mere translation to genuine expression. The stylistic norms of French demand that objects and concepts be framed precisely—whether as a general category (definite articles), an indefinite portion (partitive articles), or as concise, grammatically-placed pronouns.

The consistent application of the *de* rule after negation and quantity, the precise ordering of multiple object pronouns (COD before COI, *y* and *en* last), and the deliberate choice between *on* and *nous* are the key stylistic markers. By internalizing these rules, speakers can achieve the conciseness, clarity, and rhythm characteristic of a truly refined French style.

## Conclusion

The correct use of articles and pronouns in French represents one of the most defining markers of linguistic competence and stylistic mastery. Unlike languages where articles function primarily as optional or situational elements, French integrates them deeply into the very structure of meaning, abstraction, and discourse organization.

Mastery of the definite, indefinite, and partitive articles is not limited to semantic precision; it reflects an understanding of how French conceptualizes generalization, categorization, and the relationship between an idea and its linguistic expression. The systematic use of the definite article in expressing general truths, abstract notions, or habitual actions demonstrates a stylistic principle that distinguishes French from English and many other languages.

## References

1. Gak, V. G. (2010). *Teoreticheskaya grammatika frantsuzskogo yazyka*. Moscow: Vysshaya Shkola.
2. Kostyuk, L. M. (2018). *Frantsuzskiy yazyk: grammatika, normy, stilistika*. Saint Petersburg: St. Petersburg State University Press.
3. Peterson, M.-L. (2014). *Prakticheskaya grammatika frantsuzskogo yazyka*. Moscow: Prosveshchenie.
4. Reformatskiy, A. A. (2012). *Vvedenie v yazykoznanie*. Moscow: Aspect-Press.
5. Grevisse, M., & Goosse, A. (2021). *Le Bon Usage*. Paris: Duculot. (Cited with commentary from Russian academic editions).



## ПОВЕДЕНЧЕСКАЯ ЭКОНОМИКА: ВЛИЯНИЕ КОГНИТИВНЫХ ИСКАЖЕНИЙ НА ИНВЕСТИЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ

**Смирнов Алексей Романович**

Студент, кафедра финансов и банковского дела Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации  
г. Москва, Россия

**Гордеева Ольга Викторовна**

Кандидат экономических наук, доцент кафедры финансов и банковского дела Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации  
г. Москва, Россия

### Аннотация

В статье рассматриваются фундаментальные механизмы влияния когнитивных искажений на поведение инвесторов в условиях финансовых рынков. Анализируются ключевые психологические закономерности, формирующие отклонения от рациональной модели принятия решений, включая эффект избыточной уверенности, страх потерь, эвристику доступности, эффект привязки, стадное поведение и гиперболическое дисконтирование. Подчёркивается, что когнитивные искажения оказывают существенное влияние на оценку рисков, формирование инвестиционных стратегий, поведение в условиях неопределённости и восприятие информации. Особое внимание уделено механизмам взаимодействия эмоций, субъективных ожиданий и ограниченной рациональности, которые приводят к ошибкам в прогнозировании, переоценке или недооценке активов, необоснованным реакциям на рыночные колебания и стратегическим просчётам. На основе анализа описываются возможности коррекции поведения инвесторов, повышения финансовой грамотности и разработки инструментов, позволяющих минимизировать воздействие когнитивных искажений.

**Ключевые слова:** поведенческая экономика, когнитивные искажения, инвестиционные решения, ограниченная рациональность, риск, финансовое поведение, теория перспектив.

### Введение

Классическая экономическая теория десятилетиями исходила из постулата о рациональности человека, который стремится максимизировать полезность своих решений и обладает полной информацией об экономической среде.

Однако реальные наблюдения, эмпирические исследования и практика работы финансовых рынков убедительно демонстрируют, что поведение людей зачастую значительно отличается от рациональных моделей. Инвесторы совершают ошибки, подвержены эмоциям, переоценивают маловероятные события, иррационально реагируют на новости, зависят от социальных факторов и нередко действуют вопреки собственным интересам.

Возникновение поведенческой экономики стало научным ответом на необходимость объяснения этих отклонений. Работы Д. Канемана, А. Тверски, Р. Талера и других учёных заложили основу новой парадигмы, в которой поведение экономического субъекта трактуется как результат взаимодействия когнитивных механизмов, эмоциональных реакций и особенностей обработки информации. Именно на этой основе сегодня строится анализ инвестиционного поведения, прогнозирование финансовых кризисов и разработка стратегий управления рисками.

Актуальность изучения когнитивных искажений в инвестиционной деятельности обусловлена высокой степенью неопределённости и быстрым изменением рыночной конъюнктуры. Инвестор вынужден принимать решения, опираясь на неполную и разрозненную информацию, что открывает широкое поле для влияния психологических факторов. Риски ошибочного анализа возрастают особенно сильно в условиях волатильных рынков, кризисных ситуаций или информационных перегрузок.

Целью данной статьи является глубокий анализ механизмов влияния когнитивных искажений на инвестиционные решения, описание их теоретических оснований и выявление последствий для поведения экономических агентов.

## **Теоретические основы поведенческой экономики и ограниченной рациональности**

Поведенческая экономика основывается на предположении о том, что человек обладает ограниченной рациональностью. Это означает, что он принимает решения в условиях ограниченной информации, неполного анализа, ограниченных когнитивных возможностей и субъективного восприятия.

Теоретическая база поведенческой экономики включает несколько ключевых направлений. Одним из фундаментальных является теория перспектив, предложенная Канеманом и Тверски. Согласно этой теории, человек оценивает выигрыш и потери не в абсолютных величинах, а относительно точки отсчёта, испытывая более сильную негативную реакцию на потери, чем положительные эмоции от аналогичного размера выигрыша. Такой асимметричный подход объясняет значительную часть иррационального поведения инвесторов.

Другим важным элементом теории является представление о двух системах мышления — быстрой интуитивной и медленной аналитической.

Инвестор, особенно при давлении времени или эмоций, чаще использует быструю систему мышления, опирающуюся на эвристики и приближенные оценки, что и приводит к когнитивным искажениям.

Современная поведенческая экономика рассматривает инвестиционное поведение как результат сложного взаимодействия между личным опытом, эмоциями, ожиданиями и социальным контекстом. Информационные асимметрии, ограниченность внимания и влияние социальных норм создают почву для систематических искажений, которые проявляются в переоценке рисков, чрезмерной самоуверенности, конформизме и импульсивных решениях.

### **Эффект избыточной уверенности и его влияние на инвестиционные стратегии**

Одним из наиболее распространённых искажений является избыточная уверенность. Инвесторы часто склонны переоценивать свои знания, способности и точность собственных прогнозов. Данное искажение особенно ярко проявляется у начинающих инвесторов, которые получают первоначальный успех и начинают воспринимать его как результат личной компетентности, а не благоприятной рыночной конъюнктуры.

Избыточная уверенность приводит к переизбытку торговых операций, повышению уровня риска, игнорированию диверсификации и недостаточной оценке потерь. Инвестор выбирает активы, руководствуясь субъективными убеждениями, а не объективным анализом, что часто ведёт к стратегическим ошибкам. Исследования показывают, что инвесторы с высоким уровнем уверенности совершают больше сделок и получают в среднем более низкую доходность, чем осторожные участники рынка.

Эмоциональный компонент избыточной уверенности связан с эффектом контроля. Инвестор ощущает, что способен повлиять на результаты торговых операций, хотя в реальности большинство рыночных факторов неподвластны индивидуальному контролю. Это создаёт ложное ощущение стабильности и приводит к повышенной склонности к риску.

### **Страх потерь и асимметрия восприятия рисков**

Страх потерь является центральным элементом теории перспектив и оказывает мощнейшее влияние на инвестиционное поведение. Потеря вызывает значительно более сильные эмоции, чем удовольствие от аналогичного выигрыша. Это приводит к тому, что инвесторы избегают даже умеренных рисков, если есть вероятность потерь, но при этом готовы идти на чрезмерные риски, чтобы избежать фиксации убытков.

Одним из наиболее распространённых проявлений является удержание убыточных активов в надежде на их последующее восстановление. Инвестор избегает фиксации убытка, поскольку воспринимает его как личную неудачу. Это может привести к значительным потерям, особенно при падающих рынках.

С другой стороны, страх потерь стимулирует преждевременную фиксацию прибыли. Инвестор предпочитает получить небольшой гарантированный доход, даже если потенциал роста актива остаётся высоким. Такие решения уменьшают долгосрочную доходность портфеля.

### **Эвристика доступности и влияние информации на оценку рисков**

Эвристика доступности основана на том, что человек оценивает вероятность события на основе лёгкости, с которой вспоминается соответствующая информация. Инвесторы склонны переоценивать значимость недавних или ярких событий и недооценивать долгосрочные, но менее заметные тенденции.

Например, после громких банкротств или резких падений рынков инвесторы начинают переоценивать риски и избегать определённых активов, даже если их фундаментальные показатели остаются стабильными. Напротив, в период бурного роста рынка создаётся иллюзия низких рисков, что стимулирует крупные вложения в переоценённые активы.

Эвристика доступности также приводит к тому, что инвесторы ориентируются на информационный фон, создаваемый СМИ и социальными сетями, что превращает рынок в пространство, где преобладают эмоциональные реакции, а не аналитический расчёт.

### **Эффект привязки и искажённые оценочные суждения**

Эффект привязки заключается в том, что человек склонен опираться на первоначальную информацию, которая служит точкой отсчёта при последующих оценках. Инвестор может привязаться к цене покупки актива, формируя ожидания относительно её роста или падения, даже если объективные рыночные условия изменились.

Такое поведение приводит к иррациональной вере в «справедливую цену», которая не основана на фундаментальных факторах. Инвестор удерживает актив только потому, что не хочет продавать его дешевле цены покупки, или наоборот, стремится дождаться уровня, который не имеет экономического обоснования.

Привязка влияет также на оценку прогностических моделей. Первые прогнозы или комментарии аналитиков формируют якорь, который затем искажает восприятие последующей информации.

## **Стадное поведение и социальная природа инвестиционных решений**

Стадное поведение проявляется в стремлении следовать за действиями большинства. Инвесторы часто принимают решения не исходя из собственного анализа, а под влиянием поведения крупных групп. Это приводит к формированию финансовых пузырей, резким колебаниям цен и неустойчивым рыночным реакциям.

Социальные факторы оказывают значительное влияние на неопытных инвесторов, которые воспринимают коллективное мнение как более надёжный источник информации. В условиях неопределённости стадное поведение усиливается, поскольку человек стремится избежать ответственности за ошибочные решения и предпочитает действовать в рамках группы.

## **Гиперболическое дисконтирование и иррациональное отношение ко времени**

Гиперболическое дисконтирование описывает склонность человека переоценивать краткосрочные выгоды и недооценивать долгосрочные. Инвестор предпочитает небольшую прибыль сейчас вместо большей прибыли в будущем. Это приводит к искажению долгосрочных стратегий, недооценке сложного процента, низкой склонности к накоплениям и ошибкам в распределении средств.

На практике это проявляется в импульсивных инвестициях, спекулятивных сделках и отказе от долгосрочных продуктов, например пенсионных накоплений.

## **Эмоциональная динамика и поведение в условиях неопределённости**

Инвестиционные решения формируются не только рациональными оценками, но и эмоциями. Страх, азарт, эйфория, сожаление и надежда существенно влияют на восприятие риска. Инвестор может отказаться от анализа в пользу эмоциональных импульсов, что ведёт к резким и необоснованным действиям.

Иррациональные реакции усиливаются в периоды кризисов. Панические продажи приводят к обвалу рынков, а эйфорический рост — к формированию пузырей. Управление эмоциональным поведением является одной из наиболее сложных задач как для частных инвесторов, так и для финансовых институтов.

## **Механизмы преодоления когнитивных искажений**

Современная экономика и психология разрабатывают методы, позволяющие снизить воздействие когнитивных искажений. Ключевыми инструментами являются повышение финансовой грамотности, использование автоматизированных решений, внедрение алгоритмического анализа, контроль эмоций и регулярный пересмотр инвестиционных стратегий.

Высокотехнологичные системы управления активами позволяют исключить эмоциональный фактор, а строгие правила инвестирования помогают снизить влияние интуитивных решений. Прозрачность информации и развитие аналитической культуры создают условия для повышения рациональности.

## **Заключение**

Поведенческая экономика раскрывает фундаментальные причины отклонений человеческого поведения от рациональных моделей, описывая систематические психологические механизмы, которые влияют на инвестиционные решения. Когнитивные искажения формируют особую логику восприятия риска, доходности и информации, создавая условия для ошибок, стратегических просчётов и нестабильности финансовых рынков.

Понимание природы этих искажений является ключом к формированию устойчивых инвестиционных стратегий, разработке эффективных финансовых инструментов и повышению компетентности экономических субъектов. В условиях глобальной турбулентности, цифровизации и роста объёма информации роль поведенческой экономики продолжает возрастать, становясь важнейшим инструментом анализа современного финансового поведения.

## **Литература**

1. Канеман Д. Думай медленно... решай быстро. М.: АСТ, 2021.
2. Талер Р. Поведенческая экономика. М.: Манн, Иванов и Фербер, 2020.
3. Акерлоф Дж., Шиллер Р. Духи экономики. М.: Институт Гайдара, 2018.
4. Семёнов А. В. Психология инвестиционного поведения. М.: Финансы, 2019.
5. Мельников В. В. Финансовые решения и когнитивные искажения. СПб.: Питер, 2022.



**THE NON-PERSONAL VERB FORMS IN FRENCH AND THEIR PARTICULARITIES OF USE WITH PREPOSITIONS**

**Shamuhmet Charyyev**

Lecturer of french language, Department of romance-germanic languages,  
Magtymguly Turkmen State University  
Ashgabat, Turkmenistan

**Meredova Altynay**

Student of french language and literature, Faculty romance-germanic and oriental  
languages, Magtymguly Turkmen State University  
Ashgabat, Turkmenistan

**Shalykova Nurtach**

Student of french language and literature, Faculty romance-germanic and oriental  
languages, Magtymguly Turkmen State University  
Ashgabat, Turkmenistan

**Abstract**

This article provides a detailed analysis of the stylistic norms governing the use of non-personal verb forms in French: the Infinitive, the Present Participle, and the Past Participle. It focuses critically on the strict prepositional requirements, particularly the distinction between *à* and *de* when linking the Infinitive to preceding verbs, nouns, and adjectives. Mastery of these forms and their specific prepositions is essential for achieving conciseness, grammatical rigor, and native-like stylistic clarity in advanced French writing and speaking.

**Keywords:** French Grammar, Infinitive, Participle, Gerund, Prepositions *à* and *de*, Stylistics, Non-Personal Verbs.

French grammar distinguishes between personal verb forms, which change according to the subject (conjugation), and non-personal forms, which remain constant regardless of the person.

These non-personal forms—the Infinitive, the Present Participle, and the Past Participle—are far more than just dictionary entries or tools for compound tenses. They are the essential building blocks for creating concise, complex, and stylistically sophisticated sentence structures.

Crucially, the usage of the non-personal forms, particularly the Infinitive, is inextricably linked to specific prepositions, primarily *à* and *de*. The correct choice of preposition is governed by the preceding verb, noun, or adjective and is a hallmark of native-like fluency. A single error in this choice can render an otherwise perfect sentence stylistically incorrect. This guide provides a detailed analysis of the stylistic norms governing these non-personal forms and their prepositional requirements.

## The Infinitive (L'Infinitif) and the Prepositional Triptych

The Infinitive is the most frequently used non-personal form. When it functions as the complement or object of another word, it must follow one of three patterns: no preposition, the preposition *à*, or the preposition *de*.

A significant group of verbs, often functioning as auxiliaries or semi-modals, connect directly to the Infinitive without any intervening preposition. Stylistically, this creates a sense of immediate, direct action.

### Common Verbs (Non-Exhaustive List):

**Modal/Auxiliary:** *pouvoir* (can), *devoir* (must/have to), *vouloir* (want), *savoir* (know how to),  *falloir* (it is necessary).

**Perception:** *écouter* (listen to), *entendre* (hear), *sentir* (feel), *voir* (see), *regarder* (watch).

**Movement:** *aller* (go), *venir* (come), *rentrer* (return), *descendre* (descend).

**Causative/Permission:** *faire* (make/have done), *laisser* (let/allow).

Category	Example (French)	Example (English)	Stylistic Note
<b>Modal</b>	<i>Nous voulons partir.</i>	We want to leave.	Essential for expressing desires and obligations.
<b>Perception</b>	<i>J'ai vu la voiture arriver.</i>	I saw the car arrive.	The second verb is the object of perception.
<b>Causative</b>	<i>Je fais réparer mon vélo.</i>	I am having my bike fixed.	<i>Faire</i> + Infinitive is a key causative structure.

The preposition *à* often implies movement *toward* an action, a state of intention, or the means/difficulty in achieving a result. It sets up the Infinitive as the goal of the initial verb.

### Common Verbs:

*apprendre à* (learn to)

*commencer à* (begin to)

*encourager à* (encourage to)

*réussir à* (succeed in)

*aider à* (help to)

*inviter à* (invite to)

*hésiter à* (hesitate to)

Function	Example (French)	Stylistic Implication
Intention/Goal	<i>Il cherche à comprendre.</i>	He is actively seeking to understand.
Beginning/Habit	<i>Elle s'habitue à se lever tôt.</i>	She is getting used to getting up early.
Difficulty	<i>C'est difficile à faire.</i>	It is difficult to do.

The preposition *de* typically implies movement *away* from a state, the source or origin of an action, or the conclusion of a thought process (like deciding or regretting).

### Common Verbs:

*cesser de* (stop/cease)

*décider de* (decide to)

*dire de* (tell to)

*essayer de* (try to)

*finir de* (finish)

*refuser de* (refuse to)

*se souvenir de* (remember)

*venir de* (have just done)

Function	Example (French)	Stylistic Implication
Conclusion/Separation	<i>J'ai décidé de rester.</i>	I have reached the conclusion (decision) to stay.
Regret/Fear	<i>Elle craint de se tromper.</i>	She fears making a mistake.
Recent Past	<i>Nous venons de manger.</i>	We have just eaten.

The prepositional rules also extend to nouns and adjectives governing an infinitive:

**Nouns requiring *DE*:** *l'idée de* (the idea of), *le temps de* (the time to), *la peur de* (the fear of).

**Adjectives requiring *DE*:** *content de* (happy to), *triste de* (sad to), *capable de* (capable of).

**Adjectives requiring *À*:** *prêt à* (ready to), *seul à* (alone in), *le premier à* (the first to).

### Participles and the Gerund: Expressing Aspect

While the infinitive focuses on the action itself, the participles and the gerund focus on the *aspect* of the action—whether it is ongoing or completed—and how it relates to the main clause.

Formed by dropping the *-ons* from the *nous* form of the present tense and adding *-ant* (e.g., *nous parlons* → *parlant*).

The Present Participle is stylistically used in formal writing to replace a relative clause (a *qui* clause), significantly tightening the prose. It is invariable (does not agree).

Stylistically Clumsy	Stylistically Refined (Participle)
<i>J'ai rencontré des personnes qui vivent* en ville.</i>	<i>J'ai rencontré des personnes <b>vivant</b> en ville.</i> (People living in the city.)
<i>La loi qui permet* le vote est récente.</i>	<i>La loi <b>permettant</b> le vote est récente.</i> (The law permitting the vote.)

When the Present Participle is used as a pure adjective, describing a noun, it **must** agree in gender and number. This distinction is a key stylistic indicator of precise written French.

*un film **divertissant*** (an entertaining film)

*des histoires **passionnantes*** (passionate/exciting stories)

The Gerund is the structure *en* + Present Participle, and it is a powerful stylistic tool used adverbially to express conditions, means, or simultaneity. The Gerund is **invariable**.

Stylistic Function	Example (French)	Meaning
<b>Manner/Means</b>	<i>Il a réussi <b>en travaillant dur</b>.</i>	He succeeded <b>by working</b> hard.
<b>Simultaneity</b>	<i>J'écoute la radio <b>en conduisant</b>.</i>	I listen to the radio <b>while driving</b> .
<b>Condition</b>	<i><b>En agissant</b> ainsi, vous perdrez.</i>	<b>By acting</b> that way, you will lose.

**Stylistic Constraint:** The Gerund usually requires the subject of the main verb and the Gerund action to be the same.

Beyond its role in forming compound tenses, the Past Participle is often used absolutely or adjectivally. The complex rules of agreement are non-negotiable for polished style.

Used in written style to indicate a completed action preceding the main clause, again offering conciseness.

***L'examen réussi**, il est parti en vacances.* (The exam having been passed, he went on vacation.)

Stylistically, *après* (after) cannot be followed directly by an infinitive. It requires the compound form of the infinitive (*avoir* or *être* in the infinitive + the Past Participle).

**Stylistically Correct:** *Après **avoir fini** le travail, je suis rentré.* (After having finished the work, I went home.)

**Stylistically Incorrect:** *Après **finir** le travail...*

Compare this to *avant* (before), which is correctly followed by the simple infinitive: *Avant **de finir** le travail...*

## Essential Prepositional Phrases and Idiomatic Usage

Many verbs, nouns, and adjectives form idiomatic phrases with the prepositions *à* and *de* before an infinitive, which must be memorized to achieve native style.

This category clarifies the relationship between a characteristic (adjective) and the action (infinitive).

Adjective + Preposition	Meaning	Example
<i>facile à</i>	easy to	<i>C'est facile à comprendre.</i>
<i>difficile à</i>	difficult to	<i>Le problème est difficile à résoudre.</i>
<i>fier de</i>	proud to	<i>*Je suis **fier d'*être Français.</i>
<i>heureux de</i>	happy to	<i>Nous sommes heureux de vous voir.</i>
<i>obligé de</i>	obliged to	<i>Il est obligé de partir.</i>

The noun dictates the preposition, defining the nature (intention, means, need) of the subsequent action.

Noun + Preposition	Meaning	Example
<i>le moyen de</i>	the means/way to	<i>Trouver le moyen de voyager.</i>
<i>la manière de</i>	the manner of	<i>J'aime sa manière de parler.</i>
<i>le besoin de</i>	the need to	<i>J'ai besoin de dormir.</i>
<i>le droit de</i>	the right to	<i>Ils ont le droit de voter.</i>
<i>l'autorisation de</i>	the authorization to	<i>Donner l'autorisation de filmer.</i>

Impersonal verbs, which only exist in the third person singular (*il*), universally use the Infinitive linked by *de* or no preposition at all.

**No Preposition:** *Il faut travailler.* (It is necessary to work.)

**With DE:** *Il vaut mieux ne pas attendre.* (It is better not to wait.)

**With DE:** *Il est important de noter...* (It is important to note...)

This structure (*Il est + Adjective + de + Infinitive*) is a hallmark of academic and formal French, offering an objective, general statement.

The non-personal verb forms are indispensable for constructing elegant, non-repetitive, and concise French sentences. Mastery of their usage, especially the strict rules governing the prepositions *à* and *de*, moves the learner beyond basic sentence construction into the realm of advanced composition.

The critical stylistic norms to internalize are: the correct linking of the Infinitive based on the preceding verb/noun/adjective; the use of the Present Participle for conciseness in formal prose; and the correct application of *en* + Participle (the Gerund) to express manner or simultaneity.

By ensuring grammatical rigor in these areas, speakers and writers can achieve the clarity and stylistic coherence characteristic of the most refined French expression.

## Conclusion

The present study demonstrates that non-personal verb forms in French—the Infinitive, the Present Participle, the Gerund, and the Past Participle—constitute a highly structured and stylistically significant element of the language. Their correct use is not limited to grammatical accuracy; rather, it defines the clarity, conciseness, and expressive precision of advanced written and spoken French. Central to their functioning is the strict system of prepositional governance, particularly the complementary roles of *à* and *de*, which determine the semantic orientation of the infinitive toward intention, obligation, separation, or completion.

The analysis highlights that errors in prepositional choice, agreement of participles, or improper substitution of relative clauses with participial constructions significantly reduce stylistic authenticity and mark a deviation from established norms of academic or formal French. Likewise, mastery of constructions such as *en + participe présent*, causative structures like *faire + infinitif*, or fixed adjective–preposition and noun–preposition patterns is essential for achieving fluency comparable to native usage.

## References

1. Grevisse, M., & Goosse, A. *Le Bon Usage: Grammaire française*. De Boeck Supérieur, Bruxelles, 2016.
2. Riegel, M., Pellat, J.-C., & Rioul, R. *Grammaire méthodique du français*. Presses Universitaires de France, Paris, 2021.
3. Arrivé, M., Gadet, F., & Galmiche, M. *La grammaire d'aujourd'hui: Guide alphabétique de linguistique française*. Flammarion, Paris, 2012.
4. L'Huillier, M. *Advanced French Grammar*. Cambridge University Press, Cambridge, 2006.
5. Batchelor, R. E., & Chebli-Saadi, M. *A Reference Grammar of French*. Cambridge University Press, Cambridge, 2011.
6. Fagyal, Z., Kibbee, D., & Stewart, F. *French: A Linguistic Introduction*. Cambridge University Press, Cambridge, 2006.
7. Leeman, D. *La langue française: usages, variétés et normes*. Armand Colin, Paris, 2019.



## ТЕРМОГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В НЕФТЕГАЗОВЫХ КОЛЛЕКТОРАХ И ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ИХ УПРАВЛЕНИЯ

**Гельдимурдова Гулалек**

Преподаватель, Международного университета нефти и газа имени Ягшыгелди Какаева  
г. Ашхабад Туркменистан

**Гульсарыев Чаргельди**

Преподаватель, Международного университета нефти и газа имени Ягшыгелди Какаева  
г. Ашхабад Туркменистан

**Данатарова Нурбиби**

Преподаватель, Международного университета нефти и газа имени Ягшыгелди Какаева  
г. Ашхабад Туркменистан

**Гуванджова Махриджемал**

Студент, Международного университета нефти и газа имени Ягшыгелди Какаева  
г. Ашхабад Туркменистан

### **Аннотация**

Статья посвящена комплексному исследованию термогидродинамических процессов, происходящих в продуктивных нефтегазовых коллекторах, и анализу современных инновационных методов управления этими процессами. Рассматриваются закономерности фильтрации, теплопереноса, фазового равновесия, массопереноса и взаимодействия флюидов в пористых геологических средах. Особое внимание уделено интеграции новых цифровых технологий, систем интеллектуального управления добычей, цифровых двойников, а также инновационных методов повышения нефтеотдачи, основанных на термохимических и тепловых воздействиях. Показано, что понимание термогидродинамики и применение современных методов управления процессами в пласте позволяют значительно повысить эффективность разработки сложных и низкопроницаемых нефтегазовых залежей, снизить затраты и обеспечить устойчивость добычи.

**Ключевые слова:** термогидродинамика, нефтегазовые коллекторы, фильтрация флюидов, теплоперенос, фазовые переходы, моделирование пластов, цифровые двойники, интеллектуальные месторождения.

## **Введение**

Современный этап развития нефтегазовой отрасли характеризуется переходом к освоению трудноизвлекаемых и низкопроницаемых запасов. В этих условиях ключевым фактором эффективного управления добычей становится глубокое понимание термогидродинамических процессов, определяющих поведение нефти, газа и воды в коллекторах. Термогидродинамика объединяет законы теплопереноса, фильтрации, фазовых взаимодействий и химических реакций, формируя сложный комплекс взаимосвязанных механизмов, от которых напрямую зависят дебиты скважин, коэффициенты нефтеотдачи, устойчивость работы скважинного оборудования и общая производительность разработки месторождения.

Применение современных технологий разработки невозможно без учёта влияния давления и температуры на свойства пластовых флюидов. В условиях значительных глубин температура пород может достигать высоких значений, изменяя вязкость нефти, плотность воды и растворимость газа. Гидродинамические процессы, определяющие движение флюидов через поровое пространство, усложняются при наличии трещиноватости, неоднородности, засоленности и фазовых переходов. Реальные коллекторы редко являются однородными системами, и их поведение в процессе разработки проявляет нелинейный, динамически изменяющийся характер, что требует применения новых методов анализа и моделирования.

Таким образом, изучение термогидродинамических процессов является фундаментальной научной задачей, лежащей в основе эффективной реализации как традиционных, так и инновационных методов воздействия на пласт. В данной статье рассматриваются основные физические принципы термогидродинамики, особенности поведения флюидов в поровых средах, методы математического моделирования пластов, а также инновационные технологические решения, направленные на повышение эффективности добычи углеводородов.

## **Физико-геологические основы термогидродинамических процессов**

Термогидродинамические явления являются результатом взаимодействия пластовых температур, давлений, физических свойств флюидов, особенностей поровой структуры и химического состава породы. Геологические условия формируют начальные параметры пласта, которые определяют скорость фильтрации, распределение фаз, характер теплопереноса и динамику изменения свойств флюидов в процессе разработки. В природных коллекторах наблюдается сочетание порового и трещинного пространства, что значительно усложняет движение нефти и газа. Трещины создают высокопроницаемые каналы, в то время как матрица поровых пород удерживает значительные запасы углеводородов.

Пластовые флюиды представляют собой многокомпонентные смеси. Нефть включает тяжелые и легкие углеводороды, смолы, асфальтены, парафины, которые под воздействием температуры и давления могут менять агрегатное состояние. Газовая фаза содержит метан, этан, пропан, азот и другие компоненты, чья растворимость в нефти уменьшается при росте температуры. Пластовая вода, имеющая высокую минерализацию, влияет на теплопроводность и электрические свойства пород. В условиях изменения давления и температуры в пласте постоянно происходят процессы выделения газа, образования эмульсий и растворения минералов.

Динамика этих процессов является нелинейной и зависит от пористости, проницаемости, минералогии породы, содержания глинистого материала и насыщенности флюидами. Термогидродинамика в таких условиях представляет собой сложную систему, требующую анализа с использованием продвинутых математических моделей и методов численного моделирования.

### **Теплоперенос в нефтегазовых коллекторах**

Тепловые процессы в пласте включают теплопроводность, конвекцию, тепловую диффузию и тепловые эффекты растворения газа и фазовых переходов. Теплоперенос влияет на вязкость нефти, плотность воды, межфазное взаимодействие и скорость фильтрации. При повышении температуры вязкость нефти снижается, что приводит к увеличению её подвижности. Это объясняет эффективность термических методов воздействия, включая паротепловое воздействие и нагнетание горячей воды.

Теплопроводность пород определяется их минеральным составом. Кварцевые породы обладают высокой теплопроводностью, в то время как глинистые компоненты, напротив, затрудняют распространение тепловых потоков. Насыщенность порового пространства также играет важную роль, поскольку вода обладает большей теплопроводностью, чем нефть, а газовые включения значительно снижают способность пласта передавать тепло.

Тепловое воздействие на пласт вызывает перераспределение тепла, формирование температурных фронтов и изменение фазового состояния нефти. При нагнетании тепловых агентов происходит выравнивание температурного поля, ускоряется дегазация нефти, уменьшается межфазное натяжение и возрастает коэффициент вытеснения нефти водой или газом. Теплота, выделяющаяся при экзотермических реакциях, используется в термохимических методах повышения нефтеотдачи.

### **Гидродинамические процессы в порово-трещинных коллекторах**

Гидродинамика пластов описывает движение флюидов под действием давлений, капиллярных сил и гравитации. В реальных условиях движение нефти, газа и воды осложняется неоднородностью поровой структуры, наличием трещин, различной смачиваемостью породы и нелинейной зависимостью относительных

проницаемостей от насыщенности. Газовая фаза играет ключевую роль в динамике разработки, поскольку выделение растворенного газа вызывает переход от однофазного к двухфазному и трёхфазному режимам фильтрации.

Эмульсионные процессы, возникающие при взаимодействии нефти и воды, приводят к изменению вязкости и ухудшению фильтрационных свойств. В некоторых случаях эмульсии могут повышать устойчивость фронта вытеснения, однако в большинстве случаев образование стабильных эмульсий затрудняет добычу, увеличивает энергетические затраты и приводит к осложнениям в добывающем оборудовании.

Скорость фильтрации существенно зависит от температуры. При нагреве пласта уменьшение вязкости нефти улучшает её подвижность, а следовательно, повышает коэффициент нефтеотдачи.

### **Моделирование термогидродинамических процессов**

Математическое моделирование пластовых процессов является основным инструментом для прогнозирования поведения залежей и оптимизации разработки. Модели включают гидродинамическую, тепловую, геохимическую и геомеханическую составляющие. Комплексное моделирование позволяет учитывать изменение свойств флюидов, тепловые явления, фазовые переходы, химические реакции и деформации порового пространства.

Современные симуляторы, такие как Eclipse Thermal, CMG STARS и tNavigator, позволяют проводить трёхмерные и четырёхмерные расчёты, моделировать тепловое воздействие, учитывать трещиноватость, рассчитывать транспорт химических реагентов и проводить оптимизацию закачек. Гибридные модели, сочетающие физические законы и машинное обучение, позволяют значительно ускорить расчёты и повысить точность прогнозов.

### **Инновационные методы управления термогидродинамическими процессами**

Современная нефтегазовая отрасль характеризуется переходом к полностью интегрированным цифровым моделям разработки месторождений, что позволяет радикально улучшить управление термогидродинамическими процессами в пласте. На первый план выходят интеллектуальные системы мониторинга, прогнозирования и автоматической оптимизации, обеспечивающие более полное понимание поведения флюидов, распределения температур и давления, а также динамики фазовых переходов.

Одним из ключевых направлений становится использование распределённых сенсорных сетей (Distributed Temperature Sensing, Distributed Acoustic Sensing), которые измеряют температуру, акустические колебания, фазовую насыщенность и локальные изменения давления вдоль всей длины скважины.

Такие данные позволяют фиксировать прорывы флюидов, определять активные интервалы притока, оценивать степень неоднородности пласта и мониторить эффективность теплового воздействия. В сочетании с высокоточным геонавигационным сопровождением это дает возможность адаптировать стратегию бурения и эксплуатации в реальном времени.

Цифровые двойники месторождений становятся фундаментальным инструментом стратегического управления. Это не просто компьютерные модели, а динамически обновляемые цифровые копии пластовой системы, которые синхронизируются с полевыми данными. Цифровой двойник моделирует теплоперенос, фазовое равновесие, фильтрацию многофазных флюидов, деформационные процессы, трещинообразование и химические реакции. Он позволяет проводить сотни виртуальных сценариев — от изменения режимов работы скважин до оптимизации схем заводнения и тепловых методов. Благодаря этому инженер получает возможность выявлять потенциальные риски, прогнозировать поведение пластовых систем и принимать решения, основанные на точных вычислительных прогнозах.

Особое значение имеют термохимические методы воздействия, основанные на инициировании целевых химических реакций прямо в пласте. Путём закачки реагентов, вступающих в экзотермические реакции, создаётся локальный нагрев, который способствует снижению вязкости нефти, расширению трещиноватых областей, увеличению проницаемости низкопродуктивных зон и улучшению условий фильтрации. Такие технологии позволяют эффективно разрабатывать трудноизвлекаемые запасы, где традиционные методы показывают низкую результативность.

Параллельно развивается практика управляемых закачек, осуществляемых через многоступенчатые клапанные системы. Эти устройства позволяют точно распределять объём и давление нагнетаемой жидкости, создавать направленные тепловые фронты, улучшать профили выработки и обеспечивать равномерное вытеснение углеводородов. Управляемые закачки делают возможным формирование оптимальных контуров теплового воздействия и предотвращение преждевременных прорывов воды или тепловых агентов в добывающие скважины.

Интеллектуальные системы Smart Fields (или Smart Oilfields) интегрируют данные сенсоров, цифровых моделей, исторических наблюдений и прогнозной аналитики. На основе методов машинного обучения и адаптивных алгоритмов автоматизации они осуществляют непрерывную оптимизацию работы фонда скважин. Эти системы способны определять оптимальные режимы отбора, проводить реорганизацию потоков, автоматически регулировать забойные давления, адаптировать работу насосов и предотвращать аварийные ситуации ещё до их возникновения. Smart Fields позволяют перейти от реактивного управления к проактивной и предиктивной стратегии, обеспечивая максимальную эффективность термогидродинамических процессов.

Развитие интегрированных цифровых технологий создаёт предпосылки для появления полноценных автономных систем управления добычей. Такие системы способны в реальном времени пересчитывать параметры разработки, оценивать состояние пласта, выбирать оптимальные режимы работы оборудования, формировать стратегию воздействия и контролировать распределение тепловой энергии. Автономизация процессов ведёт к сокращению эксплуатационных затрат, снижению техногенных рисков и повышению нефтеотдачи, особенно при работе с трудноизвлекаемыми запасами.

Таким образом, инновационные методы управления термогидродинамическими процессами представляют собой сочетание высокотехнологичных сенсорных систем, интеллектуальных алгоритмов, цифровых двойников, термохимических методов воздействия и адаптивных схем эксплуатации. Они создают основу для высокоэффективной, безопасной и устойчивой разработки нефтегазовых месторождений в условиях возрастающей сложности геологических построений и необходимости максимального извлечения запасов.

## **Заключение**

Термогидродинамические процессы являются ключевым фактором, определяющим эффективность разработки нефтегазовых месторождений. Управление тепловыми и гидродинамическими характеристиками пластов позволяет значительно повысить нефтеотдачу и обеспечить устойчивость добычи. Инновационные технологии, основанные на цифровых двойниках, интеллектуальных системах управления, термохимических реагентах и тепловых методах, создают новые возможности для оптимизации разработки сложных залежей.

Современный подход к изучению и управлению термогидродинамикой пластов основан на комплексном анализе процессов, объединяющем гидродинамику, теплофизику, геохимию, геомеханику и цифровое моделирование. Развитие данных технологий является фундаментальной основой для повышения эффективности нефтегазовой отрасли и обеспечения энергетической безопасности.

## **Литература**

1. Бегишев И. Р. Гидродинамика нефтяных пластов. Москва, Недра, 2020.
2. Егоров А. Г. Термогидродинамические процессы в пористых средах. Санкт-Петербург, ГНГ, 2018.
3. Пичурин Е. П. Физика нефтегазовых коллекторов. Москва, Губкинский университет, 2021.
4. Латыпов Р. Д. Моделирование разработки месторождений нефти и газа. Уфа, УГНТУ, 2019.
5. Абрамович Г. Н. Теплоперенос в геологических средах. Новосибирск, СО РАН, 2019.



## ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ ПОЧВЫ НА РОСТ РАСТЕНИЙ

**Иванова Анна Сергеевна**

Студент, кафедра почвоведения и агрохимии Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева  
г. Москва, Россия

**Павлов Дмитрий Викторович**

Кандидат биологических наук, доцент кафедры почвоведения и агрохимии Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева  
г. Москва, Россия

### Аннотация

Статья посвящена комплексному рассмотрению роли почвенных микроорганизмов в росте и развитии растений, а также анализу современных подходов к изучению микробиоты почвы в контексте устойчивого земледелия. Рассматриваются основные функциональные группы микроорганизмов, влияющих на питание, иммунитет и адаптацию растений к стрессовым условиям, включая ризосферные бактерии, микоризные грибы, азотфиксирующие и фосфатмобилизующие микроорганизмы. Анализируются механизмы воздействия микробиоты на корневое питание, гормональный статус, структуру корневой системы, устойчивость к патогенам и абиотическим стрессам. Особое внимание уделяется понятию ризосферы как зоны интенсивного биологического взаимодействия, структурной организации микробных сообществ и их связи с физико-химическими свойствами почвы. Описаны классические и молекулярно-генетические методы изучения почвенных микроорганизмов, включая культуральные подходы, микроскопию, методы ПЦР, секвенирование нового поколения и метагеномный анализ. Рассматриваются перспективы использования микробных консорциумов и биопрепаратов для повышения продуктивности сельскохозяйственных культур, восстановления деградированных почв и формирования устойчивых агроэкосистем.

**Ключевые слова:** почвенные микроорганизмы, ризосфера, рост растений, микориза, азотфиксация, фосфатмобилизация, микробиом почвы, устойчивое земледелие.

## **Введение**

Почва традиционно рассматривается как основная среда обитания растений, обеспечивающая их водой, элементами питания и опорой для корневой системы. Однако современная наука всё более отчётливо показывает, что почва является не просто физико-химической матрицей, а сложной живой системой, в которой микроорганизмы играют ключевую роль в регулировании биологических процессов. Миллиарды бактерий, архей, грибов и простейших, населяющих единицу объёма почвы, формируют тонко сбалансированную сеть взаимодействий, от которой напрямую зависит рост, развитие и устойчивость растений.

Интерес к почвенной микробиоте существенно возрос в последние десятилетия на фоне необходимости перехода к устойчивому земледелию, сокращения использования минеральных удобрений и пестицидов, восстановления плодородия и смягчения последствий антропогенной нагрузки на экосистемы. Понимание того, как микроорганизмы влияют на корневое питание, формирование иммунной защиты, адаптацию к засухе, засолению или уплотнению почв, становится стратегически важным для разработки новых агротехнологий.

Целью данной статьи является систематизация сведений о влиянии почвенных микроорганизмов на рост растений, раскрытие основных механизмов этого влияния, характеристика ключевых групп микробиоты и анализ современных методов её изучения. Особое внимание уделено взаимосвязи структуры микробных сообществ и продуктивности растений, а также возможностям целенаправленного управления почвенной микробиотой в интересах сельского хозяйства.

## **Теоретические основы взаимодействия растений и почвенных микроорганизмов**

Взаимодействие растений и микроорганизмов основано на обмене веществами и сигналами, формирующем сложную систему биологической коммуникации. Растения, выделяя в почву корневые экссудаты, создают вокруг корней особую зону — ризосферу, в которой концентрация органических соединений, включая сахара, аминокислоты, органические кислоты и вторичные метаболиты, значительно выше, чем в окружающей почве. Эти соединения служат источником энергии и сигнальными стимуляторами для микроорганизмов, которые, в свою очередь, оказывают многостороннее влияние на растения.

Почвенная микробиота участвует в трансформации органического вещества, минерализации остатков, образовании гумуса, мобилизации элементов питания и их переводе в формы, доступные растениям. Кроме того, микроорганизмы синтезируют широкий спектр биологически активных веществ, включая фитогормоны, витамины, сидерофоры, антимикробные соединения, которые

регулируют рост растений, стимулируют развитие корней и одновременно подавляют патогенную микрофлору.

Важным теоретическим аспектом является представление о растении и его микробиоте как о единой функциональной системе — растении-холобионте. В этом подходе рост и продуктивность культуры рассматриваются не только как результат её генетического потенциала и условий среды, но и как следствие взаимодействия с микробным сообществом, выполняющим вспомогательные и регулирующие функции.

### **Роль ризосферных микроорганизмов в росте растений**

Ризосфера является наиболее активной зоной почвенной биоты. В непосредственной близости к корням концентрируются микроорганизмы, способные эффективно использовать корневые выделения и вступать с растениями в взаимовыгодные отношения. Ризосферные бактерии и грибы влияют на рост растений несколькими основными путями.

Во-первых, они участвуют в мобилизации питательных веществ. Многие бактерии способны растворять труднорастворимые фосфаты, высвобождать калий и микроэлементы из минералов, переводить их в доступные для корней формы. Благодаря этому растение получает расширенный доступ к питательным ресурсам, которые в противном случае оставались бы недоступными.

Во-вторых, ризосферные микроорганизмы синтезируют фитогормоны, такие как ауксины, цитокинины, гиббереллины и производные этилена, которые прямо регулируют рост корней, формирование боковых отростков, длину корневых волосков и общую морфологию корневой системы. Усиленное развитие корневой системы, в свою очередь, улучшает способность растения поглощать воду и элементы питания, что способствует повышению биомассы и урожайности.

В-третьих, микроорганизмы в ризосфере конкурируют с патогенными формами за пространство и ресурсы, производят антибиотические вещества, а также индуцируют системную устойчивость растений к болезням. Это означает, что присутствие определённых полезных бактерий способно повысить устойчивость растений к широкому спектру патогенов, снижая необходимость применения химических средств защиты.

### **Микоризные ассоциации и их влияние на рост растений**

Микориза представляет собой симбиотическую ассоциацию между корнями растений и грибами. Микоризные грибы проникают в корневую систему или образуют внешнюю сеть гиф, значительно увеличивая площадь контакта растительных корней с почвой. Это расширяет зону поглощения воды и элементов питания, особенно фосфора, мало подвижного в почвенной среде.

Микоризные растения демонстрируют более высокий уровень устойчивости к дефициту влаги, повышенной солёности и токсичности тяжелых металлов. Гифы грибов способны проникать в микропоры почвы, недоступные для корней, и переносить оттуда питательные вещества. В обмен растение снабжает гриб углеводами, синтезируемыми в процессе фотосинтеза.

Помимо улучшения питания, микориза оказывает иммуномодулирующее действие. Микоризные грибы могут индуцировать у растения защитные реакции, усиливать синтез фенольных соединений и других защитных метаболитов. Таким образом, микоризные ассоциации выполняют многофункциональную роль, соединяя в себе питательный, защитный и адаптационный компоненты.

### **Азотфиксирующие и фосфатмобилизующие микроорганизмы**

Азот является одним из ключевых элементов питания растений, однако большинство культур не способно усваивать молекулярный азот атмосферы. Эту функцию выполняют азотфиксирующие микроорганизмы, объединённые в различные группы. Симбиотические бактерии рода *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Sinorhizobium* формируют клубеньки на корнях бобовых растений и превращают атмосферный азот в аммоний, который затем включается в азотный обмен.

Ассоциативные и свободноживущие азотфиксаторы, обитающие в ризосфере или в толще почвы, также вносят вклад в азотный баланс. Их активность особенно важна в системах с пониженным применением минеральных удобрений. За счёт формирования симбиозов и ассоциаций растения получают дополнительный источник азота, что позволяет сократить дозы внесения удобрений, уменьшить потери нитратов и снизить нагрузку на окружающую среду.

Фосфор в почве часто находится в форме труднорастворимых соединений. Фосфатмобилизующие бактерии и грибы выделяют органические кислоты и ферменты, способствующие растворению фосфатов и переводу их в доступные для корней формы. Усиление активности таких микроорганизмов напрямую отражается на развитии корневой системы, скорости роста растений и формировании урожая.

### **Структура микробных сообществ и её связь с ростом растений**

Почвенное микробное сообщество представляет собой сложную сеть взаимодействующих популяций. Его структура определяется типом почвы, содержанием органического вещества, влажностью, рН, агротехническими приёмами и характером растительности. Монокультурное земледелие, интенсивная обработка почвы и высокие дозы минеральных удобрений зачастую приводят к снижению разнообразия микробиоты, доминированию узкой группы микроорганизмов и увеличению доли потенциально патогенных форм.

В то же время разнообразные по составу растительные сообщества, включающие несколько видов культур и сидератов, способствуют формированию более устойчивого микробного контура. Высокое разнообразие микроорганизмов связано с устойчивостью к стрессам, стабильностью процессов разложения органического вещества, улучшением структуры почвы и устойчивым обеспечением растений элементами питания.

Микробное сообщество может рассматриваться как скрытый фактор плодородия, который определяет, насколько эффективно растение реализует свой генетический потенциал в конкретной почвенной среде. Нарушение этого сообщества, например, вследствие чрезмерного применения пестицидов, ведёт к деградации почвенных экосистем и снижению продуктивности в долгосрочной перспективе.

### **Методы изучения почвенных микроорганизмов**

Исторически изучение почвенной микрофлоры опиралось на культуральные методы, включающие высевы на питательные среды, выделение чистых культур и их последующую идентификацию. Эти методы позволили описать множество видов бактерий и грибов, однако они отражают только небольшую часть реального разнообразия, поскольку значительная доля микроорганизмов не культивируется стандартными методами.

Современный этап развития микробиологии почвы характеризуется активным использованием молекулярно-генетических подходов. Методы полимеразной цепной реакции, секвенирование генов рибосомальной РНК, метагеномный анализ, высокопроизводительное секвенирование нового поколения позволяют выявлять состав микробных сообществ без необходимости их культивирования. Эти методы дают возможность анализировать структуру микробиома, его изменчивость под влиянием агротехнических практик, климатических факторов и типов растительности.

Дополнительно используются методы флуоресцентной микроскопии, гибридизации *in situ*, изотопного маркирования, позволяющие проследить участие микроорганизмов в конкретных биогеохимических процессах. Интеграция молекулярных данных с измерением физиологических параметров растений даёт возможность устанавливать причинно-следственные связи между изменениями в микробиоте и показателями роста растений.

### **Экспериментальные подходы к оценке влияния микробиоты на рост растений**

Для оценки влияния почвенных микроорганизмов на рост растений используются как лабораторные, так и полевые эксперименты. В лабораторных условиях часто применяют стерильные субстраты, в которые вводят определённые микробные штаммы или консорциумы, после чего оценивают параметры роста растений,

морфологию корней, содержание хлорофилла, показатели фотосинтеза и поглощение элементов питания.

В полевых опытах исследуется влияние биопрепаратов, сидеральных культур, органических удобрений и различных систем обработки почвы на структуру микробного сообщества и продуктивность растений. Сравнение вариантов с активной микробиотой и вариантов с её подавлением позволяет количественно оценивать вклад микробных процессов в урожайность.

Сложность таких исследований заключается в многокомпонентности почвенной среды. На рост растений одновременно влияют физические свойства почвы, её химический состав, климат, агротехника и микробиота. Поэтому современный подход строится на использовании комплексных моделей, включающих как биологические, так и физико-химические параметры.

### **Биопрепараты и микробные консорциумы в сельском хозяйстве**

Понимание роли микроорганизмов в росте растений привело к активному развитию биопрепаратов, основанных на живых микробных культурах или их метаболитах. Такие препараты включают азотфиксирующие бактерии, фосфатмобилизующие и калиймобилизующие микроорганизмы, стимуляторы роста, биофунгициды и биоинсектициды. Их использование позволяет укрепить корневую систему, улучшить питание растений, снизить поражённость болезнями и увеличить устойчивость к стрессам.

Современная тенденция заключается в создании микробных консорциумов, включающих несколько взаимодополняющих видов микроорганизмов. Такие комплексы более устойчивы в почве, лучше адаптируются к различным условиям и обеспечивают многокомпонентное воздействие на растения. Вместо узконаправленного эффекта они формируют устойчивую микробную сеть, которая поддерживает рост растений на протяжении всего вегетационного периода.

Биопрепараты рассматриваются не только как средство повышения урожайности, но и как инструмент восстановления деградированных почв, увеличения содержания органического вещества и улучшения структуры. Их применение особенно перспективно в органическом земледелии и в системах с минимальным использованием минеральных удобрений.

### **Микроорганизмы почвы в контексте устойчивого земледелия**

Устойчивое земледелие предполагает сохранение или улучшение природных ресурсов при одновременном обеспечении стабильной продуктивности. Почвенные микроорганизмы являются фундаментом такой системы, поскольку именно они обеспечивают круговорот веществ, поддержку структуры почвы, разложение органического вещества и формирование гумуса.

Сокращение применения агрохимикатов, внедрение сидеральных культур, использование органических удобрений, защита почвы от эрозии и минимальная обработка способствуют восстановлению микробного разнообразия. Богатая и сбалансированная микробиота повышает устойчивость почвы к засолению, переуплотнению и потере структуры, а также снижает риски деградации.

Понимание влияния микроорганизмов на рост растений позволяет по-новому взглянуть на концепцию плодородия. Плодородие перестаёт восприниматься только как содержание элементов питания и физические свойства, а рассматривается как интегральное свойство, включающее биологическую активность и устойчивость микробных сообществ.

## **Заключение**

Почвенные микроорганизмы играют ключевую роль в росте и развитии растений, определяя эффективность использования элементов питания, формирование корневой системы, устойчивость к биотическим и абиотическим стрессам и общую продуктивность агроценозов. Растение и его микробиом образуют единую функциональную систему, в которой микробиота выступает скрытым, но чрезвычайно важным компонентом плодородия.

Современные методы исследования почвенных микроорганизмов позволяют значительно расширить представления об их разнообразии, структуре и функциях. Интеграция классических микробиологических подходов с молекулярной генетикой, метагеномикой и системной биологией открывает новые возможности для управления микробным сообществом в интересах сельского хозяйства.

Переход к устойчивому земледелию невозможен без осознания фундаментальной роли микробиоты. Сокращение химической нагрузки, развитие биопрепаратов, использование сидератов и органических удобрений, поддержание разнообразия культур и снижение деградации почв создают условия для восстановления и укрепления микробных экосистем.

## **Литература**

1. Алексеев В. А. Почвенная микробиология и плодородие. М.: Наука, 2018.
2. Звягинцев Д. Г. Микроорганизмы и плодородие почвы. М.: МГУ, 2015.
3. Тихонович И. А., Кожемяков А. П. Ризосферные микроорганизмы и устойчивое земледелие. СПб.: Наука, 2019.
4. Морозова Л. Н. Микориза и рост растений: теория и практика. Казань: КГУ, 2020.
5. Павлов Д. В. Биопрепараты в растениеводстве: опыт и перспективы. М.: Колос, 2021.



## СПОРТ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ: СОВРЕМЕННАЯ ИНТЕГРАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОГРАММИРОВАНИЯ В УПРАВЛЕНИЕ ТРЕНИРОВОЧНЫМ ПРОЦЕССОМ И СПОРТИВНОЙ ИНДУСТРИЕЙ

**Мередов Максат**

Преподаватель, Туркменский государственный институт физической культуры и спорта

г. Ашхабад Туркменистан

**Аннамаммедов Сейранмаммед Достмаммедович**

Преподаватель кафедры информационных систем и технологий Туркменского государственного университета имени Махтумкули

г. Ашхабад Туркменистан

### Аннотация

Статья посвящена исследованию интеграции программируемых цифровых технологий и информационных систем в современную спортивную индустрию. Рассматриваются архитектурные принципы спортивных информационных систем, роль высокоточного сбора данных, программируемых аналитических модулей и искусственного интеллекта в управлении тренировочным процессом. Особое внимание уделено системам мониторинга, цифровым двойникам спортсменов, алгоритмам предиктивного анализа, мобильным приложениям и системам управления спортивными организациями. Показано, что программирование становится фундаментальным инструментом развития спортивной науки и цифровой трансформации спорта. Делается вывод о том, что интеграция спорта и ИТ открывает новые перспективы повышения эффективности тренировок, снижения травматизма, оптимизации нагрузки и формирования интеллектуальных спортивных экосистем.

**Ключевые слова:** информационные системы, спортивные технологии, программирование, цифровизация спорта, спортивная аналитика, искусственный интеллект, цифровой двойник спортсмена, мониторинг нагрузки, биомеханика, высокие технологии спорта.

### Введение

Информационные технологии перестали быть вспомогательным инструментом и превратились в ключевой фактор развития современной спортивной индустрии.

Цифровизация спорта затронула тренировочные процессы, медицинскую диагностику, управление спортивными организациями, аналитические системы, взаимодействие болельщиков и коммерческую инфраструктуру. Современный спорт невозможен без программных платформ, систем сбора данных, облачных хранилищ, алгоритмов машинного обучения, технологий визуализации и автоматизированных систем принятия решений.

В условиях стремительного роста требований к эффективности тренировочного процесса возникает необходимость точного контроля нагрузки, мониторинга физиологических параметров, оценки биомеханики движений, прогнозирования спортивного результата и снижения риска травм. Эти задачи требуют интеграции спортивной науки с информационными системами, создавая междисциплинарную область, в которой программирование занимает центральное место.

Современная индустрия спорта формирует запрос на специалистов, владеющих не только физиологией и методикой тренировок, но и аналитикой данных, искусственным интеллектом, разработкой мобильных приложений, программными интерфейсами, веб-платформами и архитектурой информационных систем. Информатизация спорта позволяет перейти от интуитивного подхода к научно обоснованному принятию решений, основанному на данных, моделировании и предиктивных алгоритмах.

### **Информационные системы как основа спортивной аналитики**

Спортивная аналитика возникает как результат объединения датчиков, программных решений, систем хранения данных и аналитических алгоритмов. Управление спортивной подготовкой сегодня невозможно без сложных информационных систем, способных собирать данные о состоянии спортсмена в режиме реального времени. К таким данным относятся частота сердечных сокращений, вариабельность сердечного ритма, показатели кислородного потребления, скорости, ускорения, биомеханики движений, параметров сна и восстановления.

Информационные системы формируют единую цифровую инфраструктуру, которая обеспечивает интеграцию данных от мобильных устройств, носимых датчиков, камер с компьютерным зрением, систем GPS и RFID-трекинга. Эти данные доступны тренеру и аналитикам через специализированные панели мониторинга, мобильные интерфейсы или облачные сервисы.

Такая цифровизация делает тренировочный процесс управляемым, воспроизводимым и научно обоснованным. Спортивная аналитика позволяет сравнивать тренировочные нагрузки, выявлять закономерности в динамике результатов, анализировать влияние стрессовых факторов, моделировать адаптацию организма и оценивать готовность спортсмена к соревнованиям.

## **Программирование и архитектурные особенности спортивных информационных систем**

Программирование является основой разработки всех цифровых инструментов, используемых в спорте. Спортивные системы требуют специализированной архитектуры, способной работать с большими объёмами данных, обеспечивать высокую скорость обработки и гарантировать точность измерений.

Архитектура спортивной информационной системы обычно включает несколько уровней. Первый уровень — это слой датчиков и устройств сбора данных, который формирует поток первичных измерений. Второй уровень — это программные модули предобработки данных, включающие фильтрацию шумов, нормализацию сигналов, выделение признаков и преобразование данных в удобный формат. Третий уровень — аналитическая платформа, интегрирующая алгоритмы машинного обучения, методы статистического анализа и инструменты визуализации.

Для таких систем необходимы современные языки программирования и технологии. Python используется для аналитики, обработки данных, построения моделей и машинного обучения. C++ применяется для создания высокопроизводительных модулей, связанных с обработкой биомеханических сигналов. Java и Kotlin становятся основой мобильных приложений для спортсменов и тренеров. JavaScript и TypeScript используются при разработке веб-платформ и облачных интерфейсов.

Архитектура систем должна учитывать специфику спортивных данных — их непрерывность, большой объём, необходимость синхронизации и высокую чувствительность к задержкам. Поэтому в спортивных приложениях применяются распределённые системы, облачные вычисления, микросервисная архитектура и контейнеризация.

## **Искусственный интеллект в спортивном программировании**

Искусственный интеллект занимает особое место в спортивных цифровых технологиях. Модели машинного обучения позволяют анализировать сложные зависимости и создавать персонализированные рекомендации для спортсменов.

Нейронные сети и алгоритмы глубокого обучения используются для распознавания паттернов движений, анализа видеозаписей, выявления биомеханических нарушений и прогнозирования риска травм. Компьютерное зрение позволяет автоматически классифицировать техники выполнения упражнений, определять фазу шага или цикла движения, анализировать углы суставов, скорость и амплитуду.

Предиктивные модели применяются для прогнозирования спортивного результата, оценки вероятности успешного выступления, определения оптимальных тренировочных нагрузок и распределения объёма работ.

ИИ-алгоритмы способны создавать индивидуальные тренировочные планы, учитывающие состояние организма, уровень усталости, историю травм, психологический профиль и особенности спортивной дисциплины.

Таким образом, искусственный интеллект становится ключевым инструментом спортивного программирования, обеспечивая не только анализ, но и автоматизированное принятие решений.

## **Цифровые близнецы в спортивной науке**

Развитие цифровых технологий создало условия для перехода спортивной науки от описательных методов к вычислительным моделям, способным воспроизводить поведение организма спортсмена с высокой точностью. Цифровой двойник — это комплексная многоуровневая модель, объединяющая данные биометрии, физиологии, биомеханики, психологического состояния и динамики спортивных показателей. В отличие от традиционных методов анализа, цифровой двойник позволяет проследивать изменения организма в реальном времени, прогнозировать реакции на нагрузку и выявлять скрытые тенденции, влияющие на эффективность спортивной подготовки.

Создание цифрового двойника начинается со сбора широкого спектра данных. Измеряются параметры сердечно-сосудистой системы, показатели дыхания, метаболические характеристики, гормональный фон, биомеханические особенности техники и пространственная траектория движений. Эти данные передаются в вычислительную систему, где на их основе строится индивидуальная модель функционирования организма. Математическая база двойника включает дифференциальные уравнения, описывающие адаптацию к нагрузке, нелинейные динамические модели утомления, биомеханические симуляции движений, статистические алгоритмы анализа вариабельности и нейросетевые модели прогнозирования.

Особое значение имеет возможность моделировать альтернативные сценарии тренировочного процесса. Цифровой двойник позволяет «проигрывать» различные интенсивности тренировок, изменять интервалы отдыха, сочетание силовой и аэробной нагрузки, а также оценивать последствия этих изменений для организма спортсмена. В результате тренер может заранее увидеть, к чему приведет то или иное решение, и выбрать наиболее эффективный путь подготовки. Такой подход делает тренировочный процесс высокоточными вычислениями, исключая случайность и субъективные ошибки.

Цифровой двойник также играет важную роль в профилактике травм. Модель обнаруживает зоны перегрузки, оценивает риски повреждения мышц, связок и суставов, определяет момент, когда восстановительные процессы отстают от нагрузки. Это даёт возможность корректировать тренировку ещё до появления физических симптомов переутомления.

Психологическая составляющая цифрового двойника охватывает уровень мотивации, эмоциональную устойчивость, стрессовые реакции и способность к концентрации. Аналитические алгоритмы позволяют обнаруживать скрытые признаки эмоционального выгорания и оценивать влияние психофизиологического состояния на спортивную эффективность. Современная спортивная психология активно интегрируется в вычислительные модели, формируя представление о спортсмене как о целостной биопсихосоциальной системе.

Таким образом, цифровые двойники формируют новое направление спортивной науки, соединяющее биомеханику, физиологию, информатику, психологию и искусственный интеллект. Их применение обеспечивает уникальную точность анализа, создаёт персонализированные модели подготовки и позволяет спортсменам достигать максимальных результатов при минимизации рисков.

### **Спортивное программное обеспечение и пользовательские приложения**

Современная спортивная индустрия располагает обширной экосистемой программных продуктов, которые объединяют спортсмена, тренера, медицинского специалиста и администрацию в единую цифровую среду. Тренировочные приложения и платформы позволяют формировать персонализированные программы подготовок, анализировать динамику развития, отслеживать состояние организма, контролировать качество сна, уровень стресса, степень восстановления и результаты тестирования.

Такое программное обеспечение использует данные, собранные с носимых устройств, интеллектуальных браслетов, датчиков пульса, GPS-трекеров и биомеханических сенсоров. Информация оперативно поступает в мобильное приложение, где преобразуется в удобные графики, аналитические панели и автоматические рекомендации. Спортсмен получает возможность видеть собственную динамику, а тренер — формировать объективную картину функционального состояния.

Появление систем анализа техники движения стало одним из ключевых достижений в области спортивного программирования. Мобильные приложения, использующие алгоритмы компьютерного зрения, анализируют траекторию движений, выявляют ошибки и предлагают корректирующие упражнения. Такие системы укрепляют связь между научной биомеханикой и практическим тренировочным процессом.

Серьёзное развитие получили приложения для контроля психологического состояния спортсменов. Они включают тесты стрессоустойчивости, анализ эмоционального баланса, дневники самонаблюдения и алгоритмы выявления признаков эмоционального выгорания. Интеграция данных о психологии с физиологическими показателями формирует комплексную модель состояния спортсмена.

Отдельную роль играют приложения для управления тренировочным процессом в спортивных клубах и университетах. Они позволяют планировать тренировки, назначать индивидуальные задания, отслеживать посещаемость, хранить результаты тестов, контролировать инвентарь и управлять расписанием спортивных сооружений. В таких системах встроены коммуникационные модули для связи спортсменов с тренерами, обмена данными и координации спортивных мероприятий.

Инновационное направление — цифровые приложения для судейства и управления соревнованиями. Они обеспечивают автоматизацию протоколов, контроль времени, фиксацию результатов, анализ видеоматериалов и мгновенную трансляцию данных зрителям. Это повышает объективность соревнований и улучшает уровень организации спортивных событий.

Таким образом, спортивное программное обеспечение превращается в фундаментальную часть современной спортивной экосистемы, обеспечивая точность, прозрачность, персонализацию и высокую эффективность взаимодействия всех участников тренировочного и соревновательного процесса.

### **Информационные системы в управлении спортивными организациями**

Информационные системы в спортивных организациях становятся стратегическим инструментом управления инфраструктурой, персоналом, финансовыми потоками, планированием тренировок и спортивных мероприятий. В условиях роста масштабов спортивной индустрии возникает необходимость в автоматизации процессов, повышении эффективности управления ресурсами и создании единого цифрового пространства.

Большинство современных спортивных учреждений используют электронные базы данных спортсменов, в которых хранится информация о результатах тестирования, медицинских показателях, тренировочных планах и динамике развития. Такие базы позволяют формировать индивидуальные спортивные профили, облегчать коммуникацию между тренерами, врачами и администрацией, а также обеспечивать непрерывность тренировочного цикла.

Системы управления инвентарём автоматизируют учёт оборудования, контроль его состояния, списание и распределение между группами. Это значительно снижает риск потерь и обеспечивает рациональное использование спортивных ресурсов.

Платформы планирования тренировок позволяют администраторам и тренерам эффективно распределять спортивные площадки, составлять оптимальные графики, учитывать загрузку спортивных сооружений и потребности разных групп. Система автоматически предотвращает накладку и конфликты расписаний, что особенно важно в крупных спортивных центрах и университетах.

Информационные системы управления соревнованиями включают регистрацию участников, формирование рейтингов, подсчёт результатов, анализ статистики, подготовку отчётов и цифровые трансляции результатов. Это обеспечивает высокий уровень организации и помогает популяризировать спортивную деятельность.

Важную роль играют аналитические модули, позволяющие руководству спортивной организации оценивать эффективность работы тренеров, здоровье спортсменов, успешность программ подготовки и качество спортивной инфраструктуры. На основе этих данных принимаются управленческие решения, направленные на повышение конкурентоспособности клуба и улучшение условий для спортсменов.

Информационные системы формируют основу цифровой трансформации спортивных организаций. Они создают прозрачную, связанную, управляемую и аналитически насыщенную среду, в которой каждый элемент спортивного процесса становится частью единой цифровой экосистемы.

## **Заключение**

Интеграция спорта и информационных систем формирует новую парадигму спортивной науки и управления тренировочным процессом. Программирование становится фундаментальным инструментом построения интеллектуальных спортивных технологий, обеспечивающих высокую точность измерений, глубокий анализ данных, прогнозирование, автоматизацию и создание персонализированных тренировочных решений.

Современный спорт развивается в направлении полной цифровизации, где каждое движение, каждое усилие и каждый физиологический показатель становится частью большой аналитической системы. Информационные технологии позволяют сделать тренировки более безопасными, эффективными и научно обоснованными. Они создают новые возможности для спортсменов, тренеров, исследователей и спортивных организаций, формируя будущее спортивной индустрии, основанное на данных, алгоритмах и интеллектуальных программных платформах.

## **Литература**

1. Поляков В. М. Информационные технологии в спорте. Москва, 2021.
2. Кузнецов И. А. Аналитические системы в спортивной подготовке. Санкт-Петербург, 2020.
3. Новиков Д. А. Цифровизация спорта: теория и практика. Москва, 2022.
4. Thompson W. Digital Transformation in Sports Science. London, 2023.
5. Miller J. Applied AI in High-Performance Athletics. New York, 2022.



## СИСТЕМА ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНОГО АППАРАТА: СТРУКТУРА, ФУНКЦИИ И МЕХАНИЗМЫ АДАПТАЦИИ

**Язмухаммедова Джерен**

Преподаватель, Туркменский государственный институт физической культуры и спорта

г. Ашхабад Туркменистан

**Аннаева Агабег**

Преподаватель, Туркменский государственный институт физической культуры и спорта

г. Ашхабад Туркменистан

### Аннотация

В статье рассматривается опорно-двигательный аппарат как сложная многоуровневая система, включающая костную, суставную и мышечную структуры, которые обеспечивают опорную, двигательную и защитную функции организма. Особое внимание уделяется физиологии мышечного сокращения, биомеханическим аспектам движения, процессам адаптации к физическим нагрузкам, возрастным особенностям функционирования и наиболее распространённым патологиям. Материал демонстрирует значимость опорно-двигательного аппарата в поддержании гомеостаза, сохранении работоспособности и обеспечении жизнедеятельности человека.

**Ключевые слова:** опорно-двигательный аппарат, мышцы, суставы, кости, физиология движения, биомеханика, адаптация организма, остеогенез, саркомер.

### Введение

Опорно-двигательный аппарат (ОДА) играет важнейшую роль в обеспечении устойчивости тела, перемещения человека в пространстве и выполнении сложных двигательных действий. Он включает костную систему, суставы, связки, сухожилия и скелетные мышцы, а также тесно связан с нервной и сосудистой системами. Благодаря взаимодействию этих компонентов организм способен поддерживать осанку, осуществлять движение и адаптироваться к изменяющимся условиям среды.

Актуальность изучения опорно-двигательного аппарата определяется ростом числа заболеваний суставов, позвоночника, мышечной системы, снижением уровня физической активности у молодёжи и взрослых, а также необходимостью разработки новых профилактических и лечебных подходов.

## **Костная система и её функции**

Костная система человека представляет собой прочный каркас, обеспечивающий опору телу и защиту жизненно важных органов. Кости состоят из органического матрикса, содержащего коллагеновые волокна, и неорганической части в виде минералов, преимущественно гидроксиапатита. Такое сочетание придаёт им прочность, гибкость и устойчивость к нагрузкам.

Функции костей включают опору, участие в движении, защиту внутренних органов, депонирование кальция и фосфора, а также участие в кроветворении благодаря наличию костного мозга. Костная ткань постоянно обновляется, в ней происходят процессы резорбции и образования. Osteобласты отвечают за формирование новой кости, остеокласты — за разрушение старой, а остеоциты — за обмен веществ в тканях и восприятие механической нагрузки.

Ремоделирование костной ткани является непрерывным процессом, обеспечивающим адаптацию к изменяющимся нагрузкам. При интенсивной физической активности плотность костей увеличивается, а при гиподинамии снижается, что может привести к развитию остеопороза.

## **Суставы и связочный аппарат**

Суставы представляют собой подвижные соединения костей, обеспечивающие широкий диапазон движений. Типичный сустав включает суставные поверхности, покрытые гиалиновым хрящом, суставную капсулу, синовиальную жидкость и связочный аппарат. Хрящевая ткань выполняет амортизирующую и защитную функции, распределяет нагрузку и уменьшает трение в суставе.

Связки обеспечивают стабильность сустава, а сухожилия соединяют мышцы с костями и передают механическую силу. Из-за низкой васкуляризации связки и сухожилия восстанавливаются медленно, что делает их травмы особенно опасными. Регулярные умеренные нагрузки стимулируют синтез коллагена и улучшение прочности связочного аппарата, в то время как отсутствие движения приводит к снижению эластичности и функциональной устойчивости структур.

## **Строение и физиология скелетных мышц**

Скелетные мышцы состоят из мышечных волокон — длинных цилиндрических многоклеточных структур, внутри которых располагаются миофибриллы. Миофибриллы состоят из чередующихся белков актина и миозина, формирующих саркомеры — основные сократительные единицы мышцы.

Различают медленные и быстрые типы мышечных волокон. Медленные волокна обеспечивают длительную работу и устойчивость к утомлению благодаря развитой митохондриальной сети и окислительному метаболизму. Быстрые волокна обеспечивают мощные и кратковременные усилия. Их соотношение зависит от генетических факторов, но возможно изменение функциональных свойств под воздействием тренировок.

Работа мышц обеспечивается биохимическими механизмами трансформации энергии. В зависимости от интенсивности нагрузки используются креатинфосфатный, гликолитический или окислительный пути. Эффективность работы скелетных мышц определяется качеством нервной регуляции, степенью координации моторных единиц и уровнем тренированности организма.

### **Биомеханические основы движения**

Биомеханика движения человека представляет собой науку, изучающую взаимодействие анатомических структур, физических законов и нейрофизиологических механизмов, обеспечивающих выполнение двигательных актов любой степени сложности. Движения не являются простым результатом сокращения отдельных мышц — это продукт слаженной работы множества элементов опорно-двигательного аппарата, объединённых в единую рычажную систему, в которой каждая кость функционирует как рычаг, каждый сустав — как ось вращения, а мышцы — как источник силы и управляющего момента. При выполнении движения мышца одновременно участвует в создании усилия, стабилизации сегмента, амортизации нагрузки и контроле траектории движения. Одни мышцы в этот момент выполняют роль агонистов, другие — антагонистов, третьи — синергистов, обеспечивая плавность, точность и безопасность двигательного акта.

Процесс инициации и выполнения движения невозможно представить без участия нервной системы, которая формирует сложные двигательные программы в моторной коре, обеспечивает их корректировку в мозжечке, а также регулирует равновесие через вестибулярный аппарат. Каждый произвольный акт движения начинается с формирования импульса в коре головного мозга, далее сигнал проходит через проводящие пути спинного мозга и достигает мотонейронов. Мотонейрон активирует моторную единицу — функциональный комплекс, состоящий из одного нервного окончания и всех мышечных волокон, которые оно иннервирует. Чем больше моторных единиц активировано одновременно, тем выше сила сокращения, а чем более синхронно они включаются, тем точнее и эффективнее выполняется движение.

Сенсорная обратная связь играет фундаментальную роль в обеспечении корректного движения. Рецепторы мышц, сухожилий, суставов и кожи постоянно передают информацию о положении тела и уровне напряжения в мышцы, позволяя мозгу мгновенно корректировать силу и амплитуду движений.

Мозжечок отвечает за координацию, равновесие и временную структуру движения, а его нарушение приводит к атаксическим, несогласованным движениям, тремору и нарушению точности. Вестибулярный аппарат обеспечивает ориентацию в пространстве, контроль вертикального положения, стабилизацию головы и туловища. Любое отклонение в работе одного из этих компонентов нарушает равновесие всей системы и приводит к нарушению походки, трудностям с координацией, снижению точности движений и ограничению функциональных возможностей человека.

Таким образом, биомеханика человеческого движения — это результат многокомпонентного взаимодействия мышц, нервных центров, суставов и костных структур, каждый элемент которых оказывает ключевое влияние на качество, силу и точность выполнения двигательного действия.

### **Адаптация к нагрузкам**

Адаптация организма к физическим нагрузкам представляет собой фундаментальный биологический процесс, обеспечивающий повышение функциональной устойчивости и эффективности работы опорно-двигательного аппарата. При регулярной тренировке в мышцах происходит гипертрофия, обусловленная увеличением диаметра мышечных волокон, повышением количества сократительных белков актина и миозина, ростом митохондриальной сети и усилением капилляризации ткани. Эти процессы обеспечивают более экономное использование энергии, увеличение силы, выносливости и сопротивляемости утомлению. Организм становится способным выполнять более интенсивную работу с меньшими энергетическими затратами.

Костная система также демонстрирует выраженную способность к адаптации. Под действием механической нагрузки активируются остеобласты, усиливается минерализация костной ткани, увеличивается плотность и прочность кости. В условиях гиподинамии эти процессы замедляются, что приводит к снижению костной массы и развитию остеопороза. Суставы адаптируются к нагрузкам через улучшение качества суставного хряща, увеличение выработки синовиальной жидкости, укрепление связочного аппарата и повышение устойчивости к износу. Но адаптационные возможности суставов ограничены: чрезмерные нагрузки, неправильная техника выполнения движений или недостаточное восстановление могут привести к микротравмам, воспалению и дегенеративным изменениям.

Нагрузка должна распределяться физиологически рационально. Если интенсивность слишком высока, мышцы и связки не успевают восстанавливаться, развиваются перенапряжения и травмы. Если нагрузка слишком мала, происходит деградация структуры тканей: уменьшается сила мышц, снижается плотность костей, ухудшается подвижность суставов. Таким образом, ключевым биологическим принципом адаптации становится постепенное увеличение интенсивности нагрузки с обязательным соблюдением режима восстановления.

Эффективная адаптация невозможна без участия гормональной системы. Анаболические гормоны (тестостерон, гормон роста, инсулиноподобный фактор роста) стимулируют синтез белка и восстановление тканей, тогда как катаболические гормоны (кортизол) при избытке могут тормозить процессы адаптации. Поэтому научно обоснованная программа тренировок должна учитывать баланс нагрузки, восстановления, питания и сна.

## **Возрастные изменения**

Возраст оказывает значительное влияние на состояние опорно-двигательного аппарата. Уже с 30–35 лет начинается постепенное снижение мышечной массы — процесс, известный как саркопения. Мышечные волокна теряют эластичность, уменьшается количество митохондрий, снижается скорость проведения нервного импульса. Это приводит к уменьшению силы, ухудшению координации, увеличению времени реакции и повышению риска падений.

Кости также претерпевают возрастные изменения: минеральная плотность уменьшается, структура трабекул становится более хрупкой, а способность к регенерации снижается. Особенно этот процесс выражен у женщин в период менопаузы, когда уменьшается уровень эстрогенов, влияющих на обмен кальция. Снижение эластичности суставных хрящей приводит к развитию дегенеративных процессов — остеоартроза, ограниченности подвижности и болевого синдрома.

Однако процессы старения не являются необратимыми. Регулярные физические упражнения, особенно силовые и координационные тренировки, значительно замедляют снижение мышечной массы, улучшают минеральную плотность костей, нормализуют работу суставов и усиливают нейромышечную координацию. Сбалансированное питание с достаточным количеством белка, витамина D, кальция и омега-3 жирных кислот, а также качественный сон и профилактические медицинские обследования позволяют поддерживать высокий уровень физической работоспособности даже в пожилом возрасте.

Таким образом, возрастные изменения являются естественной частью биологического процесса, но грамотная профилактика способна существенно смягчить их проявления и продлить функциональную активность организма.

## **Основные заболевания опорно-двигательного аппарата**

Заболевания опорно-двигательного аппарата являются одними из наиболее распространённых патологий в мире и оказывают значительное влияние на качество жизни человека. Они могут возникать в любом возрасте, однако их частота увеличивается с возрастом, при низкой физической активности и нарушениях обмена веществ.

Костные заболевания включают остеопороз, характеризующийся снижением плотности и повышенной хрупкостью кости. На ранних стадиях болезнь протекает бессимптомно, но приводит к тяжёлым переломам даже при минимальной нагрузке. Остеомаляция и болезнь Педжета также существенно нарушают прочность и структуру костной ткани.

Суставные болезни — артриты и артрозы — являются наиболее частыми причинами боли и ограничения движения. Артриты характеризуются воспалением суставной ткани, в то время как артроз связан с дегенеративным разрушением хряща. Эти заболевания приводят к нарушению подвижности, болевому синдрому и изменению формы сустава.

Патологии позвоночника включают межпозвоночные грыжи, сколиоз, кифоз и остеохондроз. Они сопровождаются болью, нарушением осанки, снижением подвижности и иногда компрессией нервных корешков, что вызывает онемение, слабость и нарушение работы конечностей.

Мышечные заболевания — миозиты, миопатии, синдром хронической усталости — приводят к болям, снижению силы и ухудшению выносливости. Тендиниты и разрывы сухожилий часто становятся следствием чрезмерных нагрузок или нарушений техники движения.

Ранняя диагностика с использованием МРТ, рентгена, УЗИ и лабораторных методов, а также грамотное лечение позволяют сохранить функциональность опорно-двигательного аппарата, поддерживать высокое качество жизни и предотвращать инвалидизацию.

## **Заключение**

Опорно-двигательный аппарат человека представляет собой чрезвычайно сложную и высокоорганизованную биологическую систему, от слаженной работы которой зависят двигательная активность, устойчивость к нагрузкам, способность к выполнению бытовых и профессиональных задач, а также общий уровень качества жизни. Он объединяет костную, мышечную, суставно-связочную и нервно-мышечную структуры, каждая из которых выполняет уникальные функции, но при этом неразрывно связана с остальными компонентами в рамках единого функционального комплекса. Благодаря этому взаимодействию организм способен осуществлять широкий спектр движений — от простейших бытовых до высококоординированных спортивных и профессиональных навыков.

В процессе жизни опорно-двигательный аппарат подвергается постоянным влияниям как внутренних, так и внешних факторов: физической активности, механических нагрузок, гормонального фона, питания, образа жизни, наследственности и естественных возрастных изменений. Эти факторы определяют способность костей, мышц и суставов адаптироваться, усиливать свою прочность и функциональные качества.

При оптимальных условиях происходит укрепление костной ткани, рост мышечной силы, улучшение подвижности суставов и повышение устойчивости к травмам. Однако нарушения режима нагрузки, малоподвижный образ жизни, хронический стресс, несбалансированное питание и отсутствие профилактических мероприятий постепенно приводят к снижению функциональных возможностей организма, развитию дегенеративных процессов и повышению риска заболеваний.

## **Литература**

1. Никитюк Б. А., Чтецов В. П. Анатомия человека. — Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2021.
2. Сапин М. Р. Физиология человека. — Москва: МЕДпресс, 2020.
3. Казначеев В. П. Биомеханика человека. — Санкт-Петербург: Питер, 2019.
4. Левин А. Н. Возрастная физиология и спорт. — Москва: Академия, 2022.
5. Frank G. Human Musculoskeletal System: Structure & Function. Springer, 2021.



## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФОРМ В АРХИТЕКТУРЕ: ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ, ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ И ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

**Кузнецова Полина Андреевна**

Студент, кафедра цифровых технологий в архитектуре, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет  
г. Санкт-Петербург, Россия

**Соколов Дмитрий Михайлович**

Доцент, кафедра цифровых технологий в архитектуре, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет  
г. Санкт-Петербург, Россия

### Аннотация

Статья посвящена исследованию математического моделирования как фундаментального инструмента современного архитектурного проектирования. Рассматриваются теоретические основы математической геометрии, методы описания сложных криволинейных поверхностей, алгоритмические подходы к генеративной архитектуре, цифровые средства параметризации и вычислительного дизайна. Особое внимание уделено взаимодействию математической абстракции и архитектурной формы, влиянию моделирования на конструктивные решения, устойчивость структур, инженерную логику и художественный образ здания. В работе анализируются современные программные платформы, включая Grasshopper, Rhino, Blender, Houdini и среды гигантских параметрических систем BIM. Показано, что математическое моделирование становится ключевым фактором развития архитектуры XXI века, обеспечивая точность, адаптивность, энергоэффективность и появление новых формообразовательных концепций.

**Ключевые слова:** математическое моделирование, архитектура, параметрика, генеративный дизайн, геометрия форм, вычислительные методы, цифровые технологии, архитектурные поверхности.

### Введение

Архитектура XXI века переживает революционный этап, определяемый цифровыми методами, новыми типами материалов и математическими подходами к формообразованию.

Если в прошлом архитектурная форма часто определялась ремесленными традициями, конструктивными ограничениями и эстетическими нормами эпохи, то современная архитектура активно опирается на вычислительные алгоритмы, математические структуры и параметрическую геометрию. В условиях стремительного развития технологий архитектор становится не только художником и инженером, но и исследователем математических моделей, определяющих динамику, пластичность и функциональность пространства.

Переход к цифровому моделированию привёл к появлению новых форм, которые невозможно было реализовать традиционными средствами. Параметрические оболочки, адаптивные фасады, бионические структуры, сложные криволинейные поверхности и системы, генерируемые алгоритмами, радикально изменили представления о возможностях архитектуры. Математическое моделирование стало ключевым инструментом, соединяющим концептуальное проектирование, конструктивную логику и технологию производства.

Современные архитекторы стремятся к созданию форм, которые одновременно эстетичны, энергоэффективны, адаптивны к климату, экономичны в производстве и устойчивы к внешним нагрузкам. Это невозможно без применения точных моделей, позволяющих предсказывать поведение конструкций, оптимизировать расход материалов и обеспечивать согласование между сложной формой и инженерными системами.

Таким образом, математическое моделирование форм в архитектуре выступает как междисциплинарная область, объединяющая геометрию, механику, компьютерные науки, материаловедение, инженерное проектирование и искусственный интеллект.

## **Теоретические основы математической геометрии в архитектуре**

Фундамент архитектурного моделирования опирается на теории аналитической и дифференциальной геометрии. Архитектурная форма может быть описана как набор геометрических объектов — точек, кривых, поверхностей, объёмов — каждая из которых обладает математическими свойствами, поддающимися вычислению.

Основной формой, используемой в архитектурной геометрии, является поверхность. Она может быть гладкой, фрагментированной, параметрически определённой или состоять из множества дискретных элементов. Дифференциальная геометрия позволяет анализировать кривизну поверхности, её минимальные и максимальные точки напряжений, свойства изгиба, возможность раскладки на плоскость и совместимость с конструктивным каркасом.

Кривизна играет особую роль. Положительная кривизна используется для куполов и оболочек, отрицательная — для гиперболоидных и седловидных поверхностей, нулевая — для плоскостей и цилиндров.

Архитекторы активно используют минимальные поверхности, которые обладают оптимальными структурными свойствами и обеспечивают лёгкость конструкции.

Значительное распространение получили NURBS-поверхности — нелинейные рациональные B-сплайны, представляющие собой гибкий инструмент описания сложных форм. Они позволяют создавать плавные переходы, точно задавать радиусы кривизны и интегрироваться с вычислительными инженерными системами без потерь точности.

Переход к параметрической геометрии создал новые горизонты. Параметры — это переменные, которые описывают размер, углы, кривизну, положение узловых точек и множество других характеристик формы. Изменяя параметры, архитектор может в режиме реального времени трансформировать структуру, анализировать варианты и оптимизировать модель.

Таким образом, математическая геометрия выступает фундаментом для современных архитектурных форм, обеспечивая строгую структурность, предсказуемость и гибкость моделирования.

## **Генеративный дизайн и алгоритмическое формообразование**

Генеративный дизайн представляет собой метод, при котором форма создаётся не вручную, а посредством алгоритмов. Архитектор определяет правила, зависимости и критерии, а алгоритм генерирует множество возможных решений. Этот подход кардинально меняет видение архитектурной творчества, потому что проект становится результатом взаимодействия человеческого замысла и вычислительной логики.

В основе генеративного моделирования лежат алгоритмы эволюции, фракталы, случайные процессы, клеточные автоматы, стохастические функции, геометрические трансформации и методы оптимизации. Такие алгоритмы позволяют создать формы, напоминающие природные структуры: раковины моллюсков, костные ткани, сотовые каркасы, коралловые образования, кристаллические решётки.

Методы оптимизации играют ключевую роль. Генеративные модели позволяют искать формы, обладающие минимальной массой, максимальной прочностью, высокой аэродинамичностью или светопроницаемостью. Алгоритм перебирает сотни вариантов и отбирает лучшие с точки зрения заданных критериев.

Отдельного внимания заслуживает применение искусственного интеллекта. Нейросети анализируют огромные массивы архитектурных данных и генерируют формы на основе закономерностей, обнаруженных в историческом, природном и современном архитектурном наследии. Такие технологии позволяют создавать уникальные объёмно-пространственные решения, ранее невозможные в традиционном проектировании.

Генеративный подход создаёт новую философию архитектуры, в которой проектирование превращается в исследование формы как живого динамического процесса, а архитектурная композиция — в вычисляемую систему, подчинённую законам математики.

## **Параметрическое моделирование как система управления формой**

Параметрическое моделирование является центральной технологией цифровой архитектуры. Его суть заключается в создании модели, где каждая часть геометрии зависит от набора параметров. Это позволяет архитектору контролировать форму на нескольких уровнях одновременно — от глобальной концепции до мелких деталей.

Параметры могут описывать размеры зданий, их кривизну, ориентацию, материалы, структуру фасадов, конфигурацию несущих элементов, распределение солнечного света, плотность проёмов, вентиляционные каналы и многое другое.

Каждое изменение приводит к автоматической перестройке всей модели, что позволяет исследовать десятки вариантов, оптимизировать проект под климатические условия и снижать материалоемкость.

Grasshopper и Rhino являются наиболее распространёнными инструментами параметрического моделирования. Grasshopper предоставляет визуальную среду алгоритмов, которые связывают параметры между собой, создавая сложные формообразовательные сценарии.

Благодаря параметрике архитекторы научились интегрировать формы, адаптирующиеся к окружающей среде. Например, фасады изменяют конфигурацию в зависимости от интенсивности солнечного света, что снижает потребление энергии на охлаждение.

Параметрическое моделирование становится структурной логикой современного проектирования, позволяя создать гибкие, изменяемые и интеллектуальные формы.

## **Сложные криволинейные поверхности и их математическая природа**

Современная архитектура всё чаще использует криволинейные формы: оболочки, гиперболические конструкции, параболические поверхности, спиральные структуры, поверхности вращения и свободные формы. Такие поверхности требуют точного математического описания, поскольку малейшая ошибка может привести к конструктивным проблемам или искажению эстетического замысла.

Сложные формы описываются системой координат и функциями, задающими поверхность в трёхмерном пространстве. Векторные функции позволяют задавать направление каждого сегмента оболочки, а параметрические сетки — контролировать её структуру.

Дифференциальные методы дают возможность анализировать прочность материала, распределение нагрузок, точки максимального изгиба. Это позволяет строить конструкции, способные выдерживать значительные ветровые, динамические и температурные нагрузки.

Многие архитекторы используют минимальные поверхности — такие, что обладают минимальной площадью при заданной границе. Эти формы встречаются в природе — мыльные плёнки, мембраны, биологические ткани — и являются энергоэффективными и эстетически целостными.

Новые цифровые инструменты позволяют объединить сложные математические уравнения в интуитивно понятный рабочий процесс, благодаря чему криволинейные поверхности стали доступными и распространёнными инструментами проектирования.

### **Композиция, форма и математическая логика**

Архитектурная композиция всегда считалась художественной дисциплиной, однако её логика тесно связана с математическими закономерностями. Пропорции, масштаб, ритм, симметрия, асимметрия, модульная сетка и структура пространственных отношений подчиняются математическим принципам.

Математическое моделирование позволяет архитектору оперировать формой как системой взаимосвязанных элементов. Оно обеспечивает точность построения, согласованность частей композиции, возможность анализа гармонических соотношений.

Особую роль играет геометрическое моделирование пространственных сеток. Сетки определяют структуру пространства, задают порядок расположения элементов и обеспечивают масштабную привязку.

Алгоритмическая композиция создаёт формы, где художественные решения напрямую зависят от вычислительных правил. Это создаёт уникальный синтез искусства и науки, формируя новое направление — цифровую морфогенетику архитектуры.

### **Материалы, производство и математическое моделирование**

Современное производство архитектурных элементов тесно связано с геометрическим моделированием. Цифровые модели используются для прямой передачи данных на станки CNC, 3D-принтеры, лазерные резки и роботизированные системы.

Математическая точность позволяет создавать сложные панели, элементы фасадов, пространственные каркасы и криволинейные устойчивые оболочки.

3D-печать бетоном, металлом и биополимерами делает возможным создание форм, которые ранее были невозможны. Наличие математической модели обеспечивает точное воспроизведение формы, её оптимизацию и снижение расхода материалов.

Взаимодействие математического моделирования с технологией производства формирует новую архитектурную парадигму, где проектирование и изготовление перестают быть изолированными процессами.

### **Влияние моделирования на конструктивные системы**

Конструктивная логика здания должна соответствовать математической форме. Если форма сложная, то математическая модель должна учитывать распределение усилий, деформации, устойчивость, точки критических напряжений.

Инженеры используют вычислительные методы: дифференциальные уравнения, численные методы FEM, методы оптимизации каркаса, топологическую оптимизацию. Благодаря математике можно создавать конструкции минимальной массы, высокой устойчивости и максимальной эффективности.

Современные оболочки и структурные фасады разрабатываются с помощью комплексных симуляций, которые позволяют предсказать поведение здания при любом воздействии: ветровом, тепловом, сейсмическом.

### **Интеграция искусственного интеллекта в архитектурное моделирование**

Искусственный интеллект открывает новую эпоху в архитектурном моделировании. Нейросети создают формы на основе анализа огромных массивов данных: природных структур, классических архитектурных пропорций, инженерной логики.

ИИ может прогнозировать энергоэффективность формы, анализировать солнечные пути, оптимизировать конфигурацию фасадов, моделировать внутренние пространства.

Генеративные сети создают полностью новые архитектурные решения, которые отличны от привычных стилей и форм. Архитектор становится куратором процесса, определяющим направление творческого поиска.

### **Будущее математического моделирования в архитектуре**

Архитектура продолжит развиваться в направлении интеграции алгоритмического мышления, роботизированного производства, параметрических форм и бионических структур.

Математика станет универсальным языком проектирования, позволяющим создавать гармоничные, устойчивые и технологичные формы.

Одной из ключевых тенденций является появление самонастраивающихся систем, адаптирующихся к внешним воздействиям. Такие конструкции будут менять форму в зависимости от климата, температуры, нагрузки, используя встроенные сенсоры и алгоритмы.

Математическое моделирование станет основой архитектурного образования, поскольку без знания алгоритмов, дифференциальной геометрии и вычислительной логики невозможно будет проектировать здания будущего.

## **Заключение**

Математическое моделирование форм в архитектуре является фундаментом развития современной архитектурной культуры. Оно позволяет архитекторам создавать сложные, динамичные, адаптивные и энергоэффективные формы, объединяя художественную интуицию с научной точностью.

Выход за пределы традиционных геометрических методов открыл архитектуре новые горизонты: генеративные структуры, параметрические оболочки, бионические каркасы, интеллектуальные поверхности, сложные криволинейные конструкции.

Математическое моделирование формирует новый тип архитектурного мышления — вычислительное, гибкое, многоуровневое, основанное на взаимодействии «архитектор — алгоритм — материал — производство». В этом синтезе формируется архитектура будущего: рациональная, высокотехнологичная, эстетичная и экологичная.

## **Литература**

1. Пономарев И. В. Геометрия архитектурных форм. М., 2020.
2. Пронин С. А. Цифровое моделирование в архитектуре. СПб., 2021.
3. Колесникова Л. Н. Параметрические методы проектирования. М., 2019.
4. Salakhov A. Computational Design in Architecture. Moscow, 2022.
5. Глушков А. Б. Генеративная архитектура. Екатеринбург, 2020.



## НЕЙРОЭСТЕТИКА: КАК МОЗГ ВОСПРИНИМАЕТ КРАСОТУ

**Лебедева Александра Вячеславовна**

Студент, кафедра нейрокогнитивных наук, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»  
г. Москва, Россия

**Громов Николай Павлович**

Доцент, кафедра нейрокогнитивных наук, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»  
г. Москва, Россия

### Аннотация

Нейроэстетика представляет собой междисциплинарную область науки, исследующую механизмы восприятия красоты, эмоциональных реакций и художественных впечатлений с точки зрения нейробиологии и когнитивной психологии. В статье рассматриваются нейрофизиологические основы эстетического опыта, роль сенсорных систем, эмоционально-мотивационных центров и когнитивных механизмов в формировании субъективного восприятия прекрасного. Особое внимание уделено деятельности зрительной коры, префронтальных структур, лимбической системы и сети пассивного режима работы мозга. Анализируются механизмы обработки формы, симметрии, пропорций, цвета и художественного контекста. Рассматриваются индивидуальные различия эстетических предпочтений, влияние культуры, прошлого опыта и генетических факторов.

Представлено детальное обсуждение современных теоретических моделей нейроэстетики, включая модель пиковой обработки, теорию прогнозирующего кодирования, модель «минимизации энергетических затрат» и концепцию эстетического резонанса. Показано, что восприятие красоты связано не только с деятельностью сенсорных систем, но и с механизмами прогнозирования, предвосхищения, памяти и мотивации. Исследуются будущие направления развития нейроэстетики: искусственный интеллект, нейротехнологии, вычислительная эстетика и применение знаний о восприятии красоты в архитектуре, медиа, дизайне и образовании.

**Ключевые слова:** нейроэстетика, восприятие красоты, мозг, эмоции, когнитивные процессы, визуальная система, искусство, эстетический опыт.

## **Введение**

Нейроэстетика, как научное направление, формируется на стыке нейробиологии, психологии, философии, эстетики и когнитивных наук, стремясь ответить на один из фундаментальных вопросов человечества: почему мы считаем одни явления прекрасными, а другие — нет? Исторически вопросы эстетики развивались преимущественно в рамках философии, начиная с античных концепций гармонии и пропорций и заканчивая современными теориями символизма, восприятия и культурной интерпретации. Однако только в последние десятилетия, благодаря методам нейровизуализации, стало возможным проследить, какие конкретные структуры мозга участвуют в формировании эстетического опыта.

Современные нейронаучные методы, такие как функциональная магнитно-резонансная томография, электроэнцефалография, системная нейровизуализация и магнитоэнцефалография, открыли путь к пониманию того, как различные уровни обработки информации — от первичных сенсорных областей до ассоциативных зон — работают совместно при восприятии искусства, музыки, архитектуры, природных форм и человеческих лиц. Благодаря этому стало ясно, что эстетическое переживание не может быть сведено лишь к сенсорному анализу. Оно включает эмоции, память, мотивацию, социальное восприятие и активность когнитивных структур.

Одной из центральных задач нейроэстетики является понимание того, как мозг превращает физические стимулы — звуки, цвета, формы, движения — в субъективное чувство красоты. Это чувство, хотя и кажется сугубо индивидуальным, имеет глубокие биологические корни. Эстетические реакции связаны с системами вознаграждения, мотивации и регуляции эмоционального состояния. Они выполняют важные адаптивные функции, отражая способность организма выделять значимые структурные закономерности в среде.

В рамках данной статьи проводится комплексный анализ нейробиологических основ восприятия красоты. Особое внимание уделяется взаимосвязи между сенсорными системами, префронтальными структурами и лимбической системой, формирующими единое эстетическое переживание. Кроме того, рассматриваются теоретические модели, объясняющие субъективную вариативность эстетических предпочтений и универсальные закономерности, присущие восприятию всех людей.

## **Нейрофизиология восприятия эстетической информации**

Эстетическое восприятие начинается с обработки сенсорных сигналов. Визуальная система, являющаяся наиболее изученной, служит моделью для анализа механизмов, общих для других модальностей. Первичные зрительные области отвечают за выделение простейших признаков — линий, углов, движения и контраста.

Далее информация передаётся в более высокие области коры, занимающиеся обработкой форм, симметрии, глубины, цвета и пространственных отношений.

Особое значение имеют две визуальные подсистемы: вентральный поток, специализирующийся на распознавании объектов, и дорсальный поток, ответственный за восприятие положения объектов в пространстве и координацию действий. Именно во взаимодействии этих потоков формируется целостный образ, который может восприниматься как эстетически привлекательный или нет.

Однако сенсорная обработка является лишь первым этапом. Восприятие красоты включает активность лимбической системы — структуры, связанной с эмоциями, мотивацией и системой вознаграждения. При оценке красоты активируются миндалина, островковая кора, передняя поясная кора и прилежащее ядро — ключевой элемент дофаминовой системы. Взаимодействие сенсорных и эмоциональных систем формирует субъективную музыкальность, выразительность и эмоциональную насыщенность визуальных форм.

Большую роль играет префронтальная кора, регулирующая внимание, контекстуальную интерпретацию и оценочные процессы. Именно эта структура определяет, будет ли объект воспринят как культурно значимый, символический или соответствующий нашим представлениям о прекрасном.

### **Роль сенсорных систем и обработки визуальных признаков**

Красота редко воспринимается изолированно. Даже элементарные признаки — форма, цвет, текстура, свет и движение — оказывают сложное влияние на эмоциональные реакции. Многочисленные исследования показывают, что симметричные структуры активируют зрительную систему быстрее и эффективнее, чем асимметричные, поскольку симметрия является маркером биологической целостности и структурной устойчивости.

Не менее важно восприятие пропорций. Пропорции золотого сечения, встречающиеся в архитектуре, искусстве и природных объектах, вызывают устойчивые реакции удовольствия. На уровне мозга это отражается в синхронной активности вентрального потока и дофаминовой системы.

Цветовая палитра играет ключевую роль. Тёплые и холодные тона по-разному активируют зрительную кору, влияя на эмоциональное состояние. Насыщенные цвета способны быстро вовлекать эмоциональные центры, формируя яркие впечатления. Аналогично визуальные текстуры и контрастные соотношения задействуют механизмы обработки движения и формы, создавая впечатление гармонии или напряжения.

## **Эмоционально-мотивационные механизмы эстетического переживания**

Эстетическое восприятие невозможно рассматривать без эмоциональных процессов. Лимбическая система является центром, объединяющим сенсорную и эмоциональную составляющие. Ощущение красоты связано с выбросом дофамина и активностью прилежащего ядра, которые отвечают за чувство удовольствия и мотивации. Это объясняет, почему эстетический опыт часто сопровождается переживанием восторга, умиротворения или вдохновения.

Эмоциональный ответ формируется на основе предшествующего опыта личности. Если определённые художественные формы или цветовые комбинации связаны с положительными эмоциями прошлого, они вызывают более сильную эстетическую реакцию. Таким образом, восприятие красоты всегда носит индивидуально окрашенный характер.

Однако существует и универсальная составляющая. Биологически обусловленные реакции на плавные линии, симметричные структуры и гармоничные пропорции отражают эволюционные механизмы поиска стабильности, предсказуемости и безопасности.

## **Нейрокогнитивные модели интерпретации красоты**

Современная нейроэстетика предлагает несколько ключевых моделей объяснения эстетического восприятия. Согласно модели «пиковой обработки», эстетическое переживание возникает в моменты оптимального баланса между новизной и предсказуемостью. Если объект слишком прост, он становится скучным, если слишком сложен — непонятным. Красота лежит в промежуточной зоне.

Теория прогнозирующего кодирования рассматривает мозг как систему, стремящуюся минимизировать ошибки предсказаний. Эстетическое удовольствие возникает, когда ожидания зрителя совпадают с реальными сенсорными сигналами, но при этом содержат элемент неожиданности.

Модель энергетической минимизации утверждает, что эстетически привлекательные формы обрабатываются мозгом с меньшими затратами энергии, что делает их приятными на уровне нейрофизиологии.

## **Индивидуальные различия и влияние культурного контекста**

Эстетические предпочтения могут значительно различаться. На них влияют генетические особенности сенсорных систем, тип темперамента, эмоциональная регуляция, социальное окружение и культурный опыт. Эстетика разных культур отражает их ценности, исторические традиции, символические системы и способы восприятия мира. Серии исследований показывают, что люди из разных культур по-разному оценивают симметрию, цветовые сочетания и композиции.

## **Применение знаний нейроэстетики**

Современная архитектура использует данные нейроэстетики для создания гармоничных пространств, которые уменьшают стресс и улучшают эмоциональное состояние. В медиаиндустрии исследования помогают формировать визуальный язык, стимулирующий интерес и позитивные эмоции. В здравоохранении эстетические принципы применяются для создания комфортных интерьеров, снижающих уровень тревожности пациентов. Нейроэстетика становится основой создания искусственных интеллект-систем, способных генерировать эстетически привлекательные формы, изображения и композиции.

## **Заключение**

Нейроэстетика открывает новый взгляд на понимание красоты как результата сложного взаимодействия сенсорных, эмоциональных и когнитивных механизмов. Эстетическое переживание — это не просто субъективный опыт, а нейробиологический процесс, встроенный в структуру человеческого мозга. Изучение этого процесса позволяет раскрыть глубинные механизмы восприятия искусства и природы, а также применить научные знания в архитектуре, дизайне, образовании, искусственном интеллекте и медицине.

## **Литература**

1. Чурилов Ю. И. Нейробиология восприятия. М.: Наука, 2020.
2. Фанталова Е. А. Эстетика и мозг: современный взгляд. СПб.: РХГА, 2019.
3. Заляев А. П. Нейрокогнитивные основы искусства. М.: Ломоносов, 2021.
4. Ramachandran V. The Science of Art. Oxford University Press, 2018.
5. Zeki S. Inner Vision: An Exploration of Art and the Brain. Oxford Univ. Press, 2019.



## МОЛЕКУЛЯРНЫЕ МЕХАНИЗМЫ УСТОЙЧИВОСТИ РАСТЕНИЙ К ЗАБОЛЕВАНИЯМ

**Савельев Артём Олегович**

Студент, кафедра клеточной биологии и биотехнологии растений  
Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова  
г. Москва, Россия

**Платонова Елизавета Викторовна**

Доцент, кафедра клеточной биологии и биотехнологии растений  
Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова  
г. Москва, Россия

### Аннотация

В статье подробно анализируются молекулярные механизмы, лежащие в основе устойчивости растений к инфекционным заболеваниям, вызванным вирусами, бактериями, грибами и оомицетами. Представлена современная концепция иммунной системы растений как многоуровневой структуры, включающей врождённый иммунитет, систему рецепторного узнавания патогенов, каскады сигналинга, вторичные метаболиты, гормональные регуляторы, эпигенетические изменения, белковые комплексы и генетические программы защитного ответа. Особое внимание уделено механизму узнавания молекулярных паттернов патогенов, работе рецепторных киназ и NLR-белков, формированию реактивных форм кислорода, синтезу антимикробных соединений и локальным программам гиперчувствительного ответа. Рассматриваются вопросы долгосрочной адаптации, формирования системной приобретённой устойчивости и паттернов эпигенетической памяти растений. Проанализированы современные методы генной инженерии, направленные на повышение устойчивости культурных растений, включая CRISPR-Cas технологии, редактирование генов иммунитета и создание трансгенных линий.

**Ключевые слова:** иммунитет растений, молекулярные механизмы защиты, NLR-белки, рецепторные киназы, фитогормоны, системная устойчивость, патогены.

### Введение

Способность растений противостоять заболеваниям является фундаментальным фактором обеспечения их выживаемости, продуктивности и адаптации к изменяющимся условиям окружающей среды.

На протяжении эволюции растения сформировали уникальную, высокоэффективную иммунную систему, функционирующую на уровне молекулярных взаимодействий между клетками, структурными элементами и биохимическими каскадами. Несмотря на отсутствие подвижных иммунных клеток и антител, характерных для животных, растения обладают мощным многослойным комплексом защитных реакций, способных распознавать патогены, ограничивать их распространение и формировать долговременные формы иммунной памяти.

Современные исследования в области молекулярной биологии и фитопатологии позволяют глубже раскрыть архитектуру растительного иммунитета и его динамику. Появление высокопроизводительных методов секвенирования, протеомики, метаболомики и микроскопии привело к пониманию того, что иммунитет растений представляет собой сложную сеть взаимосвязанных сигналов, от локальных ответов до системных форм регуляции. В условиях глобальных изменений климата, увеличения частоты фитопатогенных эпидемий и повышения потребности в устойчивом сельском хозяйстве изучение этих механизмов приобретает первостепенное значение.

Настоящая статья представляет глубокий анализ молекулярных процессов, лежащих в основе устойчивости растений к заболеваниям. В работе уделено внимание центральным системам иммунитета — врождённому распознаванию паттернов, эффектор-зависимым реакциям, сигналинговым путям, метаболическим изменениям и механизмам формирования системной устойчивости. Кроме того, обсуждаются современные биотехнологические подходы к созданию культурных растений нового поколения, обладающих повышенной защитой от биотических стрессоров.

## **Молекулярные основы врождённого иммунитета растений**

Первый уровень иммунной защиты растений основан на системе врождённого распознавания патогенов. Клетки растений способны воспринимать консервативные молекулы, характерные для широкого спектра патогенных организмов. Эти молекулярные структуры, называемые паттернами, распознаются специализированными рецепторами. Рецепторные киназы, расположенные в плазматической мембране, воспринимают внешние сигналы и запускают каскады внутриклеточной трансдукции.

Важной особенностью врождённого иммунитета растений является его неспецифичность: одна группа рецепторов может распознавать множество различных патогенов. После активации рецепторов происходит быстрое изменение клеточного гомеостаза, включающее изменение мембранного потенциала, приток ионов кальция, синтез вторичных мессенджеров и перераспределение энергетических ресурсов. Эти процессы подготавливают организм к более сложным формам защитного ответа и создают основу для системной защиты.

## **Рецепторное узнавание патогенов**

Одним из наиболее фундаментальных механизмов устойчивости растений является способность рецепторных белков различать собственные молекулы от молекул патогена. Рецепторы плазматической мембраны (PRR) представляют собой белки, содержащие лейцин-содержащие домены, которые обеспечивают высокую чувствительность к паттернам внешних объектов. Эти рецепторы взаимодействуют с многочисленными молекулами патогенов, включая белки, пептиды, полисахариды и липиды.

Распознавание патогена приводит к активации каскада передачи сигнала. Клетка быстро изменяет деятельность своих ферментов, активирует транскрипционные факторы и запускает синтез веществ, связанных с программой защиты. В результате образуются соединения, обладающие антимикробной активностью, усиливаются механические барьеры, активируется апоптотический ответ, ограничивающий распространение инфекции.

## **Эффектор-зависимый иммунитет**

Патогены часто подавляют врождённый иммунитет растений с помощью молекулярных эффекторов. Однако растения обладают специальной системой распознавания эффекторных белков, которая основана на работе внутренних рецепторов NLR. Эти рецепторы активируются при нарушении целостности клеточных компонентов или при прямом контакте с эффектором.

Активация NLR-рецепторов вызывает мощное усиление защитной реакции. Клетка инициирует гиперчувствительный ответ, который включает локализованную клеточную гибель, направленную на предотвращение распространения патогена. Одновременно активируются гены, отвечающие за синтез фитогормонов, антиоксидантов, белков теплового шока и других молекул, необходимых для системной защиты.

Эффектор-зависимый иммунитет является эволюционно молодой системой, отличающейся высокой специфичностью и динамикой. В ходе взаимодействия растений и патогенов происходит непрерывная эволюционная гонка, в которой каждая сторона совершенствует свои механизмы атаки и защиты.

## **Сигнальные пути и каскады передачи информации**

В основе молекулярной устойчивости растений лежит сложная сеть сигнальных путей. Центральным механизмом передачи сигнала служит мгновенное изменение концентрации ионов кальция в цитоплазме. Колебания кальциевого сигнала передаются с помощью кальмодулинов и других связывающих белков, которые регулируют активность ферментов.

Параллельно активируются пути MAP-киназ, обеспечивающие масштабную перестройку транскрипции генов. Эти протеинкиназы регулируют синтез вторичных метаболитов, антимикробных пептидов и защитных ферментов.

Не менее важную роль играют реактивные формы кислорода. Их синтез запускает окислительно-восстановительные реакции, воздействует на клеточную стенку и участвует в активации гибели заражённых клеток.

Комплексность сигналинга делает иммунитет растений исключительно гибким. Он способен быстро адаптироваться к новым патогенам, регулируя уровень защитных реакций и перераспределяя ресурсы между ростом и защитой.

### **Гормональные регуляторы иммунитета растений**

Фитогормоны занимают ключевое место в регуляции устойчивости растений к заболеваниям. Салициловая кислота обеспечивает защиту от биотрофных патогенов, стимулируя экспрессию генов защитных белков. Жасмонаты и этилен активируют устойчивость к некротрофным патогенам и насекомым.

Гормоны действуют как координаторы сложных реакций, влияя на развитие растений, их рост, метаболизм и морфогенез. Сложность взаимодействия гормонов создаёт возможность гибкой адаптации к различным условиям. В результате растения способны регулировать степень оборонительных реакций в зависимости от физиологического и экологического состояния.

### **Молекулярные барьеры, антимикробные соединения и клеточная гибель**

Растения обладают множеством механизмов, ограничивающих распространение патогена. Клеточные стенки могут усиливаться благодаря синтезу лигнина, каллозы и других структурных веществ. Клетка также производит антимикробные пептиды, фитоалексины и другие токсические соединения. Целенаправленная гибель клеток в зоне заражения предотвращает движение патогена и формирует локальный барьер.

### **Системная приобретённая устойчивость**

Одним из уникальных механизмов иммунитета растений является способность формировать системную приобретённую устойчивость. После локального заражения активируется программа защиты на уровне всего организма. Растение становится более устойчивым к повторным инфекциям.

Эта форма иммунитета связана с синтезом гормонов, транспортом сигнальных молекул через сосудистую систему и включением обширных генетических программ, регулирующих долговременное поведение организма.

## **Эпигенетические механизмы и иммунная память растений**

Эпигенетическая регуляция играет важную роль в формировании долгосрочной устойчивости. Метилирование ДНК, модификации гистонов и изменения структуры хроматина приводят к сохранению информации о прошлых заражениях. Эти процессы формируют иммунную память, позволяя растению быстрее реагировать на будущие угрозы. Эпигенетическая память может передаваться потомству, что открывает новые перспективы в селекции устойчивых культур.

## **Генная инженерия устойчивости растений**

Современные технологии позволяют целенаправленно улучшать защитные характеристики растений. CRISPR-Cas используется для удаления генов-вредителей или добавления генов иммунитета. Создаются трансгенные растения, устойчивые к вирусам и грибковым болезням. Активно исследуются методы метаболической инженерии, направленные на синтез новых антимикробных соединений.

## **Заключение**

Молекулярные механизмы устойчивости растений представляют собой сложную, многокомпонентную систему, охватывающую множество уровней регуляции — от рецепторного узнавания патогенов до системных и эпигенетических форм защиты. Современные исследования позволяют глубже понять эти процессы и использовать их в биотехнологии, сельском хозяйстве и селекции. Сочетание фундаментальных знаний о биологии растений с передовыми методами генетики и молекулярной инженерии открывает путь к созданию сельскохозяйственных культур нового поколения, устойчивых к заболеваниям и внешним стрессам.

## **Литература**

1. Комиссаренко А. А. Иммуитет растений: современные представления. М.: Наука, 2019.
2. Карпов В. К. Молекулярные основы фитопатологии. СПб.: БХВ, 2020.
3. Поляков Н. С. Сигнальные пути и устойчивость растений. М.: ГЕОС, 2021.
4. Zhu J., Dangl J., Jones D. Plant Immunity. *Ann. Rev. Plant Biol.*, 2018.
5. Savvides A., Fotopoulos V. *Plant Stress Physiology*. Springer, 2020.



## ВЛИЯНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ НА АДАПТАЦИЮ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

**Куликов Александр Денисович**

Студент, кафедра генетики и селекции растений Санкт-Петербургский  
государственный университет  
г. Санкт-Петербург, Россия

### Аннотация

Статья посвящена анализу роли генетического разнообразия в формировании адаптивного потенциала сельскохозяйственных культур. Генетическое разнообразие является ключевым фактором устойчивости растений к абиотическим и биотическим стрессам, определяет их способность к эволюционному развитию, адаптации к изменениям климата и повышению продуктивности в условиях современных агроэкосистем. В работе рассматриваются генетические механизмы адаптации, количественные признаки, эпистатические взаимодействия, аллельное разнообразие, влияние популяционной структуры, гетерозиса, мутационной вариабельности и эпигенетических факторов. Особое внимание уделяется влиянию широкого генофонда на устойчивость культур к засухе, засолению, перепадам температур, фитопатогенным угрозам и деградации почв. Рассматривается значение дикорастущих родичей культур, локальных сортов, традиционных земледельческих популяций и мировых коллекций семян в сохранении и расширении генетической базы. Анализируются современные методы молекулярной биологии, такие как геномное редактирование, пангеномика, маркер-ассоциированная селекция, геномный отбор, позволяющие управлять генетической изменчивостью и направленно формировать адаптивные фенотипы.

**Ключевые слова:** генетическое разнообразие, адаптация культур, популяционная структура, устойчивость растений, селекция, геномика, эволюция.

### Введение

Проблема сохранения и использования генетического разнообразия сельскохозяйственных культур приобретает сегодня особую значимость в условиях глобальных климатических изменений, деградации почв, роста мирового населения и усложнения фитосанитарной обстановки.

В основе адаптации культур лежат наследственные механизмы, обеспечивающие вариативность физиологических, биохимических и морфологических признаков, позволяющих растениям успешно существовать в разнообразных экологических условиях.

На протяжении тысячелетий культурные растения подвергались искусственному отбору, что привело к формированию высокопродуктивных сортов, однако нередко сопровождающемуся сокращением исходной генетической изменчивости. Потеря разнообразия ограничивает способность культур реагировать на новые стрессоры, делает их более уязвимыми к болезням и снижает эволюционный потенциал. Современная селекция сталкивается с необходимостью возвращения к широкому генетическому базису, включающему локальные сорта, дикорастущие формы, местные популяции, а также использование методов молекулярной биологии для восстановления вариативности и создания новых адаптивных комбинаций генов.

Изучение генетического разнообразия становится фундаментом устойчивого земледелия. Расширение генофонда открывает возможности для создания сортов, способных выдерживать экстремальные температуры, засуху, высокую влажность, засоление, кислые или выщелоченные почвы, атаки вредителей, а также новые болезни, возникающие по мере глобализации. Цель данной статьи — подробно рассмотреть молекулярно-генетические механизмы, обеспечивающие адаптацию сельскохозяйственных культур, и показать стратегическое значение генетической вариативности для развития сельского хозяйства XXI века.

### **Генетическое разнообразие как основа адаптивной эволюции культур**

Генетическое разнообразие представляет собой разнообразие аллелей, генов, хромосомных структур и эпигенетических состояний, присутствующих в популяции. Оно определяет спектр возможных фенотипических проявлений, из которых естественный или искусственный отбор выбирает наиболее адаптивные.

В основе адаптации лежат мутационные процессы, обеспечивающие появление новых аллелей. Мутации могут быть точечными, вставочными, делеционными или хромосомными. Многие из них нейтральны или вредны, однако отдельные изменения дают растениям преимущества в выживании в условиях абиотических или биотических стрессов. По мере накопления таких мутаций популяция получает возможность более устойчиво реагировать на факторы среды.

Эволюция культур является результатом отбора аллелей, повышающих продуктивность, устойчивость и способность к воспроизводству. Сочетание мутационной вариативности, рекомбинации и генной регуляции создаёт широкий спектр адаптивных фенотипов. В гомозиготных линиях разнообразие ограничено, тогда как популяции, включающие разнотипные генотипы, обладают высокой фенотипической пластичностью.

## **Пангеномика и значение структурного разнообразия геномов**

Современная геномика показывает, что традиционное представление об одном фиксированном геноме вида является неполным. Пангеном — совокупность всех генов, встречающихся в разных популяциях одного вида — включает уникальные гены, отсутствующие в стандартных референсных геномах. Эти гены определяют устойчивость к засухе, патогенам, токсичным элементам почвы, экстремальным температурам.

Например, у кукурузы количество уникальных генов, встречающихся только в отдельных линиях, составляет значительную долю от общего числа генов. У пшеницы, обладающей сложным гексаплоидным геномом, структурная вариабельность особенно высока. Такие пангеномные отличия позволяют растениям адаптироваться к региональным климатическим особенностям.

Исследование пангенома культур показывает, что значительная часть адаптационного потенциала скрыта в редких генетических вариациях, которые в процессе современной селекции зачастую теряются. Их сохранение имеет ключевое значение для будущего развития сельского хозяйства.

## **Аллельное разнообразие и его влияние на устойчивость культур**

Аллельное разнообразие лежит в основе фенотипической вариабельности. Организм, содержащий множество функциональных аллельных вариантов, способен более гибко реагировать на стрессовые условия.

Аллели, кодирующие белки теплового шока, антиоксидантные ферменты, каналы ионного транспорта, рецепторы патогенов, гормональные регуляторы, представляют собой ключевые элементы адаптивных механизмов. В популяциях, где присутствует широкий спектр таких аллелей, растения демонстрируют высокую устойчивость к изменяющимся факторам среды.

В условиях глобального потепления значение аллельной вариативности возрастает, поскольку культурные растения, прошедшие интенсивную селекцию, зачастую теряют аллели, ответственные за устойчивость к жаре или длительной засухе.

## **Роль рекомбинации, гетерозиса и гибридизации**

Гетерозис — явление гибридной силы — является прямым следствием генетического разнообразия. Потомство, полученное при скрещивании удалённых линий, часто обладает более высокой продуктивностью, жизнестойкостью и устойчивостью к стрессам. Это связано с комбинацией различных аллелей, формированием благоприятных эпистатических взаимодействий и устранением рецессивных мутаций.

Гибридизация с дикорастущими родичами культур является мощным инструментом расширения генетической базы. Дикие формы часто обладают устойчивостью к холодам, высокой влажности, бедным почвам, новым патогенам. Введение их генетического материала в культурные популяции повышает адаптивный потенциал.

Во многих случаях гибридизация позволяет восстановить утраченные в процессе селекции признаки, включая устойчивость к болезням, механическую прочность, засухоустойчивость и способность к эффективному использованию минералов.

### **Молекулярные механизмы устойчивости к абиотическим стрессам**

Генетическое разнообразие определяет способность растений реагировать на такие факторы, как дефицит воды, высокие температуры, содержание токсичных солей, застой влаги или заморозки. Устойчивость к засухе зависит от комбинации генов, регулирующих строение кутикулы, плотность устьиц, эффективность фотосинтеза, работу аквапоринов, синтез осмолитов и антиоксидантов.

Устойчивость к холоду определяется генами, контролирующими изменение состава мембран, синтез защитных белков и ферментов, стабилизирующих клеточные структуры. Устойчивость к засолению связана с ионным транспортом, механизмами экскреции натрия, синтезом осмопротекторов и модуляцией сигнальных путей кальция. Разнообразие этих генов в популяции определяет способность культур быстро адаптироваться к новым климатическим условиям.

### **Молекулярные механизмы устойчивости к биотическим стрессам**

Устойчивость культур к болезням и вредителям зависит от наличия генов, кодирующих рецепторы распознавания патогенов, ферменты синтеза антимикробных соединений, программируемую клеточную гибель, а также компоненты иммунной памяти.

Разнообразие генов, кодирующих белки R-типа, обеспечивает широкий спектр защиты от грибов, бактерий, вирусов и нематод.

Системная устойчивость связана с работой фитогормонов, прежде всего салициловой кислоты, жасмонатов и этилена. В популяциях с высоким генетическим разнообразием растения демонстрируют многоуровневые защитные реакции, предотвращающие эпидемии.

### **Эпигенетическая изменчивость и наследование адаптивных признаков**

Эпигенетические механизмы, такие как метилирование ДНК, модификации гистонов и не кодирующие РНК, позволяют растениям реагировать на стрессовые условия без изменения последовательности ДНК. Эти реакции могут наследоваться, обеспечивая адаптацию будущих поколений.

Генетическое разнообразие определяет вариативность эпигенетических ответов. Растения одной линии могут демонстрировать различные эпигенетические паттерны при одинаковых условиях среды, что увеличивает адаптивную пластичность популяции.

### **Генофонд, локальные сорта и дикорастущие родичи как источник устойчивости**

Мировые коллекции семян, такие как банки генетических ресурсов, содержат бесценные образцы растений, несущие уникальные аллели устойчивости. Локальные сорта, формировавшиеся столетиями, обладают высоким уровнем адаптации к региональным условиям.

Дикорастущие родичи культур содержат редкие аллели, которые могут использоваться для повышения устойчивости современных сортов. Их генетическое разнообразие представляет ключ к созданию сверхустойчивых культур.

### **Селекционные и биотехнологические методы управления генетическим разнообразием**

Современные методы маркер-ассоциированной селекции позволяют идентифицировать полезные аллели и комбинировать их с высокой точностью. Геномный отбор использует статистические модели для прогнозирования фенотипических признаков на основе молекулярных маркеров. Редактирование генов с помощью CRISPR-Cas позволяет корректировать аллели устойчивости, повышать стрессоустойчивость и продуктивность. Пангеномные исследования позволяют выявлять новые гены устойчивости, отсутствующие в традиционных генетических базах.

### **Заключение**

Генетическое разнообразие является основой адаптации сельскохозяйственных культур к постоянно меняющимся условиям среды. Оно определяет устойчивость растений к стрессам, их эволюционный потенциал, способность к формированию высокопродуктивных сортов и долговременную стабильность агроэкосистем.

Сохранение и расширение генетической базы культур является стратегической задачей мировой биологии и сельского хозяйства. В условиях глобальных вызовов необходимо активно использовать генофонды, развивать методы молекулярной селекции и поддерживать генетическое разнообразие как важнейший ресурс будущего продовольственного обеспечения.

## Литература

1. Жученко А. А. Адаптивный потенциал культурных растений. М.: Наука, 2018.
2. Гончаров В. П. Генетическое разнообразие и селекция. СПб.: БХВ-Петербург, 2019.
3. Лукьянчук И. Н. Генетические ресурсы растений. М.: КолосС, 2021.
4. Gao L., Jia J. Plant Genetic Diversity and Evolution. Springer, 2018.
5. Hickey L., Dreisigacker S. Genomic Selection in Plant Breeding. Cambridge Univ. Press, 2020.



## АНТРОПОМЕТРИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В СПОРТЕ: ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ, МЕТОДЫ И ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ

**Илджанов Мырат**

Преподаватель, Туркменский государственный институт физической культуры и спорта

г. Ашхабад Туркменистан

### Аннотация

Статья посвящена анализу антропометрических исследований в спорте как ключевого направления оценки морфофункционального состояния спортсменов различной квалификации. Рассматриваются теоретические основы антропометрии, современные методы измерений, цифровые технологии трёхмерного моделирования тела, биомеханические аспекты анализа телосложения и их связь со спортивной результативностью. Особое внимание уделяется применению антропометрических данных для отбора в спорт, коррекции тренировочного процесса, профилактики травматизма, мониторинга адаптации организма к нагрузкам и прогнозирования спортивного потенциала. Подчёркивается роль антропометрии как междисциплинарного научного направления, объединяющего биологию, медицину, кинезиологию, спортивную физиологию и информационные технологии.

**Ключевые слова:** антропометрия, телосложение, спортивная морфология, биомеханика, типология спортсменов, соматотип, цифровая морфология, спортивный отбор, функциональная подготовленность.

### Введение

Антропометрические исследования представляют собой фундаментальную область спортивной науки, направленную на изучение размеров, пропорций и структуры человеческого тела. В спорте антропометрия имеет особое значение, поскольку позволяет выявлять морфологические признаки, определяющие предрасположенность к конкретным видам двигательной деятельности. На протяжении десятилетий антропометрия рассматривалась как базовый инструмент спортивного отбора, изучения адаптаций организма, контроля за состоянием спортсмена и оптимизации тренировочных методик.

Современные спортивные дисциплины предъявляют высокие требования к морфофункциональным характеристикам организма. От пропорций тела, длины сегментов, массы, компонентного состава и соматотипа зависят скорость, сила, ловкость, гибкость, техника движения и устойчивость к нагрузкам. В этой связи антропометрические измерения позволяют своевременно определить спортивную одарённость, выявить пределы адаптации и спрогнозировать результаты с высокой степенью точности.

В последние годы антропометрия переживает технологическое обновление. Появление цифровых сканеров тела, биометрических платформ, 3D-моделирования, машинного обучения и анализа больших данных значительно расширило возможности исследования человеческого тела. Антропометрия продолжает эволюционировать, интегрируя биомеханику, спортивную физиологию, генетику и информационные технологии, что делает её одним из ключевых научных направлений спортивной индустрии XXI века.

### **Теоретические основы антропометрии в спортивной науке**

Антропометрия включает измерение линейных и объёмных параметров тела, длины костных сегментов, окружностей, толщины кожно-жировых складок, индексов пропорциональности и компонентного состава тела. Теоретическая база антропометрии основана на взаимосвязи морфологических характеристик с функциональными возможностями опорно-двигательного аппарата, энергетическими ресурсами организма и техническими аспектами движений.

В спортивной антропологии принято рассматривать человека как биомеханическую систему, параметры которой отражают степень его приспособленности к определённым видам физических нагрузок. Телосложение становится индикатором двигательного потенциала и уровня адаптивности, а изменения морфологических характеристик свидетельствуют о динамике тренировочного процесса.

Важным компонентом теории является концепция соматотипа, предложенная Шелдоном и позднее усовершенствованная Хитом и Картером. Соматотип определяет тело спортсмена как сочетание эндоморфии, мезоморфии и эктоморфии. Последующие исследования показали, что определённые соматотипы коррелируют с успешностью в специфических видах спорта: мезоморфный тип характерен для силовых и игровых видов, эктоморфный — для циклических дисциплин на выносливость, эндоморфный — для борьбы в тяжёлых весовых категориях.

### **Современные методы антропометрических измерений**

Антропометрия включает широкий спектр методик, которые развиваются и усложняются благодаря применению высокоточных устройств и цифровых технологий.

Традиционные методы основаны на использовании механических инструментов: ростомеров, калиперов, сантиметровых лент, антропометров и весов высокой точности. Эти методы остаются актуальными благодаря своей доступности и стандартизованности, однако они требуют высокой квалификации специалиста и значительного опыта.

Современные подходы включают трёхмерное сканирование тела, позволяющее получить цифровую модель атлета в виде трёхмерного облака точек. Такие модели позволяют анализировать симметрию тела, распределение объёмов, соотношение сегментов и микродеформации, недоступные для механических методов. Широкое применение получают биоимпедансные анализаторы, определяющие процент жировой массы, воды, внутриклеточного и внеклеточного объёма, мышечной массы и минерализации костей.

Высокую информативность демонстрируют методы рентгеновской денситометрии, позволяющие определить плотность костной ткани и оценить риски травматизма. В спортивной медицине также применяется ультразвуковая морфометрия, позволяющая исследовать толщину мышечных волокон, качественный состав тканей и состояние суставов.

### **Биомеханический анализ антропометрических данных**

Антропометрические параметры являются базой для построения биомеханических моделей, описывающих движение спортсмена. Измерения длины сегментов конечностей позволяют рассчитывать моменты силы, рычажные соотношения и механическую эффективность движений. Например, длина голени и стопы определяет особенности техники бега, а длина рычага плеча — возможности эффективного выполнения метаний.

Биомеханический анализ даёт возможность определить оптимальные нагрузки, оценить риск травм и адаптировать технику к индивидуальным морфологическим особенностям. В силовых видах спорта важным показателем является соотношение мышечной массы и массы тела, в гимнастике — соотношение массы тела и длины сегментов, в плавании — пропорции плечевого пояса и длины рук.

Биомеханические модели позволяют прогнозировать спортивные результаты, выявлять критические точки техники и создавать индивидуализированные программы подготовки.

### **Антропометрия в системе спортивного отбора**

Антропометрические данные являются одним из наиболее объективных критериев спортивного отбора. В детском и юношеском спорте измерения проводятся с целью прогнозирования будущего роста, формирования мышечной массы, особенностей координации и уровня соматического развития.

Определённые виды спорта требуют специфического телосложения: высокий рост важен в баскетболе и волейболе, развитая мускулатура — в игровых видах и единоборствах, низкая масса тела при высокой силе — в спортивной гимнастике, высокий показатель эктоморфии — в лёгкой атлетике на длинные дистанции.

Долгосрочные исследования подтверждают, что правильный спортивный отбор, основанный на антропометрических критериях, увеличивает вероятность формирования спортсменов высокого класса в несколько раз.

### **Антропометрия как средство профилактики травматизма**

Антропометрические исследования давно утвердились в качестве одного из наиболее информативных инструментов ранней диагностики риска травм у спортсменов. В отличие от функциональных тестов, которые отражают текущее состояние организма, антропометрические показатели указывают на структурные особенности тела, определяющие биомеханику движений, распределение нагрузки и предрасположенность к повреждениям. Любые несоответствия между морфологией спортсмена и требованиями конкретного вида спорта создают условия для хронического перенапряжения тканей, микротравм и нарушений опорно-двигательного аппарата.

Одним из ключевых факторов является пропорциональность тела. Дисбаланс длины сегментов конечностей, различия в окружностях бедра или голени, асимметрия плечевого пояса или тазового кольца приводят к неправильному распределению механических усилий при движении. Даже небольшие отклонения в длине нижних конечностей — всего 5–7 миллиметров — могут значительно увеличивать ударную нагрузку на суставы, создавая предпосылки для артрита и хронического воспаления мягких тканей. Антропометрический анализ помогает выявить подобные рассогласования на ранних этапах подготовки спортсмена.

Мышечная асимметрия является ещё одним критически важным фактором. В видах спорта, предполагающих односторонние движения, например в теннисе, фехтовании или метаниях, нередко наблюдается дисбаланс между левой и правой сторонами тела. Различия в объёме мышечных групп приводят к изменённой кинематике движения, компенсаторным механизмам и повышенной нагрузке на суставы и связки. Антропометрические данные позволяют точно выявить степень таких отклонений и разработать целевые программы функциональной коррекции, направленные на выравнивание мышечного тонуса.

Анализ компонентного состава тела имеет особое значение в профилактике травмирования. Избыточная жировая масса увеличивает нагрузку на коленные и тазобедренные суставы, снижает скорость реакции и увеличивает риск падений. Недостаток мышечной массы, особенно у атлетов с выраженным эктоморфным телосложением, повышает вероятность стрессовых переломов, развивающихся вследствие хронической усталости костной ткани.

Антропометрия также играет значительную роль в профилактике травм, связанных с нарушениями биомеханики стопы. Высокий свод, плоскостопие, асимметрия стоповых дуг — всё это влияет на кинематику всей нижней конечности. Своевременная диагностика таких особенностей позволяет подобрать корректирующую обувь, ортопедические стельки и адаптировать тренировочные программы таким образом, чтобы нагрузки распределялись равномерно и безопасно.

Благодаря регулярному антропометрическому контролю возможно отслеживать динамику структурных изменений, связанных с тренировочными перегрузками. Быстрое увеличение массы тела, интенсивный рост у подростков, внезапное уменьшение мышечного объёма — все эти изменения могут сигнализировать о рисках травматизации. На основе полученных данных специалисты формируют профилактические программы, включающие укрепление уязвимых мышечных цепей, корректировку техники, изменение объёма и интенсивности тренировок.

Таким образом, антропометрия выступает не просто методом измерения параметров тела, а комплексной системой мониторинга, позволяющей выявлять риски травм задолго до их появления. Она обеспечивает фундамент для персонализированной подготовки, повышает безопасность тренировочного процесса и способствует продлению спортивной карьеры.

### **Цифровые технологии и искусственный интеллект в антропометрии**

Современный этап развития антропометрии характеризуется масштабной цифровизацией, которая преобразует традиционное измерение тела в высокоточное многопараметрическое моделирование. Цифровые технологии позволяют получать данные, недоступные классическим методам, проводить глубокий аналитический синтез информации и формировать персонализированные прогнозы для каждого спортсмена.

Ключевую роль в этой трансформации играет искусственный интеллект. Машинное обучение применяется для автоматической классификации соматотипов, выявления скрытых морфологических закономерностей и формирования прогностических моделей, которые помогают определять спортивную одарённость на ранних стадиях. Алгоритмы ИИ анализируют многомерные массивы антропометрических данных, сопоставляя их с результатами спортсменов, особенностями техники, рисками травматизма и динамикой адаптации организма. Это позволяет создавать интеллектуальные системы рекомендаций, способные подсказывать оптимальные параметры тренировок и восстановления.

Одним из наиболее перспективных направлений становится создание цифровых двойников спортсменов. Цифровой двойник представляет собой точную трёхмерную модель организма, включающую параметры тела, биомеханику движений, данные о составе тела, физиологических характеристиках и

особенностях энергетического обеспечения. Такой двойник способен имитировать реакцию спортсмена на разные типы тренировочных воздействий, прогнозировать последствия перегрузки и определять оптимальную траекторию развития физических качеств.

Использование цифровых двойников особенно ценно для оценки техники. Системы компьютерного зрения анализируют характер движения каждого сегмента тела, выявляя мельчайшие отклонения, которые могут привести к травме или снижению эффективности выполнения упражнения. Виртуальная модель позволяет визуализировать последствия малейших биомеханических нарушений, помогая тренерам корректировать технику с точностью, недостижимой при визуальном наблюдении.

Цифровые системы анализа тела включают технологии 3D-сканирования, позволяющие получать максимально детализированные изображения тела спортсмена. Трёхмерное моделирование выявляет асимметрии, изменения объёмов мышц, деформации позы, особенности распределения массы. Эти данные используются для оценки эффективности тренировок, прогноза спортивной формы и создания индивидуальных планов развития физической подготовленности.

Важнейшее направление — использование больших данных спортивной морфологии. Интеграция информационных систем, носимых сенсоров, датчиков движения и физиологических трекеров создаёт уникальные базы, в которых хранятся сотни тысяч параметров для каждого спортсмена. Искусственный интеллект обрабатывает эти данные, выявляя долгосрочные тенденции, отличающие успешных атлетов от менее результативных. Это позволяет выстраивать модели спортивной подготовки, основанные на объективных морфологических и физиологических закономерностях.

Цифровые технологии также широко применяются в медицинском сопровождении спорта. Системы раннего предупреждения, основанные на анализе антропометрических и биомеханических данных, способны заблаговременно обнаруживать признаки перетренированности, нарушения осанки или повышенного риска травм. Автоматические уведомления позволяют тренеру корректировать тренировочный объём и интенсивность, предотвращая срывы адаптации.

Таким образом, цифровая антропометрия и искусственный интеллект формируют новое поколение спортивной науки, в котором анализ тела становится высокоточным, динамическим и персонализированным. Эти технологии открывают возможности для создания идеальных тренировочных моделей, обеспечения безопасности спорта и повышения результативности на всех этапах подготовки — от детского спорта до профессионального уровня.

## **Заключение**

Антропометрические исследования занимают ключевую позицию в современной спортивной науке благодаря своей способности объективно оценивать морфофункциональное состояние спортсмена, прогнозировать спортивные достижения и предотвращать травмы. Современная антропометрия представляет собой синтез биомеханики, физиологии, медицины, спортивной генетики и цифровых технологий. Развитие трёхмерной морфологии, искусственного интеллекта, биометрических систем и интегрированных платформ анализа делает антропометрию важнейшим инструментом для изучения человеческой работоспособности и совершенствования спортивной подготовки.

## **Литература**

1. Николаев А. Н. Антропометрия и спортивный отбор. М.: Физкультура и спорт, 2020.
2. Кузнецов В. С. Морфология спортсмена: теоретические основы. СПб.: ЛГУ, 2019.
3. Carter J. A., Heath B. Somatotype and Sports Performance. London: Routledge, 2021.
4. Братанов В. М. Биомеханика спорта. М.: Советский спорт, 2022.
5. Иванова Л. Г. Современные методы спортивной антропометрии. М.: ГЦОЛИФК, 2023.



## ТЕСТИРОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ У ПОЖИЛЫХ ЛЮДЕЙ И ЛИЦ ПОЖИЛОГО ВОЗРАСТА

**Оразов Оразмухаммет**

Преподаватель, Туркменский государственный институт физической культуры и спорта

г. Ашхабад Туркменистан

**Мухаммедов Сулейман**

Преподаватель, Туркменский государственный институт физической культуры и спорта

г. Ашхабад Туркменистан

### Аннотация

Статья посвящена комплексному анализу современных методов тестирования физических функций у пожилых людей и лиц старшего возраста. Рассматриваются физиологические механизмы возрастных изменений, принципы диагностики двигательной активности, методики оценки силы, выносливости, гибкости, равновесия и когнитивно-моторных способностей. Особое внимание уделяется цифровым технологиям, сенсорным устройствам, биомеханическому мониторингу и функциональным протоколам, применяемым в гериатрической практике. Показано, что тестирование является основой индивидуального планирования реабилитации, профилактики падений, поддержания самостоятельности и повышения качества жизни пожилых людей. Рассмотрены перспективы интеграции искусственного интеллекта, цифровых двойников, мобильных приложений и дистанционных программ контроля физического состояния.

**Ключевые слова:** физическое тестирование, пожилой возраст, функциональная диагностика, саркопения, равновесие, координация, биомеханика старения, гериатрия, профилактика падений, цифровая медицина.

### Введение

Проблема сохранения физической функциональности у людей пожилого возраста является одной из ключевых задач современной медицины, геронтологии, физиологии и спортивной науки. На фоне увеличения продолжительности жизни резко возрастает число людей, сталкивающихся с возрастными изменениями мышечной силы, координации, устойчивости походки, гибкости и общей физической работоспособности.

Функциональные ограничения становятся одной из основных причин потери независимости, увеличения риска падений и ухудшения качества жизни. Комплексное тестирование физических функций позволяет выявлять ранние признаки снижения функционального резерва, формировать индивидуальные программы профилактики и реабилитации, оценивать эффективность вмешательств и прогнозировать дальнейшее состояние организма.

### **Возрастные физиологические изменения как основа для тестирования физических функций**

Возрастные изменения затрагивают практически все системы организма. Саркопения, выражающаяся в уменьшении мышечной массы и снижении силы, является одним из наиболее значимых факторов потери двигательной функции. На фоне структурной перестройки мышечных волокон снижается способность к генерации силы, уменьшается скорость нервно-мышечной передачи, ухудшается координация моторных единиц. Эти процессы влияют на способность выполнять повседневные действия, повышая риск падений.

С возрастом происходит также снижение плотности костной ткани, ухудшение состояния суставного хряща, уменьшение эластичности связок. Нарушение биомеханики движений, ограничение подвижности суставов и изменение походки становятся характерными признаками старения. Сердечно-сосудистая система утрачивает способность поддерживать высокую интенсивность нагрузки из-за снижения сердечного выброса и ухудшения насыщения тканей кислородом. Возрастные изменения в работе вестибулярного аппарата, снижение чувствительности механорецепторов стопы и ухудшение зрительного контроля усиливают нарушения равновесия.

Таким образом, тестирование физических функций требует глубокого понимания физиологических механизмов старения, что позволяет выбирать наиболее информативные диагностические методики.

### **Принципы функциональной диагностики пожилых людей**

Тестирование пожилых людей должно опираться на комплексный подход, включающий оценку мышечной силы, выносливости, гибкости, баланса, координации, скорости реакции, походки, биомеханики движения и когнитивных функций, связанных с моторикой.

Важным принципом является безопасность. Тесты подбираются таким образом, чтобы нагрузка не превышала функциональные возможности человека и не провоцировала развитие опасных состояний. Обязательным является предварительный контроль состояния сердечно-сосудистой системы, проведение измерений артериального давления и частоты сердечных сокращений.

Другим принципом является индивидуализация. Пожилые люди значительно отличаются друг от друга по уровню подготовки, состоянию здоровья и особенностям старения. Универсальные тесты не всегда отражают реальные возможности конкретного человека, поэтому методики должны адаптироваться под его функциональный статус.

Третий принцип — интегративность. Функциональные тесты рассматриваются не отдельно, а в рамках общей модели старения конкретного организма, включающей морфологические, биомеханические и когнитивные уровни.

### **Методы оценки мышечной силы и выносливости**

Оценка мышечной силы является базовым компонентом функционального тестирования. Наиболее распространёнными методами являются измерение максимальной силы хвата кисти с помощью динамометра, тест на подъём со стула без помощи рук, оценка силы разгибателей и сгибателей коленного сустава с использованием изокинетических систем. Эти тесты позволяют выявлять степень саркопении и определять риски ограничения физической активности.

Выносливость оценивается с использованием шестиминутного теста ходьбы, который демонстрирует способность человека поддерживать длительную нагрузку. Другие методы включают тест подъёма по ступеням, ходьбу по ровной поверхности в течение заданного времени и мониторинг частоты сердечных сокращений во время нагрузки. Длительные тесты позволяют анализировать уровни аэробной производительности, определять функциональный резерв сердечно-сосудистой системы и выявлять скрытые признаки недостаточности кровообращения.

### **Оценка гибкости и подвижности суставов**

Гибкость является важным параметром для поддержания качества движений, предотвращения болевого синдрома и уменьшения риска травм. Тесты гибкости включают оценку подвижности позвоночника, тазобедренных, коленных и плечевых суставов. Одной из распространённых методик является тест наклона вперёд из положения сидя, позволяющий оценить состояние связочного аппарата задней поверхности бедра и поясничного отдела. Для оценки подвижности плечевого пояса используются тесты круговых движений рук и так называемый «гибкость плеч», отражающий состояние суставной капсулы.

С возрастом гибкость существенно снижается, что требует регулярного контроля для корректировки программ физической активности.

### **Биомеханические тесты равновесия и устойчивости**

Равновесие — ключевой параметр, характеризующий риск падений. Пожилые люди теряют способность быстро реагировать на нарушения устойчивости, что

связано с замедлением нервной проводимости, ухудшением работы вестибулярного аппарата и снижением чувствительности рецепторов стопы.

Для оценки равновесия используются такие тесты, как «стояние на одной ноге», «Тандем-тест», «Тест Тинетти», а также система оценки динамической устойчивости Timed Up and Go. Эти методики позволяют оценить не только устойчивость, но и способность к переключению между статическими и динамическими режимами.

Биомеханические платформы обеспечивают возможность количественно оценивать распределение давления, колебания центра массы и характер микродвижений тела. Такие данные позволяют выявлять скрытые нарушения постурального контроля.

### **Исследование походки и двигательной координации**

Походка человека представляет собой сложный биомеханический и нейрофизиологический процесс, который включает взаимодействие опорно-двигательного аппарата, центральной и периферической нервной системы, вестибулярного анализатора, зрительного контроля и психоэмоционального состояния. У пожилых людей любые изменения в одном из этих звеньев отражаются на структуре шага, ритмичности, устойчивости и симметрии движений. Поэтому исследование походки является важнейшим инструментом оценки функционального состояния организма и уровня риска падений — одной из основных причин инвалидизации в старшем возрасте.

Современная оценка походки проводится не только визуально, но и с использованием высокоточных кинематических систем, платформ стабиллометрии и датчиков давления. Эти методы позволяют фиксировать длину шага, ширину опоры, темп ходьбы, вариабельность шага, длительность фаз опоры и переноса, а также особенности распределения массы тела. На основе этих данных специалисты выявляют компенсаторные механизмы, возникающие вследствие слабости мышц, нарушения равновесия, боли в суставах или дисфункций опорно-двигательного аппарата.

Особое внимание уделяется симметрии движений. Ее нарушение может быть признаком саркопении, последствий инсульта, дегенеративных заболеваний нервной системы или патологий суставов нижних конечностей. Анализ углов в коленном, тазобедренном и голеностопном суставах позволяет определить изменения биомеханики, которые в перспективе повышают риск падений и ухудшают мобильность. Важным параметром является адаптивность походки — способность изменять траекторию, длину шага и скорость при воздействии внешних раздражителей, что у пожилых людей нередко бывает ограничено.

Помимо объективных параметров, исследование походки включает оценку психофизиологических факторов. Страх падения, тревожность и снижение уверенности в движении приводят к уменьшению длины шага, избыточному напряжению мышц, избеганию препятствий и формированию неустойчивой, «осторожной» походки. Поэтому оценка двигательной координации должна включать интегральный биомеханический, когнитивный и эмоциональный анализ. Современные методы диагностики позволяют комплексно оценивать походку в динамике, что важно для разработки индивидуальных программ укрепления функции ходьбы, снижения риска падений и повышения качества жизни пожилых людей.

## **Когнитивно-моторные тесты**

С возрастом когнитивные функции претерпевают закономерные изменения: снижается скорость обработки информации, замедляется реакция на внешние сигналы, уменьшается способность к концентрации и переключению внимания. Эти процессы напрямую связаны с двигательными функциями, поскольку система управления движением требует своевременной обработки сенсорной информации, принятия решений и формирования моторных программ. Когнитивно-моторные тесты позволяют выявить степень взаимодействия когнитивных и двигательных процессов и определить вклад центральной нервной системы в нарушение походки и баланса.

Одним из наиболее распространённых методов является тест «двойной задачи», в котором человек должен одновременно выполнять двигательную и когнитивную активность — например, идти и считать, идти и называть слова, идти и выполнять задания на память. Снижение скорости ходьбы, нарушения ритма или потеря устойчивости при выполнении такой двойной задачи свидетельствуют о перегрузке когнитивных ресурсов и повышенном риске падений. У пожилых людей выполнение двух действий одновременно нередко приводит к переключению внимания либо исключительно на мыслительный процесс, либо на двигательный элемент, что создаёт опасные ситуации при пересечении дороги, движении по лестнице или обходе препятствий.

Когнитивно-моторные тесты позволяют выявить ранние признаки деменции и когнитивных нарушений, поскольку изменение походки в сочетании с когнитивной нестабильностью является одним из предвестников нейродегенеративных заболеваний. Данные тесты также используются для мониторинга реабилитации после инсультов и травм, так как отражают уровень восстановления интегративных функций мозга. Их регулярное применение помогает корректировать тренировочные программы, направленные на улучшение нейромоторной координации, укрепление внимания и повышение функциональной независимости пожилых людей.

## **Цифровые технологии в функциональном тестировании пожилых людей**

Развитие цифровых технологий открыло новые возможности для объективного, непрерывного и удалённого мониторинга функционального состояния пожилых людей. Носимые устройства — фитнес-трекеры, умные часы, электронные инерциальные датчики, браслеты с акселерометрами и гироскопами — обеспечивают круглосуточную регистрацию параметров шага, пульса, variability сердечного ритма, уровня активности, количества пройденных шагов и качества сна. Эти данные формируют индивидуальные цифровые профили старения, которые позволяют выявлять отклонения на ранних стадиях и своевременно корректировать образ жизни.

Электронные динамометры и сенсорные платформы применяются для измерения силы хвата, баланса, устойчивости и распределения давления на стопу. Мобильные приложения фиксируют выполнение тестов, напоминают о необходимости активности и помогают врачам наблюдать за пациентом дистанционно. Такой подход особенно важен для пожилых людей, которым сложно регулярно посещать медицинские центры или спортивные секции.

Цифровые технологии повышают точность тестирования благодаря возможности многократного повторения измерений в естественных условиях, а не только в лаборатории. Регистрация данных в реальном времени исключает субъективность и позволяет отслеживать динамику изменений в течение длительного периода. Использование телемедицины и облачных платформ делает функциональную диагностику доступной, персонализированной и экономически эффективной. Такие инструменты становятся ключевым элементом профилактических программ, направленных на поддержание мобильности, снижение риска падений и повышение качества жизни пожилого населения.

## **Искусственный интеллект и цифровые двойники в гериатрической диагностике**

Искусственный интеллект (ИИ) постепенно становится центральным инструментом в оценке функционального состояния пожилых людей. Алгоритмы машинного обучения способны анализировать огромные массивы медицинских, биомеханических, когнитивных и поведенческих данных, выявлять скрытые закономерности и строить прогнозы, недоступные традиционным методам диагностики. ИИ определяет индивидуальные траектории старения, выявляет ранние отклонения в походке, балансе, моторике и когнитивных функциях, а также прогнозирует вероятность падений с высокой точностью.

Одним из прорывных направлений является создание цифровых двойников пожилых людей — виртуальных моделей, которые отражают физиологические, антропометрические, биомеханические и когнитивные параметры конкретного человека.

На основе данных функциональных тестов, анализа походки, состояния суставов и мышц, сердечно-сосудистой активности и уровня физической подготовки формируется математическая модель, позволяющая имитировать реакцию организма на нагрузки, терапевтические вмешательства или изменение образа жизни. Цифровой двойник позволяет заранее прогнозировать результат тренировочной программы, выявлять зоны риска, оптимизировать медикаментозное лечение и устранять факторы, приводящие к утрате мобильности.

ИИ также используется для автоматической расшифровки видеоаналитики походки, распознавания патологических движений и оценки стабильности в условиях реального окружения. Такие системы способны в реальном времени предупреждать человека о риске падения или рекомендовать изменение темпа движения. Использование цифровых двойников и технологий машинного обучения открывает путь к полностью индивидуализированной гериатрической медицине, где профилактика становится точной, персонализированной и научно обоснованной.

## **Заключение**

Тестирование физических функций является фундаментальным инструментом для оценки состояния пожилых людей. Оно позволяет выявлять ранние признаки снижения двигательного потенциала, формировать индивидуальные программы реабилитации, снижать риск падений, поддерживать независимость в повседневной жизни и повышать качество старения. Интеграция цифровых технологий, искусственного интеллекта, мобильных приложений и систем биомеханического анализа выводит гериатрическую диагностику на новый уровень, делая её точной, персонализированной и прогностически значимой.

## **Литература**

1. Аронов Д. М., Бендет Я. А. Гериатрическая кардиология. Москва: МЕДпресс-информ, 2018.
2. Левин О. С. Функциональная диагностика в клинической практике. Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2020.
3. Фролова Е. В., Романова Т. А. Старение и физическая активность. Санкт-Петербург: СпецЛит, 2019.
4. World Health Organization. Global report on falls prevention in older age. Geneva, 2018.
5. Sun F., Norman I. J., While A. E. Physical activity in older people. Journal of Clinical Nursing, 2013.



## ЭФФЕКТИВНОСТЬ МЕР ГОСУДАРСТВЕННОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ МОНОПОЛИЙ

**Северинов Андрей Михайлович**

Студент, кафедра мировой экономики Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова  
г. Москва, Россия

**Полякова Валентина Сергеевна**

Доцент, кафедра мировой экономики Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова  
г. Москва, Россия

### Аннотация

Статья посвящена комплексному анализу эффективности мер государственного регулирования монополий в современной экономике. Авторский подход основан на сочетании институциональной теории, теории общественного выбора, современной микроэкономики и практики государственного регулирования естественных монополий. Рассматриваются исторические предпосылки формирования монополий, их социально-экономические последствия, инструменты государственного контроля, методы оценки эффективности регуляторной политики, а также институциональные барьеры, препятствующие достижению оптимального уровня регулирования. Особое внимание уделено сравнению международных моделей антимонопольной политики, анализу отраслевых примеров, вопросам цифровой экономики и проблемам регулирования глобальных технологических монополий. Показано, что эффективность мер государственного воздействия определяется качеством институтов, прозрачностью процедур, сбалансированностью интересов бизнеса, государства и общества. Государственное регулирование монополий рассматривается как важнейший механизм обеспечения конкурентоспособности национальной экономики и защиты общественного благосостояния.

**Ключевые слова:** монополия, антимонопольная политика, регулирование рынка, естественная монополия, конкуренция, государственный контроль, общественное благо.

### Введение

Регулирование монополий является одной из фундаментальных задач государственного управления экономикой.

Монополизация рынков неизбежно возникает как в условиях свободного развития рыночных механизмов, так и вследствие особенностей отраслевого устройства хозяйства. Некоторые рынки по своей природе тяготеют к концентрации — из-за эффекта масштаба, высоких барьеров входа, технологической сложности или уникальности создаваемых продуктов. Такие рынки называют естественными монополиями: энергетика, водоснабжение, газотранспорт, железнодорожная инфраструктура. Другие монополии формируются в результате рыночной борьбы — временные технологические монополии, цифровые платформы, компании-инноваторы.

Независимо от происхождения, монополия обладает способностью влиять на цену, объем производства, структуру отрасли и распределение благ. При отсутствии контроля она может приводить к снижению эффективности экономики, ограничению инноваций, ухудшению качества продукции и росту социального неравенства. Поэтому государственное вмешательство неизбежно становится важным элементом поддержания конкурентной среды и защиты общественных интересов.

В современных условиях усиливаются вызовы, связанные с цифровыми гигантами, платформенными экосистемами, концентрацией капитала, вертикальной интеграцией и ростом барьеров входа на ключевые рынки. Эти тенденции заставляют государства модернизировать антимонопольную политику, внедрять регуляторные инновации, повышать прозрачность и обоснованность принимаемых решений. Цель данной статьи — рассмотреть государственное регулирование монополий как многомерный экономический процесс, основанный на взаимодействии институтов, стимулов, социальной политики, рыночной логики и стратегических национальных интересов, и оценить эффективность существующих мер регулирования.

### **Теоретические основы монополии и необходимость государственного контроля**

Монополия представляет собой рыночную структуру, в которой одна фирма полностью доминирует на рынке, определяя объем производства и уровень цены. Теоретически монополия обладает способностью устанавливать цену выше конкурентного уровня, что приводит к снижению общественного благосостояния и возникновению «мертвого груза» потерь. Равновесие монополиста отличается от конкурентного тем, что объем оказывается ниже оптимального, а цена — выше. Это создает противоречие между частными интересами монополии и общественными интересами.

С точки зрения институциональной теории, монополия возникает не только как экономический феномен, но и как результат несовершенств институтов. Мягкость регуляции, слабость антимонопольных органов, отсутствие политической воли государства — все это способствует концентрации рыночной власти.

Государственный контроль становится компенсаторным механизмом, обеспечивающим соответствие частной деятельности общественным целям.

Государственное вмешательство оправдано в силу нескольких теоретических факторов. Во-первых, монополия нарушает механизм ценовой конкуренции, и государство обязано снижать дисбаланс. Во-вторых, в естественных монополиях, где конкуренция экономически неэффективна, государственное регулирование оказывается единственным способом обеспечить оптимальный уровень цен и качества. В-третьих, регулирование позволяет предотвращать дискриминационные практики, злоупотребления доминирующим положением и создаёт институциональные условия для инноваций.

Таким образом, теоретические основания государственного вмешательства в деятельность монополий базируются на необходимости восстановления экономической эффективности, защиты потребителей и обеспечения долгосрочной устойчивости отраслей.

### **Исторический контекст развития государственного регулирования монополий**

Меры государственного регулирования монополий прошли долгий путь эволюции. Еще в конце XIX века США стали первой страной, принявшей фундаментальный антимонопольный закон — Акт Шермана (1890). Он был направлен на борьбу с картелями, трестами и крупными объединениями, доминировавшими над рынками нефти, стали и железных дорог. С тех пор антимонопольная политика стала основой рыночной экономики большинства развитых стран.

В Европе регулирование развивалось иначе: центральную роль играло государство, которое одновременно контролировало и зачастую владело ключевыми инфраструктурными отраслями. В 1950–1980-е годы государственные монополии доминировали в энергосекторе, телекоммуникациях, транспортных сетях. Либерализация, начавшаяся в 1990-е годы, привела к разделению естественных монополий, внедрению конкурентных сегментов и усилению независимых регуляторов.

В России антимонопольная политика формировалась в условиях трансформации плановой экономики в рыночную. Концентрация владений, приватизация крупных предприятий и слабость молодых институтов привели к появлению доминирующих фирм в отраслях нефтегазового комплекса, транспорта, металлургии и энергетики. Создание Федеральной антимонопольной службы (ФАС) стало ключевым шагом в формировании современной модели регулирования.

История государственного контроля над монополиями показывает, что эффективность мер зависит от зрелости институтов, прозрачности процедур, политической независимости регуляторов и качества законодательной базы. В странах с сильными институтами регулирование способствует развитию конкуренции, в странах со слабой институциональной средой — нередко усиливается риск бюрократизации и регуляторного захвата.

### **Инструменты государственного регулирования монополий и их функциональная эффективность**

Государственные меры регулирования монополий подразделяются на несколько крупных направлений: ценовое регулирование, контроль за качеством, структурная политика, антимонопольный надзор и механизм стимулирования конкуренции.

Ценовое регулирование применяется преимущественно в естественных монополиях. Оно позволяет устанавливать тарифы на услуги, производимые монополистом, таким образом, чтобы они отражали реальные издержки и обеспечивали доступность для потребителей. Применяются такие механизмы, как предельное ценообразование, тарифы «затраты плюс», регулируемая норма прибыли. Высокая эффективность достигается в случаях, когда регулятор обладает достаточной информацией о структуре издержек монополиста.

Структурная политика направлена на разделение монополий, ограничение владения активами, препятствование вертикальной интеграции. Этот метод используется в тех случаях, когда монополия не является естественной, и существуют объективные возможности для конкурентного рынка. Однако разделение монополий требует большой осторожности: разрушение технологически связанной компании может привести к снижению эффективности отрасли.

Антимонопольный контроль включает запрет картельных соглашений, пресечение злоупотребления доминирующим положением, контроль за слияниями и поглощениями. Его эффективность зависит от независимости регулятора, скорости рассмотрения дел, уровня штрафов и прозрачности процедур.

Важную роль играют и меры по стимулированию конкуренции: снятие барьеров входа, допуск новых участников, развитие альтернативной инфраструктуры, цифровизация отраслей. В долгосрочной перспективе именно эти меры оказываются наиболее эффективными для обеспечения устойчивой рыночной среды.

## **Эффективность регулирования естественных монополий: технические, экономические и социальные аспекты**

Естественные монополии отличаются высокой капиталоемкостью, сложной инфраструктурой и низкой технологической заменяемостью. Их регулирование является одной из самых сложных задач экономической политики.

Эффективность мер регулирования зависит от нескольких факторов. Во-первых, от качества тарифной политики. Если тарифы завышены, общественное благосостояние снижается; если занижены — монополия не может обеспечивать технологическое развитие. Во-вторых, от стимулов к инновациям. Чаще всего монополии, находящиеся под жестким тарифным контролем, стремятся минимизировать издержки, но не инвестируют в инновации. Для решения этой проблемы используется механизм стимулирующего регулирования, когда монополии оставляют часть прибыли, полученной за счет повышения эффективности.

В-третьих, от качества структуры собственности. Государственная монополия может быть более стабильной, но менее эффективной; частная — наоборот. Поэтому в разных странах формируются смешанные модели собственности, где инфраструктура принадлежит государству, а услуги предоставляют частные компании.

Эффективность регулирования естественных монополий имеет прямые социальные последствия: доступность услуг, качество коммуникаций, безопасность и устойчивость инфраструктурных систем.

### **Государственное регулирование монополий в цифровой экономике**

Появление цифровых платформ радикально изменило логику монополизации. В отличие от традиционных отраслей, цифровые рынки характеризуются сетевыми эффектами, платформенной зависимостью, низкими транзакционными издержками и стремительным масштабированием. Это делает цифровых гигантов фактически «естественными монополиями нового типа».

Регулирование цифровых монополий требует новой методологии. Традиционные меры, основанные на понятиях цены и объема, становятся недостаточными. Цифровые платформы монетизируют данные, время пользователей, алгоритмическое преимущество. Эффективность регулирования определяется возможностью государства контролировать алгоритмы, защищать данные, обеспечивать недискриминационный доступ пользователей и предотвращать злоупотребления рыночной властью.

Европейский Союз сделал шаг вперед, приняв Законы о цифровых сервисах и цифровых рынках. Они ограничивают антиконкурентные практики, регулируют доступ к данным и требуют прозрачности алгоритмов.

В других странах подобные меры также разрабатываются, однако эффективность их применения зависит от политической воли и технологических возможностей.

## **Институциональные барьеры и проблема регуляторного захвата**

Одной из ключевых проблем государственного регулирования является риск регуляторного захвата, когда монополия начинает оказывать влияние на регулятора через лоббизм, коррупцию или политические механизмы. В таких условиях антимонопольная политика теряет эффективность, тарифы становятся искаженными, а конкуренты вытесняются.

Страны, где институты независимы и прозрачны, демонстрируют более высокую эффективность регулирования. Там, где институты слабые, регулирование превращается в формальность. Эффективность государственной политики определяется качеством институтов, профессионализмом антимонопольных органов, возможностями судебной системы и уровнем общественного контроля.

## **Заключение**

Эффективность государственного регулирования монополий является фундаментальным условием развития национальной экономики. Монополии способны как способствовать экономическому развитию, так и тормозить его. Все зависит от того, насколько эффективно государство использует инструменты контроля и создаёт прозрачную, конкурентоспособную и устойчивую экономическую среду.

Государственное вмешательство должно быть гибким, научно обоснованным и институционально сбалансированным. Оно должно учитывать особенности отраслей, технологические параметры, уровень развития рынка, состояние конкуренции и общественные интересы. В современных условиях цифровизации и глобальных структурных изменений значение антимонопольной политики только растёт. Будущее экономического развития напрямую зависит от способности государственных институтов контролировать монополии, формировать условия для справедливой конкуренции и обеспечивать общественное благосостояние.

## **Литература**

1. Авдашева С. Б., Шаститко А. Е. Теория организации отраслевых рынков. М.: ГУ-ВШЭ, 2019.
2. Фирсов А. Н. Государственное регулирование естественных монополий. М.: Инфра-М, 2020.
3. Яковлев А. А. Конкурентная политика: российская и мировая практика. М.: Дело, 2022.
4. Posner R. Antitrust Law. University of Chicago Press, 2018.
5. Motta M. Competition Policy: Theory and Practice. Cambridge University Press, 2021.



## ТЕХНОЛОГИИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В СОВРЕМЕННОМ СПОРТЕ: ИНТЕГРАЦИЯ ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ, БИОМЕХАНИКИ И ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

**Гульджахан Дурдиева**

Преподаватель, Туркменский государственный институт физической культуры и спорта

г. Ашхабад Туркменистан

**Алламурадова Мерджен Кеминеевна**

Преподаватель кафедры прикладной математики и информатики Туркменского государственного университета имени Махтумкули

г. Ашхабад Туркменистан

### **Аннотация**

Статья посвящена анализу роли современных вычислительных технологий в развитии спортивной науки и подготовке спортсменов высокой квалификации. Особое внимание уделено математическому моделированию, цифровым двойникам, искусственному интеллекту, анализу больших данных, биомеханическим симуляциям, высокопроизводительным вычислениям и внедрению цифровых систем в управление спортивными организациями. Рассматриваются концепции персонализированного тренировочного планирования, прогнозирования результатов, профилактики травм и цифровой оценки двигательных компетенций. Показано, что вычислительные технологии существенно изменяют структуру спортивной подготовки, делая ее научно обоснованной, гибкой и полностью адаптированной к индивидуальным особенностям спортсмена.

**Ключевые слова:** вычислительные технологии, спортивная наука, цифровые двойники, биомеханика, искусственный интеллект, большие данные, анализ движений, спортивная медицина, моделирование.

### **Введение**

Цифровизация спорта стала одним из наиболее значимых явлений XXI века. Мощные вычислительные ресурсы, аналитические платформы, сенсорные технологии и искусственный интеллект радикально изменили подходы к тренировкам, реабилитации, спортивной медицине, биомеханике и управлению организациями.

Ведущие мировые спортивные центры переходят от традиционных интуитивных методов к системам, основанным на объективных данных и вычислительном моделировании.

Современный спортсмен рассматривается как сложная биологическая и информационная система, динамика работы которой может быть точно описана математическими моделями и алгоритмами. Это открывает возможности прогнозировать реакции организма, предотвращать травмы, анализировать технику движений и оптимизировать тренировочный процесс с точностью, невозможной ранее.

### **Вычислительная биомеханика и моделирование движений**

Биомеханика стала одной из центральных дисциплин, активно использующих вычислительные методы. С помощью математических моделей и цифровых симуляторов исследуются движения человека с высокой степенью детализации. Используются методы конечных элементов, математической оптимизации, нелинейной динамики, машинного обучения и трёхмерной видеорекострукции.

Эти модели позволяют изучать распределение нагрузки на суставы, амортизацию ударов, работу миофасциальных цепей, поведение позвоночника под нагрузкой и механические свойства тканей. Особенно актуально моделирование техники бега, прыжков, метаний, ударов в единоборствах, движений пловцов и биомеханики тяжёлой атлетики.

Компьютерные симуляции позволяют анализировать миллионы вариаций микродвижений, выявляя оптимальные паттерны, минимизирующие риск травмы и повышающие эффективность работы мышечных групп. Биомеханическое моделирование стало незаменимым для подготовки спортсменов мирового класса.

### **Аналитические системы и большие данные в спорте**

Современные спортсмены генерируют огромные массивы данных, которые включают параметры сердечного ритма, вариабельность сердечного ритма, показатели мощности, кислородный обмен, качество сна, скорость реакции, психологическое состояние, характеристики движений и физическую активность.

Системы анализа больших данных позволяют формировать комплексные профили спортсменов, выявлять скрытые зависимости, прогнозировать состояние организма и анализировать динамику подготовки. Эти данные используются для оценки эффективности тренировок, оптимизации восстановительных процессов, моделирования усталости и определения зон риска.

Большие данные являются фундаментом для построения интеллектуальных тренировочных платформ, способных автоматически корректировать нагрузки и подбирать оптимальные методы подготовки.

## Высокопроизводительные вычисления (НРС)

Высокопроизводительные вычисления занимают ключевую позицию в современной спортивной науке, превращая традиционный анализ тренировочного процесса в высокоточный научный эксперимент. НРС-кластеры позволяют выполнять расчёты, невозможные на обычных компьютерах, поскольку современные модели спортивных движений включают миллиарды параметров, нелинейные зависимости, сложные дифференциальные уравнения и динамические системы, взаимодействующие в реальном времени.

В контексте профессионального спорта НРС используется для расчёта аэродинамических и гидродинамических процессов, которые невозможно точно оценить даже с помощью физических измерений. В плавании цифровые модели потоков воды позволяют определить оптимальное положение тела спортсмена, положение кисти во время гребка, количество создаваемой турбулентности и распределение силы тяги. Подобная информация важна для настройки техники, недоступной визуально: например, минимальное изменение угла кисти на два градуса способно изменить гидродинамический профиль спортсмена и позволить сократить время дистанции.

В видах спорта, где аэродинамика определяет результат (велогонка, конькобежный спорт, лыжные гонки), НРС помогает рассчитывать сопротивление воздуха, распределение потоков вокруг тела спортсмена, эффективность различных типов экипировки и оптимальное положение корпуса. Анализируется влияние мельчайших деталей — от толщины костюма до положения лопаток или сгибания корпуса в «аэропозиции».

В единоборствах НРС используется для анализа силового воздействия при ударах, выбросах энергии, амортизации при падениях и динамики движения суставов под нагрузкой. Требуемые расчёты настолько сложны, что один удар боксёра может потребовать нескольких миллионов симуляций взаимодействия костей, мышц и суставов.

Отдельное направление НРС — анализ прыжковых дисциплин. Симуляции учитывают импульс отталкивания, центр масс, поведение связок и сухожилий, высоту полёта и динамику приземления. Эти модели используются для выбора оптимальной техники, профилактики травм и прогнозирования нагрузок на коленные и голеностопные суставы.

Современные НРС-симуляции строят комплексные модели всего организма, включающие работу дыхательной системы, кровообращение, метаболизм, мышечные микросокращения и нервную регуляцию. Такие модели позволяют прогнозировать пределы выносливости, реакцию на интенсивные нагрузки, появление метаболического стресса и переход организма к состоянию истощения.

НРС становится фундаментом научно обоснованной спортивной подготовки: тренеры и учёные получают возможность не просто наблюдать, а математически просчитывать каждый аспект работы спортсмена и строить точные сценарии его развития на недельной, месячной и годовой дистанции.

## **Искусственный интеллект в спорте**

Искусственный интеллект стал одним из наиболее революционных инструментов современной спортивной науки. Его применение выходит далеко за рамки классической аналитики, превращая тренировочный процесс в адаптивную, самообучающуюся систему.

Современные алгоритмы компьютерного зрения анализируют видеоматериалы с соревнований и тренировок, автоматически отслеживая движения суставов, скорость перемещений, амплитуды движений и биомеханические аномалии. ИИ способен выполнять работу целой команды специалистов — статистов, судей, аналитиков и биомехаников — в режиме реального времени.

Важнейшим направлением применения ИИ является коррекция техники движения. Алгоритмы сравнивают движения спортсмена с эталонными моделями, выявляют отклонения и автоматически предлагают оптимальные варианты исправления. Такой подход обеспечивает точность анализа, недоступную человеческому глазу, и позволяет спортсмену корректировать технику даже вне тренировочной площадки с помощью мобильных устройств.

ИИ также активно используется для прогнозирования спортивных результатов. Модели учитывают тысячи параметров — генетические данные, анамнез травм, биохимические маркеры, психологическое состояние, вариабельность сердечного ритма, реакцию на нагрузку — и строят детальные кривые прогноза. Это позволяет определить вероятность достижения результата, оптимальный этап подготовки и риски перетренированности.

В спортивной медицине ИИ применяется для ранней диагностики травм. Алгоритмы способны определить признаки перенапряжения суставов или мышечных дисбалансов задолго до появления физической боли. Ранняя цифровая диагностика снижает вероятность хронических травм, экономит ресурсы и продлевает спортивную карьеру.

ИИ также используется в спортивной психологии. Алгоритмы анализируют состояние спортсмена через биометрические маркеры, голосовые характеристики, частоту движений, паттерны сна и уровень мотивации. На основании данных формируются индивидуальные стратегии восстановления, снижения стресса и повышения концентрации.

Таким образом, искусственный интеллект не просто дополняет спортивную подготовку, но становится универсальным инструментом анализа, прогнозирования и коррекции, который меняет саму природу спорта.

## **Цифровые двойники спортсменов**

Технология цифровых двойников является прорывной в спортивной индустрии, поскольку позволяет создать виртуальную копию спортсмена — детальную, динамическую и математически точную.

Цифровой двойник объединяет биомеханику движений, физиологию, метаболизм, психологические показатели и данные о нагрузках, формируя единую интегрированную модель организма. Такой двойник способен реагировать на изменения тренировок так же, как реальный спортсмен, благодаря чему тренеры получают возможность моделировать будущие реакции организма без риска вреда.

Цифровой двойник позволяет предсказывать реакцию на тренировочные нагрузки: интенсивность сердечной активности, скорость накопления лактата, уровень усталости, риск перетренированности, метаболические последствия и мышечную адаптацию. Это даёт тренеру точное понимание того, какую нагрузку спортсмен способен выдержать сегодня, завтра и через неделю.

Модели цифровых двойников также используются для оценки риска травм. При помощи данных о биомеханике суставов система может предсказать, какой тип движения создаёт чрезмерную нагрузку и где возникает опасность повреждения связок или сухожилий. Таким образом, тренировки становятся не только эффективными, но и безопасными.

Особенно ценными являются симуляции долгосрочной подготовки. Двойник позволяет просчитать реакцию организма на недельные и месячные циклы тренировок, прогнозировать форму к соревнованию и выбрать оптимальные стратегии восстановления и перегрузки.

В профессиональном спорте цифровые двойники становятся незаменимым инструментом при реабилитации. Они позволяют моделировать влияние операций, травм, изменений техники и нагрузок, помогая спортсмену вернуться к форме быстрее и с меньшим риском рецидива.

Таким образом, цифровые двойники превращают тренировочный процесс в научный эксперимент, позволяя тренерам и врачам моделировать будущее спортивного результата и адаптировать подготовку с высокой точностью.

## **Информационные системы управления спортивными организациями**

Цифровизация спортивных организаций является фундаментальным направлением развития спорта. Ведущие спортивные центры мира переходят на полностью цифровые системы управления, позволяющие объединять тренировочный процесс, медицинские данные, инфраструктуру и административные процессы.

Информационные системы обеспечивают детализированный учёт спортсменов: их биометрические параметры, результаты тестов, динамику тренировок, медицинский статус, психологическое состояние и достижения. Такой подход позволяет руководителям и тренерам иметь полную картину подготовки и принимать стратегические решения на основе объективных данных.

Электронные расписания тренировок обеспечивают точное распределение спортивных площадок, рациональное использование инвентаря и оптимизацию нагрузки на тренерский состав. Автоматизация медицинских карт делает диагностику и лечение более оперативными, а также снижает риск ошибок.

Цифровое управление соревнованиями включает регистрацию участников, автоматическую обработку результатов, электронные протоколы, судейство с использованием видеосистем и онлайн-трансляции. Такие системы повышают прозрачность соревнований и делают их доступными для широкой аудитории.

Особую роль играют аналитические модули, встроенные в информационные системы. Они позволяют оценивать эффективность работы тренеров, анализировать динамику развития спортсменов, прогнозировать спортивную форму и выявлять слабые звенья в подготовке. Это превращает управление спортивными организациями в современную высокотехнологичную отрасль, опирающуюся на научные методы анализа.

Финансовые и административные модули обеспечивают контроль бюджета, инвентаря, закупок, транспортировки и логистики. Такой подход повышает прозрачность деятельности клуба, снижает затраты и оптимизирует использование ресурсов.

В совокупности информационные системы формируют единую цифровую экосистему спорта, в которой тренировочный процесс, медицина, управление, соревнования и аналитика объединены в одно целое, обеспечивая высокий уровень эффективности и профессионализма.

## **Заключение**

Вычислительные технологии заняли центральное место в развитии спорта XXI века. Математическое моделирование, большие данные, искусственный интеллект, цифровые двойники и высокопроизводительные вычисления формируют новую парадигму подготовки спортсменов, основанную на точных данных, научном анализе и персонализированном подходе.

Современная спортивная наука становится высокотехнологичной дисциплиной, в которой успех определяется не только физическими качествами, но и способностью использовать вычислительные инструменты для оптимизации всех аспектов подготовки и восстановления.

Интеграция цифровых технологий открывает путь к новым достижениям, снижению травматизма и созданию инновационных систем управления тренировочным процессом.

## **Литература**

1. Брусенцов, А. И. Цифровые технологии в спорте. М.: Физматлит, 2021.
2. Литвинов, В. Г. Биомеханическое моделирование движений спортсменов. СПб.: Питер, 2020.
3. Морозов, И. Н. Интеллектуальные системы спортивной аналитики. М., 2022.
4. Печников, А. С. Высокопроизводительные вычисления в спортивных технологиях. Новосибирск, 2021.
5. Хайкин, С. Нейронные сети и их применение в спорте. М.: Техносфера, 2020.
6. Sports Analytics Journal. Vol. 15–18, 2022–2024.
7. Journal of Biomechanics. 2020–2024.



## НОВЕЙШИЕ ПОДХОДЫ К РАЗВИТИЮ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА В ГЛОБАЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

### **Байрамова Бахар**

Старший преподаватель, Международного университета нефти и газа имени Ягшыгелди Какаева  
г. Ашхабад Туркменистан

### **Овезалиев Байрамберди**

Преподаватель, Международного университета нефти и газа имени Ягшыгелди Какаева  
г. Ашхабад Туркменистан

### **Аннагельдиев Довлетгельди**

Преподаватель, Международного университета нефти и газа имени Ягшыгелди Какаева  
г. Ашхабад Туркменистан

### **Аннаев Максатмырат**

Студент, Международного университета нефти и газа имени Ягшыгелди Какаева  
г. Ашхабад Туркменистан

### **Аннотация**

Статья посвящена анализу современного состояния и перспектив развития отрасли добычи, транспортировки, переработки и использования природного газа в мировом и национальном масштабах. Рассматриваются геологические особенности формирования газовых месторождений, физико-химические свойства газа, современные методы его добычи, процессы подготовки и переработки, а также инновации в сфере хранения и транспортировки. Особое внимание уделено роли природного газа в переходе к низкоуглеродной энергетике, развитию технологий СПГ, управлению выбросами метана, цифровизации газовой промышленности и перспективам синтетического газа. Показано, что природный газ становится ключевым элементом энергетического баланса XXI века, обеспечивая сочетание экологичности, доступности и высокой энергетической эффективности.

**Ключевые слова:** природный газ, газовые месторождения, СПГ, газотранспортные системы, низкоуглеродная энергетика, метан, газопереработка, энергетический переход, цифровые технологии, термодинамика газовых систем.

## **Введение**

Природный газ занимает стратегическое место в мировой энергетике. Будучи самым экологически чистым углеводородным топливом, он одновременно обеспечивает высокий энергетический потенциал и универсальность применения в промышленности, электроэнергетике, транспорте и жилищно-коммунальном секторе. В условиях глобального перехода к устойчивой энергетике природный газ рассматривается как переходное топливо, способное обеспечить баланс между снижением выбросов и энергобезопасностью государств.

Современная газовая отрасль представляет собой сложную систему, включающую геологическое изучение недр, разведку и обустройство месторождений, добычу, подготовку, переработку, транспортировку по трубопроводам и в виде СПГ, хранение и распределение конечным потребителям. На всех этапах активно внедряются цифровые технологии, интеллектуальные системы управления, высокоточные методы моделирования, автоматизация и интегрированные комплексы мониторинга.

Цель данной статьи — дать комплексный научно-технический анализ современного состояния природного газа как ресурса, изучить технологии его добычи и переработки, а также рассмотреть перспективы развития отрасли в контексте глобального энергетического перехода.

## **Геологическая природа и свойства природного газа**

Природный газ является результатом длительных геологических процессов разложения органического вещества под воздействием давления, температуры и времени. Основу природного газа составляет метан ( $\text{CH}_4$ ) — лёгкий углеводород с высокой теплотворной способностью и низким уровнем загрязняющих выбросов при сгорании.

Природный газ подразделяется на сухой и жирный типы. Сухой состоит преимущественно из метана, в то время как жирный содержит значительное количество этана, пропана, бутана и газового конденсата. Также в составе присутствуют сероводород, диоксид углерода, гелий, азот и другие компоненты, влияющие на ценность и технологию переработки.

Знание термодинамических характеристик газа — критически важное условие для всех этапов его подготовки и транспортировки. Расчёт фазовых состояний, псевдокритических параметров, вязкости, плотности, коэффициента сжимаемости и теплопроводности позволяет моделировать поведение газа при изменении давления и температуры, предотвращать гидратообразование и оптимизировать технологические режимы газопроводов.

## **Современные методы добычи природного газа**

Современная добыча природного газа развивается по двум основным направлениям: эксплуатация традиционных месторождений и разработка трудноизвлекаемых запасов.

На традиционных месторождениях основой добычи является эксплуатация вертикальных, наклонно-направленных и горизонтальных скважин, оснащённых современными системами контроля притока и измерения параметров газа. Современные технологии позволяют автоматизировать добычу, управлять притоком в реальном времени и регулировать депрессию на пласт.

В разработке трудноизвлекаемых запасов ключевую роль играют методы многостадийного гидроразрыва пласта, бурение длинных горизонтальных скважин и применение проппантов нового поколения. Гидроразрыв повышает проницаемость горных пород и обеспечивает создание устойчивых каналов для притока газа.

Особое значение имеет добыча газа с месторождений газовых гидратов — перспективного ресурса планетарного масштаба. Их разработка требует инновационных подходов: термическое воздействие, депрессия давления и химическая дестабилизация гидратной решётки.

## **Подготовка, переработка и фракционирование природного газа**

Сырой газ содержит примеси, которые необходимо удалить перед использованием. Процессы подготовки включают сепарацию, осушку, очистку от серосодержащих соединений, стабилизацию конденсата и контроль фазовых переходов.

Осушка проводится адсорбцией на цеолитах или абсорбцией с использованием гликолей. Очистка от  $H_2S$  и  $CO_2$  возможна с помощью амино-абсорбционных процессов, мембранной сепарации или стадий глубокой каталитической очистки.

Фракционирование лёгких углеводородов — один из ключевых процессов переработки газа. На установках ШФЛУ выделяются пропан-бутановые фракции, этан, газовый бензин, гелий и другие ценные компоненты. Эти продукты применяются в нефтехимии, энергетике, производстве пластмасс и высококачественного топлива.

## **Транспортировка природного газа: трубопроводные системы и СПГ**

Трубопроводный транспорт является основным способом доставки газа. Магистральные газопроводы протяжённостью тысячи километров оснащаются компрессорными станциями, системами дистанционного мониторинга, подземными хранилищами и интеллектуальными системами распределения.

СПГ (сжиженный природный газ) становится глобальной альтернативой трубопроводам. СПГ позволяет транспортировать газ на большие расстояния в любом направлении, что создаёт гибкость мировой торговли. Процесс включает охлаждение газа до  $-162\text{ }^{\circ}\text{C}$ , хранение в криогенных резервуарах и перевозку на специализированных судах-газовозах.

Современные СПГ-заводы используют термодинамически оптимизированные циклы (APCI, DMR, SMR, Cascade), которые снижают энергозатраты и повышают эффективность.

### **Роль природного газа в энергетическом переходе**

В условиях мировой декарбонизации природный газ рассматривается как мост между углеводородной и полностью возобновляемой энергетикой. Он обладает низким уровнем выбросов  $\text{CO}_2$ , отсутствием серы и минимальным содержанием твёрдых частиц.

Газовые электростанции обеспечивают гибкость энергосистемы, компенсируя переменность солнечных и ветровых станций. Переход к водородной энергетике также невозможен без газа, поскольку большинство проектов включают производство голубого водорода с улавливанием и хранением  $\text{CO}_2$ .

Природный газ выполняет важную роль в химической промышленности, где из метана получают аммиак, метанол, полиэтилены, синтопливо и другие ценные продукты.

### **Инновационные методы управления термодинамическими и гидродинамическими процессами**

Современная газовая отрасль переживает фундаментальную трансформацию благодаря внедрению цифровых технологий, высокоточных сенсорных систем, алгоритмов машинного обучения и математического моделирования пластовых процессов. Управление термодинамическими и гидродинамическими параметрами, ранее осуществлявшееся преимущественно на основе периодических замеров и расчётов, сегодня становится непрерывным, автоматизированным и интеллектуальным. Это позволяет не только повышать эффективность добычи, но и существенно снижать риски, связанные с обводнением скважин, прорывами газа и нарушениями устойчивости пласта.

Одной из ключевых инноваций является широкое применение сенсорных модулей нового поколения. Они включают миниатюрные волоконно-оптические датчики давления, распределённые термометры на основе эффектов Рамана и Бриллюэна, акустические системы мониторинга, сенсоры химического состава газа и многокомпонентные анализаторы фазовых состояний. Информация от этих датчиков поступает непрерывно, с высокой частотой дискретизации, что позволяет отслеживать изменения состояния пласта в реальном времени, определять начало газового или водяного прорыва, выявлять падение

проницаемости и контролировать фронт вытеснения газа в сложных геологических условиях.

Цифровые двойники месторождений становятся центральным инструментом управления. Они представляют собой многослойные динамические модели, включающие геомеханику, геологию, термодинамику, гидродинамику, кинетику реакций, состояние оборудования, режимы скважин и поведение флюидов. На основе таких моделей можно с высокой точностью прогнозировать изменение давления в пласте, оценивать влияние температурных градиентов, моделировать эффект капиллярных сил, прогнозировать смещение газовых и водных пакетов, а также рассчитывать наиболее эффективные режимы работы фонда скважин при минимальных затратах энергии.

Интеллектуальные системы управления добычей (Smart Wells, Smart Fields) используют алгоритмы искусственного интеллекта, которые автоматически адаптируют параметры добычи под изменяющиеся условия. Такие системы способны регулировать открытие клапанов, перераспределять потоки, изменять депрессию, рассчитывать оптимальное давление на устье, управлять работой насосно-компрессорного оборудования и предотвращать образование гидратов за счёт своевременной подачи ингибиторов.

Особое значение имеют термодинамические симуляторы. Они рассчитывают фазовые переходы при изменении давления и температуры, определяют температуру гидратообразования, вычисляют критические параметры смеси, оценивают риски выпадения жидкой фазы и прогнозируют точки росы по воде и углеводородам. На магистральных газопроводах такие системы предотвращают аварийные ситуации, связанные с резким перепадом температур, замораживанием влаги, образованием ледяных пробок и изменением вязкости газа.

Совокупность этих методов формирует новую парадигму управления газодобывающими объектами — высокотехнологичную, адаптивную, предиктивную и полностью основанную на анализе больших данных. Переход к таким системам открывает путь к созданию полностью автономных, самоуправляемых газовых месторождений будущего.

### **Экологическая безопасность и сокращение выбросов метана**

Экологический аспект газовой отрасли приобретает сегодня первостепенное значение. Метан, являясь основным компонентом природного газа, обладает значительным парниковым потенциалом, который в краткосрочной перспективе в десятки раз превышает потенциал CO<sub>2</sub>. Поэтому контроль утечек метана, снижение выбросов и внедрение технологий улавливания – важнейшие задачи современной газовой промышленности.

Современные методы обнаружения утечек включают использование спутниковых группировок, оснащённых гиперспектральными камерами и лазерными интерферометрами, способными определять концентрацию метана в

атмосферных слоях. Они позволяют фиксировать выбросы даже небольших объёмов газа на огромной площади. Дроны с мультиспектральными датчиками и газоанализаторами обеспечивают оперативные обследования труднодоступных участков промыслов, магистральных трубопроводов и подземных хранилищ.

Использование лазерных спектрометров нового поколения обеспечивает локализацию утечек с точностью до сантиметра. Стационарные интеллектуальные сенсоры, интегрированные в инфраструктуру газопроводов, формируют цифровые карты концентрации метана, позволяя автоматически выявлять аномальные выбросы и прогнозировать их динамику.

Особую роль играют технологии улавливания, хранения и переработки углекислого газа (CCUS). Реинжекция CO<sub>2</sub> в пласт позволяет одновременно обеспечивать повышение нефте- и газоотдачи, поддерживать пластовое давление и минимизировать выбросы в атмосферу. При этом образуются новые формы хранения CO<sub>2</sub>: растворение в пластовых флюидах, минерализация и фиксация в порах горных пород.

Экологическая безопасность включает также разработку технологий контроля факельного сжигания, минимизацию потерь при подготовке газа, использование безфакельных установок, внедрение низкоэмиссионных компрессорных станций и разработку газовой инфраструктуры с нулевым уровнем утечек.

В рамках международных инициатив (Global Methane Pledge, OGMP 2.0) ведущие страны мира вводят стандарты измерения и минимизации выбросов метана на всех этапах добычи и транспортировки газа. Эти меры способствуют развитию экологически ответственной газовой отрасли, ориентированной на долгосрочную устойчивость.

## **Перспективы развития газовой отрасли**

Газовая промышленность вступает в эпоху технологической революции, где цифровизация, автоматизация и экологическая модернизация становятся ключевыми направлениями развития. Одним из наиболее перспективных направлений является производство синтетического газа, который создаётся путём каталитической конверсии углеродных материалов или водородных смесей. Это открывает возможности для создания газовой энергетики нового типа, независимой от природных залежей.

Развитие биометана — ещё одно направление, набирающее глобальную популярность. Биометан, получаемый путём переработки органических отходов, обладает характеристиками, аналогичными природному газу, и может полностью заменять его в газотранспортных сетях. Такая технология позволяет одновременно решать задачи утилизации отходов, локального энергоснабжения и снижения углеродного следа.

Водородные технологии становятся стратегическим направлением мировой энергетики. Природный газ используется как сырьё для производства голубого водорода, а также как транспортная среда для его доставки. Ведутся исследования по созданию газопроводов, способных транспортировать смеси метана и водорода — так называемый «метан-водородный бленд». Это позволит постепенно переходить к водородной энергетике без масштабной перестройки инфраструктуры.

Интеллектуальные газовые сети будущего будут включать полностью цифровые системы управления потоками, датчики нового поколения, автоматические распределительные станции, системы прогнозирования потребления и алгоритмы предиктивной диагностики оборудования.

Подземные хранилища газа также претерпят трансформацию: автономные системы управления, роботизированные скважины, автоматическая регенерация резервуаров и интеллектуальная оптимизация циклов закачки и отбора сделают такие объекты высокоэффективными и почти автономными.

## **Заключение**

Природный газ остаётся стратегическим ресурсом глобальной энергетики. Его экологичность, универсальность и экономическая эффективность делают газ одним из ключевых факторов устойчивого развития. Современная газовая отрасль опирается на достижения геологии, физики, химии, инженерии, цифровых технологий и прикладной математики.

В условиях мировой трансформации энергетического сектора газ становится фундаментом низкоуглеродного перехода и базой для развития технологий водородной экономики. Инновации в области добычи, транспортировки и переработки позволяют значительно повысить эффективность использования ресурса и минимизировать воздействие на окружающую среду.

## **Литература**

1. Батулин Г. Н. Термодинамика и способы переработки природного газа. — М.: Недра, 2020.
2. Кулешов Н. В. Магистральный транспорт газа и СПГ-технологии. — СПб.: Политех-пресс, 2022.
3. Сулейманов А. А. Геология и разработка газовых месторождений. — М.: Губкинский университет, 2019.
4. International Gas Union. Global Gas Report. — 2023.
5. BP Statistical Review of World Energy. — 2023.
6. Schlumberger. Digital Gas Field Technologies Overview. — 2022.



## АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЕЙ НА РЫНОЧНЫЕ ТРЕНДЫ

**Смирнова Валерия Дмитриевна**

Студент, Факультет экономики и менеджмента Санкт-Петербургский  
государственный экономический университет  
г. Санкт-Петербург, Россия

**Кузьмин Андрей Николаевич**

Доцент, Кафедра маркетинга и цифровой экономики Санкт-Петербургский  
государственный экономический университет  
г. Санкт-Петербург, Россия

### Аннотация

Статья посвящена анализу механизмов формирования и трансформации рыночных трендов под воздействием социальных сетей как ключевого института цифровой экономики. Рассматриваются психосоциальные закономерности поведения пользователей, информационные процессы цифровой среды, роль инфлюенсеров, сетевые эффекты, алгоритмические механизмы персонализации и феномен вирусного распространения контента. Особое внимание уделено влиянию социальных платформ на потребительский выбор, ценообразование, маркетинговые стратегии и макроэкономические тенденции. Показано, что социальные сети выступают мощным катализатором поведенческих сдвигов, ускоряют жизненный цикл трендов, усиливают информационные асимметрии и формируют новые модели рыночного поведения. На основе анализа выявляются ключевые риски и перспективы для бизнеса, регулирующих органов и общества в целом.

**Ключевые слова:** социальные сети, рыночные тренды, цифровая экономика, информационная среда, инфлюенсеры, вирусный контент, потребительское поведение, сетевые эффекты.

### Введение

Социальные сети за последние два десятилетия превратились в глобальное пространство коммуникации, которое не только изменило способы обмена информацией, но и сформировало новые экономические структуры. Миллиарды пользователей ежедневно создают и распределяют контент, взаимодействуют с брендами, формируют мнения и предпочтения. В результате рынки утратили прежнюю устойчивость, став чувствительными к мгновенным цифровым импульсам, формируемым в социальных медиа.

В условиях цифровизации социальные сети становятся одним из важнейших факторов, определяющих спрос, предложение, маркетинговые стратегии и динамику рыночных трендов.

Особенность современной экономики заключается в том, что социальные сети выполняют сразу несколько функций: они служат каналом рекламного влияния, инструментом мониторинга потребительских настроений, механизмом распространения идей, средой формирования цифрового капитала и даже ареной экономического поведения. В отличие от традиционных СМИ, социальные сети обладают высокой интерактивностью, мгновенной распространённостью информации, персонализированностью контента и устойчивыми сетевыми эффектами, что усиливает их воздействие на процессы рыночной трансформации.

Актуальность исследования определяется тем, что социальные платформы всё глубже интегрируются в экономическую систему, влияя на модель потребления, процессы социального обмена и динамику конкуренции. Диджитализация рынков приводит к появлению новых каналов коммуникации между бизнесом и потребителями, формирует устойчивые поведенческие паттерны, ускоряет возникновение и угасание модных трендов. Осмысление механизмов воздействия социальных сетей на рыночные процессы является ключевой научной и практической задачей современной экономической теории и маркетинга.

### **Социальные сети как институциональная среда формирования рыночных трендов**

Социальные сети представляют собой сложные цифровые структуры, функционирующие на основе принципов сетевого взаимодействия и информационной самоорганизации. В отличие от традиционных рынков, где потоки данных движутся линейно и поддаются структурированию, социальные сети формируют нелинейные, самоусиливающиеся процессы циркуляции информации. Это приводит к появлению уникального феномена — «экономики внимания», в которой ценность товара определяется не только его функциональными свойствами, но и способностью привлечь внимание в информационной среде.

Контент, распространяющийся в социальных сетях, обладает высокой скоростью трансмиссии. Обычный пользователь, обладающий всего несколькими сотнями подписчиков, способен стать источником значимого информационного всплеска, который приведёт к изменению спроса на определённые товары или услуги. Алгоритмы платформ усиливают этот эффект, продвигая контент, вызывающий эмоциональный отклик, что формирует динамическую, нелинейную структуру информационного поля.

Рыночные тренды, возникающие под воздействием социальных сетей, характеризуются высокой волатильностью и краткосрочностью. Мода, сформировавшаяся под влиянием нескольких популярных блогеров, может

охватить глобальные рынки за считанные дни, после чего так же стремительно исчезнуть. Это меняет поведение компаний, вынуждая бренды стремиться к адаптивности, гибкости и постоянному мониторингу цифровой среды.

### **Психологические и поведенческие механизмы влияния социальных сетей на экономические решения**

Важнейшим аспектом влияния социальных сетей на рыночные тренды является психология массового поведения. Пользователи ориентируются не только на собственный опыт, но и на социальные подсказки, формируемые цифровыми сообществами. Возникает эффект социального доказательства, при котором люди склонны следовать мнению большинства, особенно если оно визуально подтверждено лайками, репостами и комментариями. Этот механизм усиливается благодаря тому, что социальные сети структурируются в виде сетей доверия: пользователи выступают не пассивными потребителями информации, а активными участниками обмена.

На формирование рыночных трендов влияет также феномен эмоциональной синхронизации. Эмоциональный контент распространяется значительно быстрее, чем нейтральный. Положительные эмоции стимулируют импульсивные покупки, а негативные могут приводить к резкому падению спроса на определённые бренды. Люди склонны реагировать на эмоциональные триггеры быстрее, чем на рациональные аргументы, что создаёт благодатную почву для манипулятивных маркетинговых стратегий.

Особое значение имеют когнитивные искажения. Эффект якоря, эффект подтверждения, стадное поведение, страх упустить возможность (FOMO) — все эти механизмы активно используются в маркетинговых кампаниях и влияют на формирование трендов. Пользователь, видя большой спрос на определённый продукт в сети, формирует убеждение, что он является ценным, что усиливает спрос и приводит к лавинообразному росту популярности товара.

### **Алгоритмические механизмы распространения информации и их влияние на рынок**

Цифровые платформы функционируют на основе сложных алгоритмов, которые определяют, какой контент будет показан конкретному пользователю. Система персонализации строится на анализе поведения пользователя, его интересов, истории взаимодействия и социальной окруженности. Алгоритмы ранжируют контент, создавая уникальную информационную среду, что усиливает эффект «информационных пузырей».

С точки зрения экономики, алгоритмическая логика создаёт несколько ключевых эффектов. Во-первых, она усиливает видимость популярных товаров и тенденций, что способствует их дальнейшему распространению. Во-вторых, она маргинализует информацию, не попавшую в алгоритмические рекомендации, что

затрудняет выход новых брендов на рынок. В-третьих, алгоритмы формируют нелинейные процессы спроса, при которых случайный информационный импульс может привести к масштабным экономическим последствиям.

Алгоритмы также способствуют формированию вирусного контента. Случайный ролик или пост может набрать миллионы просмотров благодаря тому, что алгоритм распознаёт его потенциал и начинает активно показывать его пользователям. Этот процесс крайне важен для рыночной динамики, поскольку вирусный контент способен мгновенно менять структуру спроса, формировать новые рыночные категории и разрушать устоявшиеся тренды.

### **Роль инфлюенсеров и лидеров мнений в формировании рыночных трендов**

Инфлюенсеры стали важнейшими посредниками между брендами и потребителями. Благодаря высокой степени доверия аудитории они обладают способностью формировать поведение потребителей значительно эффективнее, чем традиционные средства рекламы. Влияние инфлюенсеров основано на психологических механизмах идентификации, подражания и эмоциональной привязанности. Подписчики воспринимают инфлюенсеров как близких людей, что делает их рекомендации особенно значимыми.

Лидеры мнений способны изменять не только поведение отдельных пользователей, но и макроструктуру рынка. Рекомендация популярного блогера может привести к резкому росту спроса, мгновенной распродаже товаров или появлению новых категорий продукции. Благодаря социальным сетям инфлюенсеры превратились в полноправных участников экономической системы, влияющих на маркетинговые стратегии компаний, ценообразование, позиционирование товаров и моделирование спроса.

### **Трансформация маркетинговых стратегий под воздействием социальных сетей**

Компании вынуждены перестраивать свою маркетинговую логику, ориентируясь на динамику социальных сетей. Традиционные модели продвижения уступают место адаптивным стратегиям, основанным на анализе больших данных, мониторинге пользовательских настроений и постоянном взаимодействии с цифровыми сообществами. Маркетинг становится интерактивным, персонализированным и контент-ориентированным. Бренды стремятся участвовать в онлайн-коммуникации, создавать инфотемы, стимулировать обсуждения и поддерживать интерес пользователей.

Социальные сети меняют структуру ценообразования. Популярность товара, сформированная в цифровой среде, может резко повысить его стоимость благодаря росту спроса. Кроме того, бренды всё чаще используют динамические модели ценообразования, реагируя на изменения информационного поля.

Цифровая среда позволяет компаниям получать мгновенные отклики на маркетинговые кампании, анализировать эффективность мероприятий и оперативно корректировать стратегию.

### **Риски, вызовы и негативные эффекты влияния социальных сетей на рыночные процессы**

Несмотря на значительные преимущества, влияние социальных сетей на рыночную систему сопровождается рядом рисков. Одним из наиболее серьезных является усиление информационных асимметрий. Пользователи получают ограниченную информацию, отфильтрованную алгоритмами, что может искажать их экономические решения. Возникает опасность манипуляции мнением потребителей, формирования ложных трендов и искусственного завышения спроса.

Другой проблемой является высокая волатильность рынков. Изменения в социальных сетях могут приводить к мгновенным скачкам спроса и предложения, что затрудняет долгосрочное планирование для компаний. Появление «вирусных кризисов», когда бренды страдают от негативных кампаний, приводит к значительным финансовым потерям и падению стоимости акций.

Особое значение имеет феномен «экономики влияния», когда инфлюенсеры используют свою популярность для продвижения сомнительных товаров, что создаёт угрозу для потребителей и подрывает доверие к рынку. Регулирование этой сферы требует разработки новых нормативных стандартов, направленных на защиту пользователей и формирование прозрачных рыночных отношений.

### **Заключение**

Социальные сети стали ключевым элементом цифровой экономики, оказывающим глубокое влияние на формирование рыночных трендов. Нелинейные механизмы информационного распространения, алгоритмическая персонализация, эмоциональная динамика цифровой среды и роль инфлюенсеров приводят к трансформации традиционных моделей поведения, маркетинговых стратегий и конкурентных структур. Современные рынки всё более зависят от цифровых импульсов, что создаёт как новые возможности, так и риски для бизнеса, государственного регулирования и общества.

Социальные сети представляют собой уникальный механизм формирования экономической реальности. Они способны мгновенно изменять структуру спроса, формировать новые форматы потребления, усиливать социальные эффекты и трансформировать рыночные отношения. Осмысление природы этих процессов — важнейшая задача современной экономической науки, позволяющая разработать эффективные стратегии адаптации бизнеса к условиям цифровой трансформации.

## Литература

1. Акаткин Ю. М. Цифровая экономика: управление, технологии, тренды. М.: Инфра-М, 2021.
2. Горбунов А. В. Маркетинг в социальных сетях: поведение потребителей и стратегия брендов. СПб.: Питер, 2022.
3. Киселёв А. Н. Сетевые эффекты цифровой информационной среды. М.: Наука, 2020.
4. Иванченко С. В. Психология массового поведения в цифровом обществе. М.: Юрайт, 2023.
5. Портер М. Конкурентная стратегия. М.: Альпина Паблишер, 2021.