

Тридцать вторая международная конференция

**МАТЕМАТИКА  
КОМПЬЮТЕР  
ОБРАЗОВАНИЕ**

Симпозиум с международным участием  
**Биофизика сложных систем**  
**Вычислительная и системная биология**  
**Молекулярное моделирование**

Под редакцией  
*Г.Ю. Ризниченко и А.Б. Рубина*

Тезисы

Выпуск 32



Москва ♦ Ижевск

2025

ТРИДЦАТЬ ВТОРАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
**МАТЕМАТИКА  $\diamond$  КОМПЬЮТЕР  $\diamond$  ОБРАЗОВАНИЕ**

*Пушино, 27–31 января 2025 г.*

XVI ОБЩЕРОССИЙСКИЙ СИМПОЗИУМ С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ

**БИОФИЗИКА СЛОЖНЫХ СИСТЕМ**

**ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ И СИСТЕМНАЯ БИОЛОГИЯ. МОЛЕКУЛЯРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ**

**Организаторы Конференции:**

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Пушинский центр биологических исследований РАН, Институт биофизики клетки РАН, Институт теоретической и экспериментальной биофизики РАН, Государственный университет «Дубна», Объединенный институт ядерных исследований (ОИЯИ, г. Дубна), Институт молекулярной биологии им. В.А. Энгельгардта РАН, Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН, Национальный комитет российских биофизиков РАН, Межрегиональная общественная организация «Женщины в науке и образовании».

**Международный Научный Комитет:**

Н.В. Аммосова, Н.В. Белтелов, С.В. Беспалова, Е.В. Борисова, А.Р. Браже, А.Е. Варшавский, Н.А. Винокурова, Н.Г. Есипова, Р.Г. Ефремов, Г.Р. Иваницкий, В.И. Заляпин, Д.М. Каманин, В.Е. Карпов, И.Б. Коваленко, В.М. Комаров, В.В. Кореньков, В.Д. Лахно, А.И. Лобанов, Е.И. Маевский, Г.Г. Малинецкий, Н.А. Митин, П.В. Москалёв, А.В. Нечаевский, Т.Ю. Плюснина, А.А. Полежаев, Д.Э. Постнов, О.Е. Пыркина, Г.Ю. Ризниченко, А.Б. Рубин, М.Ю. Сидорова, П.Н. Сорокин, Е.А. Солодова, Т.А. Стриж, Ю.Ю. Тарасевич, Г.В. Трубников, В.Г. Туманян, Л.А. Уварова, М.Н. Устинин, П.В. Фурсова, М.Г. Хренова, Е.Н. Черемисина, С.В. Чернышенко, А.И. Чуличков, А.К. Шайтан, А.В. Шаповалов, А.В. Шатров, Г.Н. Яковенко, Л.В. Якушевич, W. Ebeling, R. Pose.

**Оргкомитет:**

*Галина Юрьевна Ризниченко* – Председатель Оргкомитета МКО, профессор Московского государственного университета, председатель правления Межрегиональной общественной организации «Женщины в науке и образовании» (г. Москва);

*Андрей Анатольевич Гриневич* – сопредседатель, Зам. директора по научной работе Института биофизики клетки РАН (г. Пушино);

*Владислав Михайлович Комаров* – сопредседатель, Институт биофизики клетки РАН (г. Пушино);

*Татьяна Юрьевна Плюснина* – сопредседатель, доцент каф. биофизики биологического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова;

Ответственный секретарь – *Юлия Алексеевна Чистякова, Сергей Сергеевич Хрущёв;*

А.М. Абатурова, А.В. Бобылева, Е.П. Васюченко, Т.П. Гончарова, Е.В. Кочеткова, Л.Н. Краснополская, И.Б. Коваленко, А.Д. Надеев, Ю.Д. Нечипуренко, В.А. Федоров, П.В. Фурсова, Е.Г. Холина.

**Адрес Оргкомитета:** 119234, Москва, Ленинские Горы, д. 1, стр. 12, МГУ им. М.В. Ломоносова, Биологический ф-т, кафедра биофизики, тел.: (495) 939-02-89, факс: (495) 939-11-15, E-mail: mce@mce.su, сайт: www.mce.su.

**Секции**

**S1.** Анализ данных, машинное обучение и искусственный интеллект

**S2.** Вычислительные методы и математическое моделирование

**S3.** Анализ сложных биологических систем. Эксперимент и модели

**S4.** Социально-экономические исследования

**S5.** Гуманитарное и естественно-научное образование

**S6.** Музей в современном мире

**S7.** Русский научный язык

**ISBN 978-5-4344-1054-0**

© Межрегиональная общественная организация «Женщины в Науке и Образовании», 2025

Дорогие коллеги и друзья!

Мы приветствуем Ваше участие в XXXII Международной конференции «Математика. Компьютер. Образование», Общероссийском симпозиуме «Биофизика сложных систем» и Общероссийском семинаре «Русский научный язык».

Московский Оргкомитет готовил конференцию совместно с коллегами из Пушкино, за что благодарим наших пушкинских коллег от имени всех участников конференции. В этом году мы проводим на территории Института Теоретической и экспериментальной биофизики РАН и Биофизики клетки РАН открытие и первые два дня Конференции, остальные дни заседания будут проходить в дистанционном формате.

Конференции «Математика. Компьютер. Образование» являются междисциплинарными и научно-образовательными, за прошедшие годы в них приняли участие тысячи ученых, профессоров и преподавателей вузов, школьных учителей, студентов, аспирантов, старших школьников, деятелей науки и культуры, представителей администрации. По представленным на наших конференциях результатам защищены сотни кандидатских и десятки докторских диссертаций.

Перед каждой конференцией мы печатаем тезисы, которые проходят научное рецензирование. После конференции выходит сборник статей, отобранных по материалам докладов на секции «Анализ и моделирование социально-экономических процессов», недавно вышел сборник статей по материалам МКО-2024. Избранные статьи по материалам конференции, тематика которых связана с математическим моделированием в разных областях знания, после прохождения рецензирования печатаются в журнале «Компьютерные исследования и моделирование». Журнал выходит с 2009 года, шесть номеров в год, включен в список ВАК, публикационные базы РИНЦ и Scopus, представлен в открытом доступе на сайте <http://crm.ics.org.ru>.

Программа конференции опубликована на сайте конференции <https://www.mce.su>, она включает пленарные доклады, лекции, круглые столы, секционные заседания. Большое внимание будет уделено проблемам искусственного интеллекта. Конференция проходит в гибридном формате – очное присутствие и трансляция. Ссылки на трансляцию будут даны в программах секций. Предоставляется возможность задавать вопросы и участвовать в дискуссии дистанционно.

Мы благодарим всех участников – авторов тезисов, руководителей секций за отбор и рецензирование тезисов, Сергея Сергеевича Хрущева за подготовку сборника, издательство РХД за многолетнее сотрудничество по публикации тезисов и трудов МКО и изданию журнала «Компьютерные исследования и моделирование».

Мы благодарим всех участников конференции МКО XXXII за интересные доклады, плодотворные дискуссии, и за то, что несмотря на дистанционный формат, нам удалось сохранить атмосферу дружеского общения, которая была, и, надеемся, всегда будет отличительной чертой наших конференций независимо от того, проходят они в Пушкино, в Дубне, или on-line.

До встречи следующей зимой на очной конференции МКО XXXIII в наукограде Дубна на берегу Волги

Председатель Оргкомитета  
Профессор Московского государственного университета  
имени М.В.Ломоносова  
Председатель Правления  
Межрегиональной Общественной организации  
«Женщины в науке и образовании»

***Галина Юрьевна Ризниченко***

Сопредседатель Оргкомитета  
Доцент Московского государственного университета  
имени М.В.Ломоносова

***Татьяна Юрьевна Плюснина***

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>S1. Анализ данных, машинное обучение и искусственный интеллект .....</b>	<b>7</b>
<b>S2. Вычислительные методы и математическое моделирование.....</b>	<b>19</b>
<b>S3. Анализ сложных биологических систем: эксперимент и модели.....</b>	<b>47</b>
W1. Вычислительная и системная биология .....	47
W2. Молекулярное моделирование .....	59
W3. Медицинская и радиационная биофизика.....	81
W4. Моделирование, визуализация и анализ данных в исследовании когнитивных систем.....	91
<b>S4. Анализ и моделирование социально-экономических процессов.....</b>	<b>99</b>
<b>S5. Естественно-научное, гуманитарное и IT образование .....</b>	<b>115</b>
<b>S7. Русский научный язык .....</b>	<b>141</b>
<b>R1. Культурное пространство России. Музей в современном мире.....</b>	<b>151</b>
Авторский указатель .....	157



S1

**А**НАЛИЗ ДАННЫХ,  
МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ И  
ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ

**D**ATA ANALYSIS,  
MACHINE LEARNING AND  
ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Руководители:

*Елена Николаевна Аристова, Владимир Ильич Залятин,  
Владимир Ефимович Карпов, Алексей Иванович Лобанов,  
Павел Валентинович Москалёв, Александр Васильевич Шаповалов.*

## **НЕЙРОСЕТЕВОЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ СВЕТООТРАЖАТЕЛЬНОГО СПЕКТРА РАСТЕНИЙ В ИНДЕКС КОГНИТИВНОЙ ЗНАЧИМОСТИ**

**Воробьев Н.И.**

ФГБНУ ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии; Россия, 196608, Санкт-Петербург, шоссе Подбельского, 3; +7(905)279-46-61, Nik.IvanVorobyov@yandex.ru

Для непрерывного дистанционного мониторинга санитарного состояния растительных сельскохозяйственных посевов в последнее время нашли применение мобильные системы с многоканальными оптическими камерами, способными в online-режиме передавать в мониторинговый вычислительный центр многослойные пакеты двумерных спектральных изображений посевов растений для их последующего информационного анализа. Это позволяет своевременно защитить растительные посевы от дальнейшего распространения инфекций.

По данным двухканальных оптических камер вычисляется безразмерный индекс NDVI и оценивается содержание хлорофилла в растениях, зависящего от обеспеченности растений азотными удобрениями. Для диагностики фито-заболеваний должны использоваться многоканальные оптические камеры, которые предоставляют расширенные светоотражательные спектры растений, а полученные спектры растений при этом должны обрабатываться нейросетевыми компьютерными программами, обученными и настроенными на получение целевой фитосанитарной информации.

Для оценки влияния защитных растениеводческих агротехнологий на продуктивность растений и на интенсивность иммунно-защитных биохимических процессов в растениях была разработана нейросеть [1], выполняющая вычисления по схеме «Светоотражательный спектр растений -> индекс CSI -> Фрейм CSI», где CSI=0...10 (Cognitive Salience Index) - безразмерный индекс когнитивной значимости [2]. Индекс CSI с одной стороны, одним числом отражает светоотражательный спектр растений, а с другой – позволяет, используя записи информационного Фрейма CSI, ответить на ключевой вопрос: «Растение инфицировано или нет?». При обучении нейросети осуществлялся эвристический поиск алгоритма вычисления индекса CSI, соответствующего максимальному числу правильных ответов на ключевой вопрос фрейма CSI.

В итоге, разработанная нейросеть позволила по светоотражательным спектрам растений картофеля выделить растения, искусственно инфицированные фитотфторой, и установить факт инфицирования растений уже на 3 день после начала наблюдений.

### **Литература**

1. Воробьев Н.И., Лысов А.К., Корнилов Т.В., Хютти А.В. Вычислительная нейросеть для обработки светоотражательных спектров растений и дистанционного фитосанитарного мониторинга картофеля // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. Т. 25. №2. 2024. С. 283–292. doi.org/10.30766/2072-9081.2024.25.2.283–292
2. Sutrop U. List Task and a Cognitive Salience Index // *Field methods*. **13(3)**. 2001. P. 263–276.

## МЕТРОЛОГИЧЕСКИЙ ДЕФИЦИТ В БОЛЬШИХ ДАННЫХ

Елисейкин М.М., Очков В.Ф.

Московский энергетический институт (национальный исследовательский университет),  
Кафедра теоретических основ теплотехники им.Вукаловича; 111250, Россия, Москва,  
Красноказарменная,14; телефон: +7 495 362-77-60, e-mail: muxa@muxa.ru

Проблема метрологической совместимости анализируемых данных существовала всё время развития науки и техники. Измерение формы Земли и метеорологические наблюдения, растянутые на десятки и сотни лет проводились в разных системах единиц измерения, по разным методикам и разными средствами измерения с различающийся инструментальной погрешностью.[1] Создание общих систем единиц измерения, а так же развитие средств измерения не привели к полному устранению данной проблемы, так как при достаточно продолжительных наблюдениях возникает фрагментация временных рядов, а каждый фрагмент может иметь свои метрологические характеристики. В отдельных случаях, например, при длительных геофизических наблюдениях, изменение значений наблюдаемых величин можно соотнести с рекалибровкой или процессом деградации измерительного прибора, чья модель и конструкция нам известны.[2]

В последнее время эта проблема становится актуальной в связи с процессом цифровизации промышленности. С одной стороны, проблема деградации и «дрейфа» датчиков известна давно, но с другой, данные о функционировании промышленного оборудования традиционно собираются лишь в числовом виде, без дополнительной информации о датчиках.

Проблема состоит в том, что при использовании искусственного интеллекта и т. п., мы ожидаем что АСУТП будет действовать автономно, на основании анализа накопленных данных. Для этого, система должна иметь возможность отличить изменения параметров рабочего процесса от изменения метрологических характеристик используемых датчиков.[3]

В настоящий момент достигнута договорённость о проведении, на одном из предприятий ТЭК, исследования влияния метрологического дефицита на работу АСУТП.

### Литература.

1. Елисейкин М.М., Очков В.Ф. О метрологических характеристиках исторических данных // *Законодательная и прикладная метрология*. 2024. № 5. С. 47–51. <https://doi.org/10.32446/2782-5418.2024-5-47-51>
2. Децеровский А.В. Проблема качества данных при режимном геофизическом мониторинге: кто виноват и что делать? // *Наука и технологические разработки*. 2024. Т. 103, № 3. С.3–26. <https://doi.org/10.21455/std2024.3-1>
3. Елисейкин М.М., Очков В.Ф. Метрологический дефицит в промышленных «больших данных» // *Законодательная и прикладная метрология*. 2024. № 4. С. 19–24. <https://doi.org/10.32446/2782-5418.2024-4-19-24>

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КЛАССИЧЕСКИХ И НЕЙРОСЕТЕВЫХ МЕТОДОВ ДЕТЕКЦИИ АТОМОВ В ИЗОБРАЖЕНИЯХ АТОМНОГО МАСШТАБА

Зырянов К.С., Орешкин А.И., Чуличков А.И.

МГУ имени М. В. Ломоносова, Физический ф-т, каф. Математического моделирования  
и информатики, Россия, 119991, Москва, ул. Колмогорова, 1, +7 (996) 334-56-28,  
zyryanov.konstantin.sergeevich@gmail.com

Одной из основных задач в области обработки изображений атомного масштаба является точная детекция атомов и определение их количества [1]. В данной работе произведено количественное сравнение двух различных подходов к детекции атомов: классический метод детекции, основанный на комбинации алгоритмов Оцу, Хафа, морфологического выравнивания и метод, основанный на нейросетевой обработке изображений моделями архитектуры YOLO.

Классический подход основан на использовании алгоритма Оцу, который делит изображение на участки и вычисляет пороговое значение для каждого участка индивидуально, учитывая локальные интенсивности пикселей. Морфологические операции открытия и закрытия позволяют удалить шум на изображении и улучшить формы объектов. Для детекции атомов на изображении применяется алгоритм Хафа, ложные срабатывания алгоритма отфильтровываются.

Для обучения нейронной сети был создан специализированный набор данных, состоящий из 500 изображений атомов, ориентированный на задачу детекции. Перед обучением были применены техники аугментации данных, включая размытие по Гауссу, зеркальное отображение, вращение изображения, вырезание части изображения и изменение яркости. Исследованы различные размеры нейросети с архитектурой YOLO для детекции объектов [2].

Метод	Классический алгоритм	YOLOn	YOLOs	YOLOm	YOLOl	YOLOx
mAP@50, %	43.7	66.9	68.2	67.4	68.4	68.8
Время, с	0.136	0.019	0.031	0.087	0.111	0.157

Производительность моделей оценивается с использованием показателя mAP@50. В таблице показаны результаты валидации различных методов детекции. Результаты экспериментов показывают, что нейросетевой подход с более высокой точностью решает задачу детекции атомов.

### Литература

1. *Binnig G., Rohrer H.* Scanning tunneling microscopy // *Helv. Phys. Acta*, **55**, 726, 1982.
2. *Redmon J., Divvala S., Girshick R., Farhadi A.* You Only Look Once: unified, real-time object detection. // *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 2016.

## О СТРУКТУРЕ АСИММЕТРИЧНЫХ СИГМОИДНЫХ ФУНКЦИЙ ПРИ АППРОКСИМАЦИИ МОЩНОСТИ ПЕРКОЛЯЦИОННЫХ КЛАСТЕРОВ

Москалев П.В.<sup>1,2</sup>, Мягков А.С.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Воронежский государственный технический университет,  
Россия, 394006, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84,  
E-mail: moskalefff@gmail.com;

<sup>2</sup> Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»,  
Россия, 127994, г. Москва, Вадковский пер., 1

Возможность простой и наглядной интерпретации критических явлений во многом обусловила распространение моделей решеточной перколяции в прикладных исследованиях. Значительная часть выводов в теории перколяции делается при условии, что размер перколяционной решетки неограниченно возрастает (при  $x \rightarrow \infty$ ), при этом основным методом моделирования перколяции на ограниченных решетках является метод статистических испытаний (при  $x < \infty$ ).

Для разрешения указанного противоречия на ограниченных решетках ставится задача аппроксимации статистических оценок эффективных характеристик перколяционных кластеров. В наших работах [1, 2] были сформулированы гипотезы, что построение подобных аппроксимаций для функций мощности перколяционных кластеров может быть основано на произведении интегральной функции распределения  $F_0(p)$  взвешивающей перколяционную решетку случайной величины  $S$ , и достаточно произвольной сигмоидной функции  $F(p)$ , которая, как показывают вычислительные эксперименты авторов, в общем случае имеет выраженный асимметричный характер.

Вполне ясно, что возможны различные варианты построения асимметричных сигмоидных функций и одним из них является произведение двух логистических функций  $F(p) = F_1(p)F_2(p)$  с различными сдвиговыми  $a$  и масштабными  $b$  параметрами [2]

$$F(p) = (2/[1 + \exp(-(p - a_2)/b_2)] - 1)/[1 + \exp(-(p - a_1)/b_1)]. \quad (1)$$

Анализ формулы (1) показывает, что компоненту  $F_2(p)$  вполне можно упростить, заменив ее на аналог интегральной функции показательного распределения. Тогда выражение для асимметричной сигмоиды не только примет более простой вид, но и будет демонстрировать несколько лучшее качество аппроксимации, если ориентироваться в качестве метрики качества на остаточное стандартное отклонение (RSE)

$$F(p) = [1 - \exp(-(p - a_2)/b_2)]/[1 + \exp(-(p - a_1)/b_1)]. \quad (2)$$

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского Научного Фонда (проект № 23-21-00376).

### Литература

1. Moskalev P.V. Convergence of percolation probability functions to cumulative distribution functions on square lattices with (1, 0)-neighborhood // *Physica A*. V. **553**, 2020, P. 124657. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.physa.2020.124657>.
2. Москалев П.В., Мягков А.С. Билогистическая аппроксимация функций мощности перколяционных кластеров на ограниченных неравномерно взвешенных квадратных решетках с (1, 0)-окрестностью // *Preprints.ru*, 2024. – DOI: <https://doi.org/10.24108/preprints-3113167>.

## МЕТОДЫ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ СЕГМЕНТИРОВАНИЯ ТРЕХМЕРНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ЛЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ

Никольский И.М.

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

Лазерное сканирование находит все более широкое применение в лесном хозяйстве. Использование LiDAR и подобных технологий позволяет отказаться от использования ручных инструментов в пользу компьютерной обработки данных. Результатом лазерного сканирования объекта является трёхмерное точечное изображение, называемое облаком точек.

Для измерения некоторых характеристик (диаметр ствола на уровне груди, объём зелёной массы) необходимо отделение кроны от ствола. С точки зрения обработки изображений это задача эквивалентна сегментации изображения, т.е. разбиению изображения на непересекающиеся семантически законченные части.

При обработке изображений деревьев сегментация, как правило, выполняется путем классификации точек по набору признаков с помощью случайного леса. Задачей данной работы является исследование возможности использования более простого наивного байесовского классификатора для решения задачи сегментации.

Исследования проводились на изображениях из коллекции SYSSIFOS [2]. Для обучения классификатора использовался набор из 8 отсканированных деревьев, хранимых в виде облаков точек, и размеченных вручную [3]. В качестве метрики оценки качества модели машинного обучения использовались доли верно классифицированных точек кроны и ствола.

### Литература.

1. Lin, W., Fan, W., Liu, H., Xu, Y., Wu, J. Classification of Handheld Laser Scanning Tree Point Cloud Based on Different KNN Algorithms and Random Forest Algorithm // *Forests*, 2021, **Vol 12(3)**, 292. <https://doi.org/10.3390/f12030292>
2. Weiser, H., Schäfer, J., Winiwarter, L., Krašovec, N., Fassnacht, F.E., Höfle, B. Individual tree point clouds and tree measurements from multi-platform laser scanning in German forests // *Earth System Science Data*, **Vol. 14 (7)**, 2022, pp. 2989-3012. <https://doi.org/10.5194/essd-14-2989-2022>
3. Weiser, H., Veit, U., Winiwarter, L., Esmoris, A.M., Höfle, B. Manually labeled terrestrial laser scanning point clouds of individual trees for leaf-wood separation// 2024. <https://doi:10.11588/data/UUMEDI>

## ВЕКТОРНЫЙ АНАЛИЗ И ДЕКОМПОЗИЦИЯ – ПУТИ ПОНИМАНИЯ АЛГОРИТМОВ РАБОТЫ НЕЙРОСЕТЕЙ

Смолин В.С., Шен Х.<sup>1</sup>

ИПМ им. М.В. Келдыша РАН, 125047, Москва, Миусская пл., д.4, +7 499 978-13-14,  
smolin@keldysh.ru

<sup>1</sup>МГУ, Факультет космических исследований, 119991, Москва, ГСП-1, 1-52, Ленинские  
горы, +7 903 170-86-66, haoyuishen@yandex.ru

Успехи нейросетевых алгоритмов дают надежду, что все или почти все «интеллектуальные» задачи смогут решать машины. Хотя издаётся много учебников по глубокому обучению и генеративным нейросетям (например, [1]), практически все согласны с утверждением: «Мы не понимаем, как работают нейросети алгоритмы!».

Причины такой парадоксальной ситуации состоят в том, что при глубоком обучении сигналы и «ошибки» проходят через такое количество слоев нейросетей, что человек не может отследить, как осуществляются преобразования. Чудо состоит в том, что при обработке сложных сигналов (видеонаблюдение, преобразование речи) огромных объёмов данных, используемых для обучения нейросетей теоретически недостаточно для выявления свойств сложной среды, формирующей входные сигналы. Объяснить это можно предположением, что в нейросетях формируется декомпозиция.

Исследования направлены на вектора активности элементов в пространствах латентных слоев. Матрица приращений весов входных связей  $\Delta W^m$  слоя  $m$  формируется умножением вектор-столбцов  $\vec{\delta}^m = \{\delta_j^m = \frac{\partial E}{\partial a_j^m}\}$  («ошибок» активности элементов слоя  $m$ ) и  $\vec{o}^{m-1} = \{o_i^{m-1}\}$  (выходной активности слоя  $m-1$ ):  $\Delta W^m = -\alpha \vec{\delta}^m \vec{o}^{m-1T}$ ,  $0 < \alpha \ll 1$ . Приращения активности за счёт изменения матрицы  $W^m$ ,  $\Delta \vec{A}^m = -\alpha \vec{\delta}^m \vec{o}^{m-1^2}$  и «ошибок»  $\Delta \vec{\delta}^{m-1} = -\alpha \vec{o}^{m-1} \vec{\delta}^{m^2}$  в слое  $m-1$  зависят только от векторов «ошибок»  $\Delta \vec{\delta}^m$  и выходной активности  $\vec{o}^{m-1^2}$ , поскольку вторые члены в формулах произведения стоят как квадраты и не влияют на направления  $\Delta \vec{A}^m$  и  $\Delta \vec{\delta}^{m-1}$ .

Исследование векторов активности в многомерных пространствах латентных слоев позволяет по новому взглянуть на оптимизацию процессов декомпозиции сигналов и улучшение результативности нейросетевых алгоритмов [2], что открывает новые горизонты применения нейронных сетей в различных областях.

### Литература

1. *Фостер Д. Генеративное глубокое обучение: Как не мы рисуем картины, пишем романы и музыку / 2-е изд. – Sprint Book, 2024. – 448 с.*
2. *Журавлёв Д.В., Смолин В.С. Проектирование структуры нейросетей для AGI // Проектирование будущего. Проблемы цифровой реальности: труды 7-й Международной конференции (15-17 февраля 2024 г., Москва). — М.: ИПМ им. М.В.Келдыша, 2024. — С. 125- 143. <https://doi.org/10.20948/future-2024-2-3>*

## КАК И ЗАЧЕМ ПРЕОДОЛЕВАТЬ БАРЬЕРЫ, ОТДЕЛЯЮЩИЕ НАС ОТ AGI

Смолин В.С., Шен Х.<sup>1</sup>

ИПМ им. М.В. Келдыша РАН, 125047, Москва, Миусская пл., д.4, +7 499 978-13-14,  
smolin@keldysh.ru

<sup>1</sup>МГУ, Факультет космических исследований, 119991, Москва, ГСП-1, 1-52, Ленинские  
горы, +7 903 170-86-66, haoyuishen@yandex.ru

Приблизительно с 2017 г. тема AGI перешла из области далёкой фантастики в ближайшую практическую цель [1]. Сегодня создание AGI является основной целью исследований в области ИИ у таких серьёзных компаний, как OpenAI, DeepMind и Anthropic PBC. Но широкое научное сообщество продолжает считать, что машина никогда не сможет заменить человека с душой, чувствами и эмпатией во всех областях деятельности, а главное – не следует доверять машинам. Зачем тогда нужен AGI?

Но есть и другая крайность восприятия AGI: «умные» машины смогут полностью заменить человека и займут его место в развитии цивилизации, поскольку уже сейчас генеративный ИИ [2] позволяет создавать тексты и фотореалистичные изображения на уровне человека, а со временем – значительно превзойдёт человеческие возможности.

Задача состоит в выборе взвешенного, основанного на математическом анализе подхода к оценке возможностей уже созданного ИИ, для чего необходимо преодолевать сложившиеся стереотипы, которые служат барьерами для создания AGI. Также следует понимать, что, как и любое изобретение человечества, AGI будет полезен или вреден не сам по себе, а в соответствии с целями и возможностями, которые будут в него заложены.

Преодолевать барьеры, а именно такие представления, как: а) не всё возможно автоматизировать; б) новые знания может получать только человек; в) машина никогда не сможет чувствовать, понимать, ставить задачи, согласованные с человеческими потребностями [3]; г) быть энергоэффективнее человека при решении когнитивных задач и многие другие следует на основе демонстрации алгоритмизуемости всех, ранее казавшихся неразрешимыми, задач методами формальной декомпозиции.

Результаты исследований показывают, что создание AGI не только осуществимо, но и необходимо, поскольку ограничения человеческих возможностей в настоящее время сдерживают когнитивное развитие цивилизации. Но создание AGI может как ускорить прогресс, так и углубить неравенство, в зависимости от общественного контекста и принятых представлений о справедливости.

### Литература

1. *Бурцев М.С., Бухвалов О.Л., Ведяхин А.А. и др.* Сильный искусственный интеллект: На подступах к сверхразуму. – М.: *Интеллектуальная Литература*, 2021. – 232 с.
2. *Фостер Д.* Генеративное глубокое обучение: Как не мы рисуем картины, пишем романы и музыку / 2-е изд. – Sprint Book, 2024. – 448 с
3. Russell S. Human compatible: Artificial intelligence and the problem of control. – Penguin, 2019. – 336 с

## **HOW AND WHY TO OVERCOME THE BARRIERS BETWEEN US AND AGI**

**Smolin V.S., Shen H.<sup>1</sup>**

KIAM RAS, 125047, Moscow, Miusskaya sq., 4, +7 499 978-13-14, smolin@keldysh.ru

<sup>1</sup>MSU, Faculty of Space Research, 119991, Moscow, GSP-1, 1-52, Leninskiye Gory,  
+7 903 170-86-66, haoyuishen@yandex.ru

Since about 2017, the topic of AGI has gone from the distant realm of science fiction to a practical goal [1]. Today, the creation of AGI has become a primary objective of AI research at prominent companies such as OpenAI, DeepMind, and Anthropic PBC. However, the scientific community at large still believes that machines can never replace humans with souls, feelings, empathy, and most importantly, trustworthiness.

However, there is another extreme view of AGI: some argue that “intelligent” machines could supplant humans, especially as generative AI [2] now creates human-level text and realistic images, potentially surpassing human abilities over time.

The challenge is to choose a balanced, mathematically based approach to assessing the capabilities of an already created AI. This requires overcoming the established stereotypes that serve as barriers to AGI creation. It should also be understood that, like any human invention, AGI will not be useful or harmful in itself, but in accordance with its goals and capabilities.

Overcoming barriers, namely such ideas as a) not everything can be automated; b) only a person can gain new knowledge; c) a machine will never be able to feel, understand, or set tasks consistent with human needs [3]; d) be more energy-efficient than a person when solving cognitive problems and many others should be based on demonstrating the algorithmicity of all previously seemingly unsolvable tasks using formal decomposition methods.

The research findings suggest that AGI is feasible and necessary, as human limitations currently constrain civilization’s cognitive development. However, AGI could either accelerate progress or deepen inequality, depending on the social context and accepted notions of fairness.

### **References**

1. Burtsev M.S., Bukhvalov O.L., Vedyakhin A.A. et al. Strong Artificial Intelligence: On the Approaches to Superintelligence. - Moscow: Knowledge Literature Publishing House, 2021. - 232 c.
2. Foster D. Generative deep learning: how we don't paint pictures, write novels and music / 2nd ed. - Sprint Book, 2024. - 448 c.
3. Russell S. Human compatible: Artificial intelligence and the problem of control. – Penguin, 2019. – 336 c.

## VECTOR ANALYSIS AND DECOMPOSITION - WAYS TO UNDERSTAND NEURAL NETWORK ALGORITHMS

Smolin V.S., Shen H.<sup>1</sup>

KIAM RAS, 125047, Moscow, Miuskaya Pl., 4, +7 499 978-13-14, smolin@keldysh.ru  
<sup>1</sup>MSU, Faculty of Space Research, 119991, Moscow, GSP-1, 1-52, Leninskiye Gory,  
+7 903 170-86-66, [haoyuishen@yandex.ru](mailto:haoyuishen@yandex.ru)

The success of neural network algorithms gives hope that machines will be able to solve all or almost all "intellectual" tasks. Although many textbooks on deep learning and generative neural networks have been published (e.g., [1]), almost everyone agrees with the statement: "We do not understand how neural network algorithms work!"

The reasons for this paradoxical situation lie in the fact that, in deep learning, signals and "errors" pass through so many layers of neural networks that it becomes impossible for humans to trace how these transformations occur. The miracle is that when processing complex signals (such as video surveillance and speech transformation), the vast amount of data used to train neural networks is theoretically insufficient to reveal the properties of the complex environment that shapes the input signals. This can be explained by the assumption that a decomposition is formed within the neural networks.

Research focuses on the activity vectors of elements in the latent layer spaces. The weight increment matrix  $\Delta W^m$  for layer  $m$  is formed by multiplying the error vector  $\vec{\delta}^m = \{\delta_j^m = \partial E / \partial a_j^m\}$  ("errors" of the activity of elements in layer  $m$ ) and  $\vec{o}^{m-1} = \{o_i^{m-1}\}$  (output activity of layer  $m-1$ ):  $\Delta W^m = -\alpha \vec{\delta}^m \vec{o}^{m-1 T}$ ,  $0 < \alpha \ll 1$ . The increments in activity due to changes in the weight matrix  $W^m$ ,  $\Delta \vec{A}^m = \Delta W^m \vec{o}^{m-1} = -\alpha \vec{\delta}^m \vec{o}^{m-1 2}$  and the "errors"  $\Delta \vec{\delta}^{m-1} = \Delta \vec{W}^{m T} \vec{\delta}^m = -\alpha \vec{o}^{m-1} \vec{\delta}^{m 2}$  in layer  $m-1$  depend only on the error vectors  $\Delta \vec{\delta}^m$  and the output activity  $\vec{o}^{m-1}$ , since the second terms in the formulas appear as squares and do not affect the directions  $\Delta \vec{A}^m$  and  $\Delta \vec{\delta}^{m-1}$ .

The study of activity vectors in the multi-dimensional latent layer spaces allows for a new perspective on optimizing signal decomposition processes and improving the performance of neural network algorithms [2], opening new horizons for the application of neural networks in various fields.

### References

1. Foster, D. *Generative Deep Learning: How We Don't Paint Pictures, Write Novels, and Compose Music / 2nd ed. – Sprint Book, 2024. – 448 pages.*
2. Smolin V, Sokolov S. *AGI's Hierarchical Component Approach to Unsolvable by Direct Statistical Methods Complex Problems. // Engineering Proceedings. 2023; 33(1):67.*  
<https://doi.org/10.3390/engproc2023033067>

## **POSSIBILITIES OF ENHANCING MEDICAL IMAGE SEGMENTATION WITH MODIFIED VISUAL TRANSFORMERS AND ATTENTION-BASED EXPLANATIONS**

**Volkov E.N., Averkin A.N.**

Dubna State University, 141982, Dubna, Moscow region, Universitetskaya 19

One of the most popular tasks of automated medical image analysis using artificial neural networks is the task of image segmentation. There is a large number of convolutional neural network (CNN) architectures used for this purpose. However, the use of CNN has a number of problems concerning the structure of the analyzed images (scaling, instability to geometric transformations, etc.). One of the solutions to such problems is to build a neural network architecture based on modified visual transformer blocks [1]. This architecture allows both to generalize texture features of different scales by effectively dividing image patches and to model spatial relations between them by using attention mechanisms. In addition, the attention mechanism can also be used to generate visual explanations as a method of explainable artificial intelligence to improve the interpretability of the model and increase the trust of the clinicians in the technology as a whole [2, 3]. Proposed architecture was tested on the task of segmentation of diabetic retinopathy biomarkers on fundus images. The proposed approach allowed to outperform the results of fundus image segmentation quality by standard U-Net type architectures.

The research was carried out within the state assignment of Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (theme no. 124092700007-4).

### **References.**

1. *Volkov E. N., Averkin A. N.* Possibilities of Using Visual Transformers in the Classification of Ophthalmologic Diseases. URL: <https://www.mce.biophys.msu.ru/rus/archive/abstracts/sect452302/doc460933/>.
2. *Volkov E. N., Averkin A. N.* Explainable artificial intelligence in medical image analysis: State of the art and prospects // *XXVI International Conference on Soft Computing and Measurements (SCM)*. IEEE, 2023. Pp. 134-137. DOI: 10.1109/SCM58628.2023.10159033.
3. *Averkin A. N., Volkov E. N., Yarushev S. A.* Explainable artificial intelligence in deep learning neural nets-based digital images analysis // *Journal of Computer and Systems Sciences International* **Vol. 63**, No. 1, 2024. Pp. 175-203. DOI: 10.1134/S1064230724700138.

## COMPARATIVE ANALYSIS OF CLASSICAL AND NEURAL NETWORK METHODS FOR DETECTING ATOMS IN ATOMIC-SCALE IMAGES

Zyryanov K.S., Oreshkin A.I., Chulichkov A.I.

Lomonosov Moscow State University, Physics Faculty, dep. Mathematical Modeling and Computer Science, Kolmogorova str., Moscow, 119991, Russia, 1, +7 (996) 334-56-28, zyryanov.konstantin.sergeevich@gmail.com

One of the main tasks in the field of atomic scale image processing is the accurate detection of atoms and determination of their number [1]. In this paper, a quantitative comparison of two different approaches to atom detection is made: the classical detection method based on a combination of Otsu, Hough, morphological alignment algorithms and a method based on neural network image processing by YOLO architecture models.

The classical approach is based on the use of the Otsu algorithm, which divides the image into sections and calculates the threshold value for each section individually, taking into account local pixel intensities. Morphological opening and closing operations allow to remove noise in the image and improve the shapes of objects. The Hough algorithm is used to detect atoms in the image, false positives of the algorithm are filtered out.

To train the neural network, a specialized dataset consisting of 500 images of atoms was created, focused on the detection task. Before the training, data augmentation techniques were applied, including Gaussian blur, mirroring, image rotation, cutting out part of the image and changing the brightness. Various sizes of a neural network with the YOLO architecture for object detection have been investigated [2].

Method	Classical algorithm	YOLOn	YOLOs	YOLOm	YOLOl	YOLOx
mAP@50, %	43.7	66.9	68.2	67.4	68.4	68.8
Time, c	0.136	0.019	0.031	0.087	0.111	0.157

The performance of the models is estimated using the mAP@50 metric. The table shows the results of validation of various detection methods. The experimental results show that the neural network approach solves the problem of detecting atoms with higher accuracy.

### References

1. Binnig G., Rohrer H. Scanning tunneling microscopy // *Helv. Phys. Acta*, **55**, 726, 1982.
2. Redmon J., Divvala S., Girshick R., Farhadi A. You Only Look Once: unified, real-time object detection. // *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 2016.

S2

**В**ЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ МЕТОДЫ  
И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

**С**OMPUTATIONAL METHODS  
AND MATHEMATICAL MODELING

Руководители:

*Елена Николаевна Аристова, Владимир Ильич Залятин,  
Владимир Ефимович Карпов, Алексей Иванович Лобанов,  
Павел Валентинович Москалёв, Александр Васильевич Шаповалов.*

## ИЕРАРХИЯ ПОДСЕМЕЙСТВ ПОЛИНОМИАЛЬНОГО СЕМЕЙСТВА ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Андреева И.А., Кондратьева Н.В.

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Задачи, решаемые посредством математического моделирования, проходят красной нитью сквозь все отрасли современной науки и инженерии, образуя их ткань - от астрофизики и биофизики до машиностроения и городской инфраструктуры, от экономики и социологии до сейсмоустойчивости конструкций и экологических исследований. Ключевая же роль в сфере построения математических моделей многообразных процессов и явлений принадлежит динамическим системам. Задача оказывается сведена к исследованию характеристик тех кривых, которые определяются дифференциальными уравнениями соответствующей динамической системы. В процессе их анализа фазовое пространство динамической системы подразделяется на отдельные траектории. Для этих траекторий исследуется их предельное поведение с целью, прежде всего, классифицировать возможные положения равновесия. Помимо того, выявляются возможные источники и стоки фазового потока системы. Как результат, строятся фазовые портреты динамической системы и устанавливаются критерии их реализации. Особую роль среди динамических систем играют системы полиномиальные - ввиду удобства их применения в качестве математических моделей и осуществимости их подробного анализа. Данная работа посвящена обширному иерархически разветвленному семейству полиномиальных динамических систем со взаимно простыми полиномами в правых частях их уравнений. Проведено исследование большого ряда подсемейств глобального их семейства в рамках методов качественной теории обыкновенных дифференциальных уравнений и динамических систем. Ряд методов разработан специально для целей данного оригинального исследования. Выявлены все топологически независимые фазовые портреты многочисленных подсемейств, относящихся к разным уровням иерархии.

### Литература.

1. Andreeva I.A., Efimova T.O., On the Qualitative Study of Phase Portraits for Some Categories of Polynomial Dynamic Systems, in: Studies of Systems, Decision and Control. Cyber-Physical Systems: Modeling and Industrial Application. Springer, 2022, pp. 39-50.
2. Andreeva I.A., Andreev A.F., Qualitative Research in the Poincare Disk of One Family of Dynamical Systems, Journal of Mathematical Sciences, 281, No. 3, pp.359-366 (2024).
3. Andreeva I.A. Qualitative Investigation of Some Hierarchical Family of Cubic Dynamic Systems, Lobachevskii Journal of Mathematics, 45, No. 1, pp. 364-375 (2024).
4. Andreeva I.A., Kondratieva N.V., On the Phase Portraits of Polynomial Dynamic Systems, in: International Conference on Differential Equations and Dynamic Systems DIFF-24, Suzdal, 27.06- 03.07.2024. Proceedings of the Conference, Vladimir, 2024, pp. 93-94.

## **ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА КОМПЬЮТЕРНОЙ АНАЛОГИИ К РЕШЕНИЮ СИСТЕМ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ**

**Аристов В.В., Музыка А.А.<sup>1</sup>, Строганов А.В.**

Федеральный исследовательский центр Информатика и управление РАН, Россия, 119333, г. Москва, ул. Вавилова, д. 42, стр. 2, Тел.: +7 (499) 135-62-60, факс: +7 (495) 930-45-05, E-mail: aristovvl@yandex.ru

<sup>1</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования “МИРЭА – Российский технологический университет”, Россия, 119454, г. Москва, проспект Вернадского, дом 78, Тел.: +7 499 600-80-80, факс: +7 499 434-92-87, E-mail: vispoftheblayor@gmail.com

В работе [1] был предложен метод построения решения дифференциальных уравнений с использованием аналогии с работой компьютера. Такой подход позволяет исключить промежуточные шаги в рекуррентных формулах разностных схем для решений дифференциальных уравнений. Для этого формализуются основные свойства работы цифрового компьютера – фиксированное количество разрядов и переброс из разряда в соседний разряд. Решение получается в виде отрезка ряда по степеням шага аргумента.

Этот подход можно применять для построения решений систем нелинейных уравнений, в частности для построения решений сложных систем Лоренца, Рёсслера и Шимидзу-Мориока. Формулы для коэффициентов ряда приобретают вид линейного конгруэнтного генератора, что позволяет рассматривать коэффициенты при старших степенях как псевдослучайные. Приближение коэффициентов при старших степенях с помощью нормально или равномерно распределённых случайных величин позволяет получить решение задачи в явном виде.

### **Литература.**

1. Aristov, V.V., Stroganov, A.V.: A method of formalizing computer operations for solving nonlinear differential equations. Applied Mathematics and Computation. 2012, Vol. 218, p. 8083-8089.

## ПРИМЕНЕНИЕ ВЫСОКОТОЧНЫХ БИКОМПАКТНЫХ СХЕМ ДЛЯ СОВМЕСТНОГО РЕШЕНИЯ УРАВНЕНИЯ ПЕРЕНОСА ИЗЛУЧЕНИЯ И УРАВНЕНИЯ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ВЕЩЕСТВА

Аристова Е.Н., Караваева Н.И.<sup>1</sup>

ИПМ им. М.В. Келдыша РАН 125047, Москва, Миусская пл., д.4

<sup>1</sup>МФТИ (НИУ) 141701, Московская обл., г. Долгопрудный, Институтский пер., д. 9

Система уравнений высокотемпературной радиационной газовой динамики описывает течения газа с учетом теплового излучения. Одним из блоков ее решения при расщеплении по физическим процессам является совместное решение уравнения переноса излучения и уравнения энергии. Одной из трудностей при решении уравнения переноса является зависимость искомой функции от большого числа переменных, так как даже в одномерной плоской геометрии она зависит от координаты, времени, энергетической и угловой переменных.

В предлагаемом подходе задача решается в многогрупповом приближении, для эффективного понижения размерности задачи используется HOLO алгоритм, в котором организуется взаимодействие между решением уравнения переноса высокого порядка (HO – high order) и уравнениями низкого порядка (LO – low order). Понижение размерности производят сначала за счет осреднения по угловой переменной, при этом получают многогрупповую систему уравнений квазидиффузии. Далее производят осреднение по энергии и получают эффективную одногрупповую систему уравнений квазидиффузии. Для численного решения уравнений каждого из этапов HOLO алгоритма используется бикомпактная схема четвертого порядка по пространству, построенная методом прямых в рамках одной ячейки. В предлагаемой реализации используются метод третьего порядка аппроксимации для интегрирования по времени в однородной задаче и метод первого порядка аппроксимации в гетерогенной задаче.

Проведена монотонизация предложенной разностной схемы для HOLO алгоритма. Схема применена для решения первой и второй задач Флека, исследована зависимость скорости теплового фронта в оптически толстой области от величины коэффициента поглощения в ней [1].

### Литература.

1. *Аристова Е.Н., Караваева Н.И.* Реализация бикомпактной схемы для HOLO алгоритма решения задач переноса излучения в среде // *Препринты ИПМ им. М.В.Келдыша* № 64, 2024. 27 с.

## МОНОТОНИЗАЦИЯ МОДИФИЦИРОВАННОЙ СХЕМЫ С ЭРМИТОВОЙ ИНТЕРПОЛЯЦИЕЙ ДЛЯ ЧИСЛЕННОГО РЕШЕНИЯ НЕОДНОРОДНОГО УРАВНЕНИЯ ПЕРЕНОСА С ПОГЛОЩЕНИЕМ

Аристова Е.Н., Караваева Н.И.<sup>1</sup>, Ивашкин И.Р.<sup>1</sup>

ИПМ им. М.В. Келдыша РАН 125047, Москва, Миусская пл., д. 4

<sup>1</sup>МФТИ (НИУ) 141701, Московская обл., г. Долгопрудный, Институтский пер., д. 9

Многие задачи науки и техники приводят к необходимости численно решать уравнение переноса, например, задачи нейтронной физики и высокотемпературной радиационной газовой динамики. Представляет интерес построение разностных схем высокого порядка аппроксимации, которые являются немонотонными в силу теоремы Годунова. Рассматриваемая модификация сеточно-характеристической схемы СІР (Cubic Interpolation Polynomial) имеет третий порядок аппроксимации по времени и пространству, который достигается за счёт включения в список неизвестных не только узловых значений искомой функции, но и узловых значений её производной, причём для замыкания схемы используется формула Эйлера–Маклорена [1]. Существуют различные способы монотонизации высокоточных схем. На основе модифицированной схемы СІР предложено строить гибридные схемы, в которых в качестве монотонной схемы используется характеристическая схема первого порядка. Рассмотрены варианты локальной, послышной и глобальной монотонизации, в которых гибридное решение строится после расчёта каждой ячейки, каждого временного слоя и всех временных слоёв соответственно. Показано, что наилучшие результаты даёт схема с локальной монотонизацией. Продемонстрировано, что порядки сходимости гибридной схемы на тестах с решениями различной гладкости не отличаются существенно от порядков сходимости схемы СІР. В случае больших оптических толщин предложено вычислять интеграл вдоль характеристики по формуле Симпсона для интеграла в форме Стилттьеса. Показано, что такой способ численного интегрирования позволяет значительно уменьшить погрешности численного решения [2].

### Литература.

1. Аристова Е.Н., Овчаров Г.И. Эрмитова характеристическая схема для неоднородного линейного уравнения переноса // *Матем. моделирование*, т. 32, № 3, 2020. Стр. 3–18.
2. Аристова Е.Н., Караваева Н.И., Ивашкин И.Р. Монотонизация модифицированной схемы с эрмитовой интерполяцией для численного решения неоднородного уравнения переноса с поглощением // *Препринты ИПМ им. М.В.Келдыша*, № 65, 2024. 40 с.

## О НЕЛИНЕЙНОЙ ДИНАМИКЕ ОСЦИЛЛИРУЮЩИХ КИНКОВ В МИКРОТРУБОЧКАХ

Батова А.С., Бугай А.Н., Устинов Н.В.

Объединенный институт ядерных исследований, Россия, 141980, Дубна, ул. Жолио-Кюри, 6, тел. 216-2119, [anna-sergeevna00@yandex.ru](mailto:anna-sergeevna00@yandex.ru)

Микротрубочки (МТ) – ключевой структурный элемент цитоскелета клеток, участвующий в их делении, внутриклеточном транспорте и ряде других процессов. МТ состоят из длинных цепочек димеров тубулина, способных к конформационным изменениям, которые инициируют генерацию нелинейных волн, включая солитоны. Считается, что такие волны могут участвовать в передаче сигналов [1].

Существуют различные модели, описывающие динамику димеров в МТ. Здесь используется продольная модель [2], рассматриваемая в рамках континуального приближения. Возникающее при этом модельное уравнение движения димеров имеет хорошо известное решение в виде кинка [3].

Целью настоящей работы является изучение нелинейной динамики МТ в случае, когда смещения димеров включают как низкочастотную, так и высокочастотную составляющие. Для этого с помощью приближения медленно меняющихся огибающих [4] получена система нелинейных уравнений в частных производных для низкочастотной и высокочастотной составляющих смещений димеров. Найдено решение этой системы, содержащее произвольные функции, которое, в свою очередь, позволяет получить приближённое решение уравнения движения димеров в продольной модели. Это приближённое решение имеет форму осциллирующего кинка, т.е. кинка с высокочастотным заполнением.

Проведено сравнение эволюции осциллирующих кинков с результатами численного интегрирования исходного уравнения модели. Выделено несколько видов динамики, которые определяются параметрами найденного приближенного решения.

Работа выполнена в рамках Соглашения о сотрудничестве между Объединенным институтом ядерных исследований (ОИЯИ), Дубна, Российская Федерация, и Министерством образования и науки Республики Сербия.

### Литература

1. *Zdravković S., Chevizovich D.* Nonlinear Dynamics of Nanobiophysics. – Springer, 2022. 368 pp.
2. *Zdravković S., Satarić M.V., Zeković S.* Nonlinear dynamics of microtubules – a longitudinal model // *Europhysics Letters* **102**, № 3, 2013. P. 38002.
3. *Satarić M.V., Tuszyński J.A., Žakula R.B.* Kinklike excitations as an energy-transfer mechanism in microtubules // *Physical Review E* **48**, №. 1, 1993. P. 589-597.
4. *Ахманов С.А., Выслоух В.А., Чиркин А.С.* Оптика фемтосекундных лазерных импульсов. – Наука, 1988. 312 стр.

## МАРГАНЕЦ-ЗАМЕЩЕННЫЕ СТРУКТУРЫ ГИДРОКСИАПАТИТА: МОДЕЛИРОВАНИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТ

Быстров В.С., Парамонова Е.В., Авакян Л.А.<sup>1</sup>, Макарова С.В.<sup>2</sup>, Булина Н.В.<sup>2</sup>,  
Семёнов С.В.<sup>3</sup>, Рубайло А.И.<sup>4</sup>

Институт математических проблем биологии РАН – филиал Института прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН, 142290 Пущино, Россия, [vsbys@mail.ru](mailto:vsbys@mail.ru)

<sup>1</sup>Физический факультет, Южный Федеральный университет, Ростов-на-Дону, Россия

<sup>2</sup>Институт химии твердого тела и механохимии СО РАН, Новосибирск, Россия

<sup>3</sup>Институт физики им. Л.В. Киренского СО РАН, Красноярск, Россия

<sup>4</sup>Красноярский центр коллективного пользования СО РАН, Красноярск, Россия

Гидроксиапатит (ГАП) является минеральным компонентом костей и зубов, обладает хорошей биосовместимостью и поэтому в основном используется в медицине для восстановления костной ткани. В тоже время ГАП все шире применяется и в других областях, в т.ч. для магнитно-резонансной томографии и для локальной магнитной гипертермии при лечении опухолей рака [1], благодаря возможности включения в их состав ионов железа, марганца и др., имеющих магнитные свойства. Кристаллическая структура ГАП достаточно гибкая и легко интегрирует в себя различные ионы, что и влияет на свойства ГАП. Одним из важных таких катионов является марганец. В данной работе представлены результаты моделирования решетки Mn-ГАП с различным числом замещений Mn/Ca в разных позициях, полученные с использованием высокоточных расчетов методами теории функционала плотности с гибридными функционалами [2]. Также приведены экспериментальные данные по синтезу Mn-ГАП механохимическим методом. Расчетные и экспериментальные данные показывают хорошее соответствие: параметры элементарной ячейки и объем уменьшаются с увеличением замещений Mn/Ca [3], что соответствует ионным радиусам Ca и Mn. Эти результаты аналогичны результатам, полученным для замещений Mg/Ca в Mg-ГАП [4]. Однако, тут возникают дополнительные электронные уровни энергии внутри запрещенной зоны  $E_g$  Mn-НАР, тогда как в Mg-НАР нет уровней внутри запрещенной зоны, изменяется только ширина  $E_g$ . При введении Mn изменяется энергия фотовозбуждения, и ее эффективное значение  $E_g^*$  становится меньше ширины запрещенной зоны  $E_g$  в чистом ГАП. Возникают также и магнитные свойства НАР-Mn (до 5 магн.Бора/ячейку для 1-го Mn) пропорциональные количеству введенного Mn. Экспериментальные измерения магнитных свойств Mn-ГАП образцов на вибрационном магнитометре VSM 8604 дали значения намагниченности до 0.3 emu/g в поле 1.5 Т при температуре 300 К. Полученные результаты свидетельствуют о хорошей перспективе возможных применений создаваемых Mn-ГАП структур.

### Литература

1. *Tampieri A., et al. Acta Biomater.*, **V. 8**, 2012, P. 843–851.
2. *Bystrov V., Paramonova E., et al. Nanomaterials*, **V. 11**, 2021, P. 2752.
3. *Быстров В.С., и др. Изв. РАН. Серия физическая*, **Т. 88**, № 5, 2024, С. 80–86.
4. *Bystrov V.S., Paramonova E.V., Avakyan L.A., et. al., Materials*, **V. 16**, 2023, P. 5945.

## КАТЕГОРНЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ УЯЗВИМОСТИ КИБЕРФИЗИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Волкова Е.С., Гисин В.Б.

Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Россия, 125167, Москва, пр-кт Ленинградский, д. 49/2, тел. +7(916)253-27-26, E-mail: vginin@fa.ru

Кибербезопасность в киберфизическом мире, является предметом многочисленных исследований, в которых применяется разнообразный математический аппарат и инструментарий современной информатики. С учетом этого актуальным является вопрос систематизации используемых методов и выработки общих концепций, которые могли бы служить платформой для таких исследований [1]. В настоящей работе представлен формальный метод описания действий злоумышленника на уровне компонентов системной модели. Киберфизическая система рассматривается как объект категории систем над моноидальной категорией [2]. Формализм теории категорий является адекватным инструментом для описания декомпозиции систем, введения понятия угрозы на уровне модельного строения системы. В [3] алгебраический формализм теории категорий использовался для анализа угроз с использованием леммы Йонеды.

В настоящей работе развит более общий подход, при котором системы рассматриваются в категории линз с монадой, моделирующей неопределенность. При таком подходе неопределенность может быть представлена как распределениями вероятности в пространстве состояний, так и логическими оценками состояний. Использование аппарата теории категорий позволяет с единой точки зрения рассматривать дискретные модели и непрерывные модели (представленные системами дифференциальных уравнений, в том числе и нелинейных), композицию и взаимодействие таких разнородных систем.

### Литература.

1. *Trenchev I., Dimitrov W., Dimitrov G., Ostrovska T., Trencheva M.* Mathematical approaches transform cybersecurity from protoscience to science // *Applied Sciences* 13, 11, 2023, p. 6508. <https://doi.org/10.3390/app13116508>
2. *Vidalie J., Batteux M., Mhenni F., Choley J. Y.* Category theory framework for system engineering and safety assessment model synchronization methodologies // *Applied Sciences* 12, 12, 2022, p. 5880. <https://doi.org/10.3390/app12125880>
3. *Bakirtzis G., Genovese F., Fleming C. H.* Yoneda hacking: The algebra of attacker actions // *ACM Transactions on Cyber-Physical Systems (TCPS)* 6, 3, 2022, p. 1-27. <https://doi.org/10.1145/3531063>

## **НАКОПЛЕНИЕ ПОВРЕЖДЕНИЙ И РАЗРУШЕНИЕ УПРУГОПЛАСТИЧЕСКИХ ТЕЛ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОЙ НАГРУЗКЕ**

**Грачев В.А., Найштут Ю.С.**

Самарский государственный технический университет, Факультет промышленного и гражданского строительства, кафедра металлических и деревянных конструкций, Россия, 443001, г. Самара, ул. Молодогвардейская 194, Тел.: +7(846)339-14-94, E-mail: neustadt99@mail.ru

На предыдущей конференции МКО 2024 в нашем докладе моделировалась задача длительной прочности упругопластических сред в рамках теории накопления повреждений по схеме Мураками [1]: предполагается скачкообразное изменение поверхности нагружения через конечные отрезки времени в зависимости от необратимых (пластических) деформаций, накопленных за это время. Доказано, что если нагрузка изменяется достаточно медленно, то существует обобщенное решение, основанное на вариационной постановке [2]. В настоящей работе рассматриваются произвольные загрузки. Строится конечномерное по времени приближенное решение квазистатической задачи длительной прочности, аналогичное схеме Эйлера для обыкновенных дифференциальных уравнений [3]. Доказывается существование решений и сходимости рассматриваемых приближений при стремлении шагов интегрирования к нулю. Вычисляется время безаварийной эксплуатации изучаемой конструкции. Доказательство базируется на теории вариационных неравенств и специфических свойствах пространства ограниченных деформаций, изученных в недавнее время [4,5]. Существенно, что рассматриваемая модель требует новых экспериментальных исследований: необходимо получить значения тензоров накопления повреждений для анизотропных упругопластических тел с поверхностью текучести Надаи–Шлейхера [6]. Схемы предлагаемых экспериментов представлены в докладе.

### **Литература.**

1. Murakami S. Continuum Damage Mechanics, A Continuum Mechanics Approach to the Analysis of Damage and Fracture, Springer: Verlag, (2012).
2. Найштут Ю.С. Обобщенные решения в теории течения идеальных упругопластических тел, *Механика твердого тела*, №6, 74-78 (1993).
3. Hartman, P. Ordinary differential equations. (Classics in applied mathematics; 38) Copyright by the Society for Industrial and Applied Mathematics, (2002).
4. Панагиотопулос П. Неравенства в механике и их приложения. М.: Мир, 1989.
5. Temam R. Mathematical Problems in Plasticity, Dover Publications. Dover Books on Physics (2018).
6. Качанов Л.М. Основы механики разрушения. М.: Наука, 1974.

## ПЕРЕСБОРКА ВАН ДЕР ВААЛЬСОВЫХ ПАР ПРИ СТОЛКНОВЕНИЯХ В ЗАДАЧЕ ТРЁХ ТЕЛ

Ким С.Е., Попов Е.Н.

Университет ИТМО, Россия, 197101, г. Санкт-Петербург, Кронверкский пр., 49, лит. А;  
codeilece@gmail.ru, +7 952 922 32 13; enp-tion@yandex.ru, +7 981 941 42 06

Известно, что ван дер Ваальсовы пары образуются при тройных столкновениях в горячем газе, когда один из атомов уносит избыток энергии, охлаждая два других атома, которые попадают в потенциальную яму ван дер Ваальсовых сил [1]. В данной работе мы численно моделируем динамику разрушения ван дер Ваальсовых пар, основанной на задаче трех тел [2]. Интерес представляет динамика разрушения ван дер Ваальсовой пары, при которой один из атомов в связанной паре выбивается третьим атомом, при этом занимая место выбитого атома, такое явление назовем "пересборкой". В работе проводилась оценка частоты и условий возникновения "пересборки".

Для решения поставленной задачи была заранее получена выборка ван дер Ваальсовых пар с взаимным расположением атомов и их относительными скоростями. Следующим шагом был описан и смоделирован акт столкновения атомной пары с третьим атомом. Моделирование процесса связано со сложностью поиска аналитического вычисления атомной пары по начальным условиям из-за потенциала взаимодействия, со степенями -6 и -12. Смоделировав многократно различные столкновения в условиях ван дер Ваальсового взаимодействия было замечено, что "пересборка" не является редким событием, для атомов с массой одного порядка. Мы полагаем, что это связано с особенностью введенного потенциала, так при достаточном сближении, атомы отталкиваются друг от друга, как при абсолютно упругом ударе, что позволяет интерпретировать явление "пересборки", как маятник Ньютона, где ударяющиеся объекты меняются импульсом.

Полученные результаты, можно использовать для исследования спин-обменного взаимодействия между атомами, которое происходит при условии сближения атомов на время, большее чем время двойного столкновения [3, 4].

### Литература.

1. Lu T., Chen Q., van der Waals potential: an important complement to molecular electrostatic potential in studying intermolecular interactions //Journal of Molecular Modeling. – 2020. – Т. 26. – №. 11. – С. 315.
2. Nielsen E. et al. The three-body problem with short-range interactions //Physics Reports. – 2001. – Т. 347. – №. 5. – С. 373-459.
3. Walker T. G., Larsen M. S., Spin-exchange-pumped NMR gyros //Advances in atomic, molecular, and optical physics. – Academic Press, 2016. – Т. 65. – С. 373-401.
4. Kelley M., Branca R. T., Theoretical models of spin-exchange optical pumping: Revisited and reconciled //Journal of Applied Physics. – 2021. – Т. 129. – №. 15.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕУПАКОВКИ КЛЕТОК В РАЗВИВАЮЩИХСЯ ЭПИТЕЛИАЛЬНЫХ ТКАНЯХ МЕТОДАМИ *IN SILICO*

Красняков И.В., Бузмаков М.Д.

Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Россия,  
614013, Пермь, ул. Профессора Поздеева, д. 11, +7 964 192 23 64,  
krasnyakov\_ivan@mail.ru

Переупаковка клеток – это важный процесс при развитии тканей, особенно в эпителиальных тканях. Эпителиальные клетки образуют сплошной слой, который выстилает поверхности органов и полостей тела. Переупаковка клеток играет ключевую роль в том, как такие ткани развиваются, восстанавливаются и приспособляются к изменениям [1]. При этом клетки могут изменять свою форму и взаиморасположение, чтобы оптимально распределить нагрузку, либо реагировать на другие внешние стимулы. Также переупаковка клеток способствует их механической интеграции [2]. При морфогенезе, на ранних этапах развития эмбриона (от дробления до нейруляции), клетки эпителия переупаковываются, что формирует структуры будущих органов [2].

В данной работе мы представляем хемомеханическую математическую модель развития эпителиальной ткани [3]. Введённый нами потенциал учитывает не только эластичность периметра и площади, а также и эластичность внутренних углов клетки. Представленная математическая модель даёт возможность отслеживать полную историю изменений каждой клетки в рассматриваемом ансамбле. С помощью модели мы исследуем влияние механизмов переупаковки клеток на развивающуюся эпителиальную ткань. Конкретно рассмотрены процессы переупаковки: при одноосном растяжении ткани; при росте ткани в замкнутых геометриях с эластичными и твёрдыми стенками; при разрастании другого ансамбля клеток и при миграции клеток в ткани. Проводится исследование морфологических форм клеточных сеток, которые возникают в ходе эволюции эпителиальной ткани. Получено многообразие клеточных паттернов и проведён их подробный анализ.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда, грант № 23-71-01020, <https://rscf.ru/project/23-71-01020/>

### Литература

1. *Herrera-Perez R.M., Kasza K.E.* Biophysical control of the cell rearrangements and cell shape changes that build epithelial tissues // *Current Opinion in Genetics & Development*, Vol. 51, 2018, P. 88–95.
2. *Lemke S.B., Nelson C.M.* Dynamic changes in epithelial cell packing during tissue morphogenesis // *Current Biology*, Vol. 31, 2021, P. 1098–1110.
3. *Krasnyakov I.V., Kostarev K.V., Bratsun D.A.* Mathematical modeling of early processes of morphogenesis of epithelial tissues // *Russian Journal of Biomechanics*, Vol. 28, No. 1., 2024, P. 76–86.

## КВАЗИКЛАССИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ НЕЛИНЕЙНОГО УРАВНЕНИЯ ШРЕДИНГЕРА С НЕЭРМИТОВОЙ ЧАСТЬЮ, ЛОКАЛИЗОВАННЫЕ НА НЕСКОЛЬКИХ ТРАЕКТОРИЯХ

А.Е. Кулагин<sup>1,2</sup>, А.В. Шаповалов<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Томский политехнический университет, Россия, 634050, Томск, пр. Ленина, 30,  
Телефон: (3822) 418913, E-mail: [aek8@tpu.ru](mailto:aek8@tpu.ru)

<sup>2</sup>Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, Россия, 634055, Томск, пл.  
Академика Зуева, 1.

<sup>3</sup>Томский государственный университет, Россия, 634050, Томск, пл. Новособорная, 1,  
Телефон: (3822) 529843, E-mail: [shpv@phys.tsu.ru](mailto:shpv@phys.tsu.ru)

Основанный на методе комплексного роста Маслова [1] метод квазиклассически сосредоточенных состояний является мощным инструментом для построения асимптотических решений нелокального нелинейного уравнения Шредингера [2]. В работе [3] было показано, что его можно обобщить на случай, когда оператор уравнения имеет неэрмитову часть. Это позволяет применить метод к описанию эволюции открытых квантовых систем. Такие решения связаны с динамической системой, задающей траекторию с весом для «классической» частицы. Эта траектория описывает область локализации решений.

Чтобы описать дальнедействующие взаимодействия в системе, область локализации должна представлять собой как минимум несколько точек в каждый момент времени, т.е. решения должны быть локализованы на нескольких траекториях. В этом случае асимптотическое решение нелинейного уравнения Шредингера оказывается связанным с динамической системой для нескольких классических частиц. Каждой из таких классических частиц, которые мы называем квазичастицами, мы сопоставляем свою квазиклассическую волновую функцию. Эти функции оказываются нелинейным образом связаны друг с другом через динамическую систему обыкновенных дифференциальных уравнений. Используя такой подход, удастся построить приближенный нелинейный оператор эволюции для исходного нелокального нелинейного уравнения Шредингера с неэрмитовой частью.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда №23-71-01047, <https://rscf.ru/project/23-71-01047/>.*

### Литература

1. Маслов В.П. Комплексный метод ВКБ в нелинейных уравнениях. – М.: Наука, 1977. 384 с.
2. Belov V.V., Trifonov A.Y., Shapovalov A.V. The trajectory-coherent approximation and the system of moments for the Hartree type equation // International Journal of Mathematics and Mathematical Sciences, Vol. 32, No. 6, 2002. p. 325-370.
3. Kulagin A.E., Shapovalov A.V. A Semiclassical Approach to the Nonlocal Nonlinear Schrodinger Equation with a Non-Hermitian Term // Mathematics, Vol. 12, No. 4, 2024. 580.

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МОДЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОЙ СРЕДЫ МАКСВЕЛЛА ГАРНЕТТА И БРУГГЕМАНА ДЛЯ РАСЧЁТА СПЕКТРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КОМПОЗИТНЫХ СРЕД С МЕТАЛЛИЧЕСКИМИ НАНОЧАСТИЦАМИ

Муратов Д.А., Николаев Н.Э., Чехлова Т.К.

Институт физических исследований и технологий (ИФИТ)  
Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы (РУДН) Россия,  
117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6, +7(495)9550825, [D.Muratov-2000@ya.ru](mailto:D.Muratov-2000@ya.ru)

Исследование оптических свойств композитных сред, содержащих наночастицы, – одно из перспективных направлений физики. Данные среды приобретают свойства, недостижимые для обычных материалов. Использование этих свойств возможно при создании сенсоров, плёнок и устройств записи и передачи оптической информации. При внедрении в однородную среду наночастиц металлов создаётся оптическая наноструктура с новыми свойствами. Выбор металла в качестве вещества наночастиц обусловлен тем, что получаемые системы обладают поглощающими свойствами, что влияет на их фотокаталитические свойства и имеет значение при создании солнечных элементов.

В данной работе проведено сравнение двух моделей эффективных сред на примере композитной среды с золотыми наночастицами. Проведён анализ оптических свойств нанокомпозитов при использовании модели эффективной среды Максвелла Гарнетта и модели эффективной среды Бруггемана [1]. В работе представлены спектр коэффициентов отражения и пропускания композитных сред, с наночастицами сферической формы. Объёмная концентрация частиц составляла от 20% до 50%.

Полученные в работе спектральные характеристики коэффициентов отражения и пропускания композитных сред с золотыми наночастицами сферической формы показали, что при объёмной концентрации частиц в среде, близкой к одной трети, расчёты с использованием моделей эффективной среды Максвелла Гарнетта и Бруггемана дают близкие друг к другу результаты. Однако при изменении объёмной концентрации частиц в большую или меньшую сторону наблюдается все большее расхождение результатов.

На основании проведённого сравнительного анализа двух моделей эффективной среды, предложенных Максвеллом Гарнеттом и Бруггеманом, можно сделать вывод, что при объёмной концентрации частиц в среде от одной трети до двух третей предпочтительнее использовать модель Бруггемана. В то время как модель Максвелла Гарнетта показывает наилучшие результаты при малом объёмном содержании частиц, меньшем одной трети.

### Литература.

1. Головань Л.А., Тимошенко В.Ю., Кашкаров П.К. Оптические свойства композитов на основе пористых систем // Успехи физических наук. – 2007. – Т. 177, № 6. – С. 619-638.

## ВЛИЯНИЕ ОЛЛИ ЭФФЕКТА НА ДИНАМИКУ СТОХАСТИЧЕСКОЙ ПОПУЛЯЦИОННОЙ МОДЕЛИ РИКЕРА С МИГРАЦИЯМИ

Павлецов М.М.<sup>1</sup>, Ряшко Л.Б.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б. Н. Ельцина», Россия, 620000, Екатеринбург, Мира, 19, (343) 389-94-77, evlucid@gmail.com

<sup>2</sup>ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б. Н. Ельцина», Россия, 620000, Екатеринбург, Мира, 19, (343) 389-94-77, lev.yashko@urfu.ru

В данной работе изучается стохастическая модель, состоящая из двух связанных подсистем, каждая из которых моделируется дискретным отображением Рикера, впервые описанным в [1]. Двухмерная модель с учетом параметрического шума таким образом имеет следующий вид:

$$\begin{cases} x_{i+1} = x_i^\alpha e^{(\mu + \varepsilon \xi_{1t})(1-x_i)} + \sigma(y_i - x_i) \\ y_{i+1} = y_i^\alpha e^{(\mu + \varepsilon \xi_{2t})(1-y_i)} - \sigma(y_i - x_i) \end{cases} \quad (1)$$

Здесь  $x_i$  и  $y_i$  - плотности популяций,  $\mu$  - коэффициент скорости роста популяций,  $\sigma$  - коэффициент взаимных миграций между популяциями,  $\alpha$  - коэффициент воздействия Олли эффекта,  $\xi_{it}$  - некоррелированные Гаусовские шумы с параметрами  $\varepsilon \xi_t = 0$ ,  $\varepsilon \xi_t^2 = 1$ .

Для детерминированного варианта модели были построены бифуркационные диаграммы по параметрам  $\mu$  и  $\sigma$ , и выбраны наиболее интересные для изучения случаи. Обнаружены и описаны зоны параметров, при которых наблюдается мультистабильность системы. Также продемонстрирована устойчивость найденных аттракторов системы при помощи показателей Ляпунова. Изучены бассейны притяжения аттракторов для зон сосуществования нескольких аттракторов системы. Описаны возможные осцилляционные сценарии.

Для стохастического случая описано поведение аттракторов системы в зависимости от интенсивности вносимого параметрического шума  $\varepsilon$ . Описаны индуцированные шумом переходы между аттракторами для случаев, где наблюдается мультистабильность. Для анализа используется метод функции стохастической чувствительности [2], что позволяет описывать реакцию аттракторов системы на вносимый шум. Были найдены критические значения интенсивности шума  $\varepsilon$ , при которых наблюдается как частичное, так и полное вымирание популяций.

### Литература

1. E. W. Ricker. Stock and recruitment. Journal of the Fisheries Research Board of Canada, **11**: 5 (1954), 559–623.
2. Bashkirtseva, I., Ryashko, L., Tsvetkov, I. Sensitivity analysis of stochastic equilibria and cycles for discrete dynamic systems // Dyn. Contin., Discrete Impulsive Syst. Ser. A **17**, 2010. 501–515.

## **МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ БЕЗОПАСНОЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ**

**Савватеев А.В.**

Центральный экономико-математический институт РАН

Один из самых распространённых алгоритмов секретной передачи данных, называемый RSA, содержит в своём ядре очень красивую и нетривиальную, хоть и абсолютно школьную, математику. Рассматриваются тонкие свойства систем остатков от деления на "полупростые" числа, являющиеся произведением двух простых.

## ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ УПРАВЛЯЮЩИХ ПАРАМЕТРОВ ПРИ МАГНИТОГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ НЕСТАБИЛЬНОСТИ ПРОЦЕССА ЭЛЕКТРОЛИЗА АЛЮМИНИЯ

Савенкова Н.П., Сапожников К.Э., Ненахов Н.Д., Мокин А.Ю.

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, факультет Вычислительной Математики и Кибернетики, каф. Вычислительных методов, Россия, 119991, ГСП-1 Москва, Ленинские горы, д.1, стр. 52, 2-й учебный корпус, факультет ВМК, Тел: +7(495)-939-52-55, E-mail: s02220529@gse.cs.msu.ru

В работе представлены результаты исследования изменения основных управляющих параметров электролиза алюминия в промышленной ванне: криолитового отношения (КО), выхода по току ( $\eta$ ) и потерь выхода по току ( $\Delta\eta$ ), в случае развития магнитогидродинамической (МГД) неустойчивости при анодном эффекте.

Значения управляющих параметров отражают эффективность процесса электролиза. Существуют допустимые диапазоны значений управляющих параметров, при которых режим работы ванны является штатным и не требует внесения изменений в технологию процесса.

Разработанная Всероссийским Алюминиево-магниевым Институтом (ВАМИ) эмпирическая формула параметра выхода по току является недостаточно точной. Теоретической формулой потерь выхода по току практически не пользуются, поскольку формула требует хорошего описания поверхности раздела сред металл-электролит. Величину КО в настоящее время измеряют несколько раз в неделю при помощи химического анализа по единичной пробе, что также слишком приближенно отражает характер протекания процесса электролиза.

Проведенное в настоящей работе математическое моделирование значений КО,  $\eta$ ,  $\Delta\eta$  подтверждает их корреляцию. Это очень важно для принятия верного управляющего технологического решения, поскольку решение, принятое по значению только одного управляющего параметра (обычно КО) может быть ошибочным. При этом значения  $\eta$  и  $\Delta\eta$  подтверждают или опровергают вывод о МГД-неустойчивости (стабильности) ванны по химическому анализу. Принятие более оптимальных управляющих решений позволяет избежать серьёзных потерь алюминия при производстве.

### Литература.

1. Белоплицкий В.М., Пискажова Т.В. Математическое моделирование процесса электролитического получения алюминия. Решение задач управления технологией: монография // (Красноярск, 2012 г.) – Сиб. федер. ун-т. – С.13-58.
2. Калмыков А.В., Кулешов А.А., Савенкова Н.П. Моделирование анодного эффекта в многоанодном алюминиевом электролизере // Препринты ИПМ им. М.В.Келдыша РАН. 2016. № 131. 22 с.

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОРРЕЛЯЦИОННОГО МЕТОДА ОБРАБОТКИ МУЛЬТИПЛЕКСНЫХ ХРОМАТОГРАММ

**Сайфуллин М.Ж.**

Самарский государственный технический университет,  
Россия, 443100, Самара, ул. Молодогвардейская, 244.  
Тел.: (846) 337-0865., факс: (846) 278-4400,  
E-mail: [ims@samgtu.ru](mailto:ims@samgtu.ru).

Важнейшая проблема хроматографических измерений – повышение качества хроматографической информации до проведения её первичной обработки. Один из путей решения этой проблемы – применение мультиплексной хроматографии. При этом на вход хроматографа подается последовательность проб  $\{x\}$ , причем ввод каждой последующей пробы осуществляется, не дожидаясь выхода хроматограммы от предыдущего ввода пробы. Обработка хроматографических данных связана с вычислением оценок автокорреляционной функции входного сигнала и взаимно – корреляционной функции входного и выходного мультиплицированного сигнала. При дискретном представлении информации алгоритм корреляционной обработки данных эквивалентен методу наименьших квадратов и все результаты регрессионного анализа могут быть использованы при обработке хроматографических данных. Точность оценивания усредненного сигнала определяется ковариационной матрицей оценок.

Выбор входной последовательности ввода проб производится на основе критерия  $D$  – оптимальности. Для многократного ввода проб используется псевдослучайная последовательность Лежандра [1], позволяющая упростить вычисления и анализ точности оценок усредненной хроматограммы. При исследовании различий компонентного состава двух образцов, для определения усредненной дифференциальной хроматограммы, входные последовательности, управляющие вводом проб первого и второго образцов, являются дополнительными: если проба первого образца в данный момент времени не вводится, вводится проба второго образца, и наоборот.

Для подтверждения теоретических результатов получения усредненных хроматограмм проведено имитационное моделирование работы портативного газового хроматографа с автоматическим дозирующим устройством.

Методика проведения имитационного эксперимента заключается в моделировании хроматографического сигнала при однократном и многократном вводе проб с наложенной помехой, генерирование входных последовательностей ввода проб, вычисления усредненной хроматограммы и её сопоставление с заданным сигналом.

### **Литература**

1. Сайфуллин М.Ж. Моделирование псевдослучайных последовательностей Лежандра с асимметричным алфавитом / Материалы XII Всероссийской научной конференции с международным участием «Математическое моделирование и краевые задачи». Том 2. – Самара: СамГТУ, 2024. – с. 104-106.

## СООТНОШЕНИЯ МЕЖДУ ПОЛНЫМИ МОДУЛЯМИ ГЛАДКОСТИ ДЛЯ ФУНКЦИЙ ДВУХ ПЕРЕМЕННЫХ В РАЗНЫХ МЕТРИКАХ

Симонова И.Э., Симонов Б.В.

ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет»  
 Россия, 400005, Волгоград, проспект им. В.И. Ленина, д. 28  
 Тел.: +7(988)493-50-47, факс: 24-80-71,  
 E-mail: simonova-vstu@mail.ru

Модули гладкости широко используются во многих областях функционального анализа. В работе исследованы модули гладкости функций двух переменных в смешанной метрике.

Обозначим через  $L_{p_1, p_2}, 1 \leq p_i < \infty, i = 1, 2$  — множество измеримых функций двух переменных  $f(x_1, x_2)$ ,  $2\pi$  — периодических по каждому переменному, для которых

$$\|f\|_{p_1, p_2} = \left( \int_0^{2\pi} \left( \int_0^{2\pi} |f(x_1, x_2)|^{p_1} dx_1 \right)^{\frac{p_2}{p_1}} dx_2 \right)^{\frac{1}{p_2}} < \infty.$$

Будем писать, что  $f \in L_{p_1, p_2}^0$ , если  $f \in L_{p_1, p_2}$  и  $\int_0^{2\pi} f(x_1, x_2) dx_2 = 0$  для почти всех  $x_1$  и  $\int_0^{2\pi} f(x_1, x_2) dx_1 = 0$  для почти всех  $x_2$ . Обозначим через  $\omega_\alpha(f, \delta)_{p_1, p_2}$  — полный модуль гладкости положительного порядка  $\alpha$  функции  $f \in L_{p_1, p_2}$ , то есть

$$\omega_\alpha(f, \delta)_{p_1, p_2} = \sup_{|h_1| \leq \delta, |h_2| \leq \delta} \left\| \sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n \binom{\alpha}{n} f(x_1 + (\alpha - n)h_1, x_2 + (\alpha - n)h_2) \right\|_{p_1, p_2},$$

где  $\binom{\alpha}{n} = 1$  для  $n = 0$ ,  $\binom{\alpha}{n} = \alpha$  для  $n = 1$ ,  $\binom{\alpha}{n} = \frac{\alpha(\alpha-1) \cdots (\alpha-n+1)}{n!}$  для  $n \geq 2$ .

**Теорема.** Пусть  $f \in L_{1,1}^0, 2 \leq q_i < \infty, \theta_i = 1 - \frac{1}{q_i}, (i = 1, 2), \alpha > 0, \alpha + \theta_1 + \theta_2 \in \mathbf{N}, q = \min(q_1, q_2), \delta \in (0, 1)$ . Тогда найдется  $C > 0$ , не зависящая от  $f$  и  $\delta$ , такая, что

$$\omega_\alpha(f, \delta)_{q_1, q_2} \leq C \left( \int_0^\delta (t^{-\theta_1 - \theta_2} \omega_{\alpha + \theta_1 + \theta_2}(f, t)_{1,1})^q \frac{dt}{t} \right)^{\frac{1}{q}}.$$

**Замечание 1.** При  $q_1 = q_2$  аналогичная теорема доказана в [1], стр. 73.

**Замечание 2.** Особый интерес представляет то, что эта оценка, верная в предельном случае  $L_{1,1}$ , не переносится на функции одной переменной из  $L_1$ .

### Литература.

1. Kolomoitsev Yu., Tikhonov S. Hardy-Littlewood and Ulyanov inequalities, Mem Amer. Soc. 271(1325) (2021), Arxiv: 1711.08163.

## ДИНАМИЧЕСКАЯ СИСТЕМА МОМЕНТОВ ОДНОМЕРНОГО НЕЛОКАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ ФИШЕРА-КОЛМОГОРОВА-ПЕТРОВСКОГО- ПИСКУНОВА С ФРАКТАЛЬНОЙ ПРОИЗВОДНОЙ ПО ВРЕМЕНИ

С.А. Синюков, А.В. Шаповалов

Томский государственный университет, Россия, 634050, Томск, пл. Новособорная, 1,  
Телефон: (3822) 529843, E-mail: [shpv@phys.tsu.ru](mailto:shpv@phys.tsu.ru)

Фрактальное исчисление [1] открыло новые возможности для построения и исследования моделей физических и биологических систем и явлений непосредственно на фракталах в терминах дифференциальных уравнений с фрактальными производными. В настоящее время фрактальное исчисление и его приложения становятся новым активно развивающимся разделом современной математической физики [2].

В данной работе изучается одномерное популяционное уравнение Фишера–Колмогорова–Петровского–Пискунова (Ф-КПП) с нелокальными конкурентными потерями [3] и фрактальной производной по времени, которое рассматривается в рамках  $L^\alpha$ -исчисления на множестве Кантора размерности  $0 < \alpha < 1$ . В квазиклассическом приближении по малому параметру диффузии в классе функций, сосредоточенных на траекториях, выводится динамическая система с фрактальной производной по времени, связанная с множеством моментов не выше второго порядка решения уравнения Ф-КПП. Анализ свойств решений динамической системы моментов является основной задачей данной работы, поскольку они содержат решающую информацию о решении исходного уравнения Ф-КПП.

Рассмотрен пример, для которого аналитически и численно построены и исследованы решения динамической системы моментов при различных значениях параметра  $\alpha$ .

Использованный в работе подход позволяет асимптотически свести исследование решений уравнений в частных производных с фрактальной производной по времени и нелокальной нелинейностью по пространственной переменной к исследованию обыкновенных дифференциальных уравнений с фрактальной производной. Также результаты работы могут представлять интерес в приложениях фрактального исчисления к уравнениям с фрактальными производными [2].

### Литература

1. *Parvate A., Gangal A. D.* Calculus on fractal subsets of real line — I: formulation // *World Scientific Publishing Company*, **Vol. 17**, № 1, 2009. 53 p. DOI:10.1142/S0218348X09004181.
2. *Golmankhaneh A. K.* Fractal calculus and its applications.  $F^\alpha$ -Calculus. – World Scientific, Singapore, 2022. DOI:10.1142/12988.
3. *Trifonov A. Yu., Shapovalov A. V.* The one-dimensional Fisher–Kolmogorov equation with a nonlocal nonlinearity in a semiclassical approximation // *Russian Physics Journal*, **Vol. 52**, № 9, 2009. 899 p. DOI:10.1007/s11182-010-9316-2.

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МАССОПЕРЕНОСА БИНАРНЫХ ЖИДКИХ СМЕСЕЙ В КАПИЛЛЯРАХ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ СИЛ В ФОРМЕ УРАВНЕНИЯ АБЕЛЯ

Уварова Л.А.

ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН», Россия, 127055, Москва, Вадковский пер., 3а,  
+7(499)972-95-20, [uvar11@yandex.ru](mailto:uvar11@yandex.ru)

Моделирование процессов переноса в пористых средах является весьма актуальной задачей. Актуальность обусловлена большим распространением таких сред в природе и технологиях (в том числе, нанотехнологиях). Большой интерес вызывают многокомпонентные системы. Состав таких смесей позволяет интенсифицировать процессы переноса (в частности, процесс испарения). Как известно, многокомпонентный перенос может быть описан на основе уравнений Максвелла – Стефана. Эти уравнения позволяют учитывать влияние внешних сил, что даёт возможность управления массообменом в той или иной технической системе. В настоящей работе рассматривается массоперенос, обусловленный испарением бинарной жидкой смеси в цилиндрическом капилляре. Испарение и массоперенос происходят под действием внешней силы электромагнитной природы.

Соответствующая система уравнений Максвелла – Стефана имеет вид:

$$\begin{aligned} \frac{dc_1}{dx} + \gamma_1 c_1 + \gamma_2 c_2 &= \frac{G_1}{nD_{13}} + \frac{nm_1}{\rho_e kT} c_1 c_2 X_2 \\ \frac{dc_2}{dx} + \gamma_3 c_1 + \gamma_4 c_2 &= \frac{G_2}{nD_{23}} + \frac{nm_2}{\rho_e kT} c_1 c_2 X_1 \end{aligned} \quad (1)$$

Здесь введены обозначения:  $G_i$  – поток молекул,  $c_i$  – относительная концентрация летучего компонента,  $m_i$  – масса молекулы,  $D_{ij}$  – коэффициент диффузии,  $T$  – температура,  $n$  – суммарная концентрация,  $X_i$  – сила электромагнитной природы,  $k$  – постоянная Больцмана, плотность  $\rho_e \approx const$ . Через  $\gamma_i$  обозначены коэффициенты, зависящие от параметров задачи,  $x$  – продольная координата, направленная от устья к мениску. Концентрация молекул газа, в который происходит испарение, равна:  $c_3 = 1 - c_1 - c_2$ .

Сведение системы к одному уравнению и замены  $z = \frac{dc_1}{dx}$ ,  $\frac{d^2 c_1}{dx^2} = \frac{dz}{dx} = \frac{dz}{dc_1} z$ ,  $u = 1/z$

приводят его к уравнению Абеля первого рода:  $u' = f_0 + f_1 u + f_2 u^2 + f_3 u^3$ . Дальнейший анализ позволяет получить приближенные решения для концентрации, а с помощью закона сохранения массы определить время испарения. В частности, показано:

- поведение концентраций может качественно отличаться в зависимости от величин действующих сил, температуры и коэффициентов диффузии;
- скорости испарения компонентов разной летучести становятся одного порядка, если действие электрической силы на менее летучее вещество значительно больше, чем на более летучее. Это влияет на время испарения в целом.

## МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ГАЗОПЕРЕНОСА БИСЛОЙНОЙ МЕМБРАНЫ ИЗ КИНЕТИКИ СОРБЦИИ

**В.В. Угровов**

Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации  
125993, Москва, Ленинградский пр.49,Е -mail: vugr@rambler.ru

В связи с активной разработкой новых композиционных мембран (**КМ**), получающие все большее применение в технологических процессах газоразделения, представляется актуальным разработка новых способов определения параметров газопереноса в **КМ**. Простейшим вариантом **КМ** является бислойная мембрана (**БМ**), состоящая из полимерного высокоселективного слоя малой толщины, нанесенного на поверхность подложки, из полимерного материала с более высокой газопроницаемостью.

Цель данной работы состояла в разработке способа определения параметров газопроницаемости – коэффициентов сорбции и диффузии газа в мембранных слоях **БМ** из экспериментальной кинетической кривой сорбции газа бислойной мембраной с помощью метода моментов, в основе которого лежит принцип равенства моментов, полученных аналитически из модели кинетики сорбции и рассчитанных из экспериментальной кинетической кривой сорбции.

В данной работе впервые построена модель кинетики сорбции газа бислойной мембраной. Получены аналитические выражения моментов первого и второго порядка кинетической кривой сорбции газа **БМ**, на основе которых предложен способ, определения коэффициентов газопереноса мембранных слоев **БМ** из экспериментальных кинетических кривых **БМ** и ее подложки. Предложенный метод использует только нулевой и первый моменты указанных кинетических кривых, что значительно упрощает процесс нахождения параметров газопереноса **БМ** и его точность.

Полученные результаты работы могут быть использованы при оценке газоразделительных свойств композиционных мембран для газоразделения.

### Литература

1. Угровов В.В. // *Membranes and Membrane Technologies*, 2024, Vol. 6, No. 4, pp. 267–272.

## ОДНОРОДНЫЕ И НЕОДНОРОДНЫЕ СИНХРОНИЗАЦИОННЫЕ ПЕРЕХОДЫ В СУПЕРДИФФУЗИОННЫХ СЕТЯХ

Фатеев И.С., Полежаев А.А.

Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, Россия, 119991, Москва, Ленинский проспект, д. 53

Динамические режимы, связанные с состояниями как полной, так и частичной синхронизации, реализуемые в различных системах связанных осцилляторов, представляют особый интерес для задач нейронаук. В этой перспективе особую роль играет представление и всестороннее изучение динамики, реализуемой на базе различных сетевых конфигураций.

В последнее время появляется все большее количество эмпирических данных, связанных с проявлением степенных закономерностей и распределений с тяжелыми хвостами для различных уровней структурной и функциональной организации биологических систем взаимодействующих нейронов [1]. В связи с этим, важно представить математическую модель, естественным образом заключающую в себе степенные особенности, при этом отражающую математическую лаконичность, необходимую для развития аналитических представлений о явлениях частичной синхронизации. Нами была предложена модель нейронной сети, организованная на базе супердиффузионного кинетического механизма, для которой были обнаружены химерные состояния, отождествляемые с явлениями коллективной активности систем биологических нейронов. Особенности данной системы в непрерывном, а также в дискретном представлении связаны с внедрением дробного оператора Лапласа и его разностной схемой аппроксимации.

В рамках доклада будут изложены результаты исследований влияния конфигураций супердиффузионных сетей на реализуемые ими динамические режимы [2]. Будут определены параметрические области неоднородного (однородного) синхронизационного перехода. Данное исследование проливает свет на топологии супердиффузионных сетей, слабая вариация которых существенно влияет (не влияет) на развитие динамических режимов в системе. Результаты исследования могут быть применены к различным задачам нейронаук. Используемые методы могут являться альтернативой существующим сетевым моделям, имеющим особое значение для теории сложных систем.

### Литература.

1. Buzsáki G., Mizuseki K. The log-dynamic brain: how skewed distributions affect network operations // *Nature Reviews Neuroscience* T. 15, № 4, 2014.
2. Fateev, I., Polezhaev, A. Synchronization transitions in a system of superdiffusively coupled neurons: Interplay of chimeras, solitary states, and phase waves // *Chaos: An Interdisciplinary Journal of Nonlinear Science* T.34, № 9, 2024.

## ПРИМЕНЕНИЕ ПАДЕ АППРОКСИМАНТ В АСИМПТОТИЧЕСКИХ МЕТОДАХ РЕШЕНИЯ КРАЕВЫХ ЗАДАЧ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

Шатров А.В.

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Россия, 195251,  
г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29, тел. +7(911)-150-72-07,  
shatrov\_av@spbstu.ru

Чуть более 60 лет тому назад М. Крускал ввел понятие *Асимптотология*. В своей работе [1] он изложил 7 принципов использования асимптотических методов в прикладной математике. Одним из принципов асимптотических методов решения краевых задач является гипотеза о существовании асимптотик для двух предельных значений параметра: если для  $\varepsilon \rightarrow 0$  ( $\varepsilon \rightarrow \infty$ ) существует нетривиальная асимптотика, то можно построить и асимптотику для  $\varepsilon \rightarrow \infty$  ( $\varepsilon \rightarrow 0$ ). Но в результате возникает проблема для асимптотических методов – построение решений, приемлемых в области  $0 \leq \varepsilon \leq \infty$ . Для этого используются различные подходы. Наиболее распространенным является метод сращиваемых асимптотических разложений (Matching method [2]). При этом оперируют понятиями *внутренней* и *внешней асимптотик*, действующих в областях  $\varepsilon \rightarrow 0$  и  $\varepsilon \rightarrow \infty$  соответственно. Однако для корректного применения метода сращивания необходимо знать точку сращивания или, по крайней мере, область перекрытия асимптотик. Для соединения неперекрывающихся асимптотик разработаны методы, опирающийся на двухточечные аппроксимации Паде (ТРПА) [3]. В последнее время появилось много работ по использованию ТРПА в краевых задачах гидродинамики. Однако в некоторых публикациях некорректно используется методика применения аппроксимации Паде. В частности, в работах [4,5] производится редукция краевой задачи Блазиуса к задаче Коши с последующим использованием для решения одноточечной аппроксимации Паде. Авторы используют асимптотику сингулярной области для аналитического продолжения с помощью одноточечной аппроксимации Паде, не учитывая того факта, что внутренняя асимптотика является степенной при разложении по малому параметру автомодельной переменной  $\zeta \rightarrow 0$ , а внешняя асимптотика имеет экспоненциальную зависимость от  $\zeta \rightarrow \infty$ . Если не учитывать принципиального различия асимптотических разложений, то в регулярированной области  $\zeta \rightarrow \infty$  неизбежно наблюдается накопление ошибки решения, несмотря на то что при редукции краевой задачи авторы дополняют условия задачи Коши соотношением, обеспечивающим выполнение внешнего условия уравнения Блазиуса.

### Литература

1. *Kruskal M.* Asymptotology. Math. Models in Phys. Sci. N-J., 1963. Pp.17-48.
2. *Van Dyck M.* Методы возмущений в механике жидкости. М: Мир, 1967, 310 с.
3. *Andrianov I.V.* Application of Pade Approximants in Perturbation Methods. // *Advances in Mechs.*, 14, 2, 1991. Pp.3-15.
4. *Albarakati W.A., Ahmad F.* Application of Pade Approximation to Solve the Blasius Problem. Proc. Pakistan Acad. Sci. 44, 2, 2007. Pp. 17-20
5. *Asaithambi A.* On the Use Recursive Evaluation of Derivatives and Pade Approximation to Solve Blasius Problem. J. of Computational Methods in Physics Vol. 2016, Article ID 3698251, 5 pages <http://dx.doi.org/10.1155/2016/3698251>

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ 3D МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАЦЕТАМОЛА

Эгезова Ф.М., Нарциссов Я.Р.<sup>1</sup>, Машковцева Е.В.<sup>2</sup>

НИИ цитохимии и молекулярной фармакологии,  
Россия, 115404, Москва, ул. 6-я Радиальная, д. 24, стр. 14, Тел.: +7 (495) 327-49-87, E-mail: icmph@yandex.ru

<sup>1</sup>Группа биомедицинских исследований, БиДиФарма ГмбХ, Германия, Зик, 22962,  
Бюльтбек, 5, E-mail: yn\_brg@icmph.org

<sup>2</sup>ФГАОУ ВО "Российский Национальный Исследовательский Медицинский  
Университет им. Н.И. Пирогова" МЗ РФ, Россия, 117513, Москва, ул. Островитянова 1,  
Тел.: +7 (495) 434-22-66, E-mail: elenamash@gmail.com

Парацетамол (N-ацетил-параминофенол) — широкодоступный, отпускаемый без рецепта препарат, входящий в группу анальгетиков, обладающий жаропонижающим, обезболивающим и слабовыраженным противовоспалительным эффектом. Наряду с этим, парацетамол часто становится причиной случайных и умышленных отравлений [1].

Прогнозирование изменения концентрации конъюгированных и токсических метаболитов парацетамола в печени и в организме в целом является крайне важной задачей, однако длительность и дороговизна инвазивной оценки содержания исследуемых веществ делают компьютерное моделирование наиболее применимым для ее решения. Объектом исследования является сосудистая сеть и паренхима одной печеночной долики.

В основу моделирования кровотока легко решение нестационарного уравнения Навье-Стокса, учитывающее ньютоновские свойства крови и ее несжимаемость. Динамическая вязкость была представлена моделью Карро [2]. Уравнение реакции-диффузии описывает процесс переноса парацетамола из сосудистого русла в паренхиму, а его метаболизм определяется уравнением Михаэлиса-Ментен.

В результате моделирования процессов гемодинамики, диффузии, конвекции и метаболизма парацетамола было получено пространственно-временное распределение препарата и его метаболитов в сосудистой сети и паренхиме печени. Также показано существенное влияние гетерогенного распределения и активности ферментативной системы гепатоцитов на градиенты концентраций рассматриваемых веществ, что указывает на необходимость учета этого фактора в процессе моделирования.

### Литература

1. J. G. Diaz Ochoa, J. Bucher, A. R. Pery, J. M. Zaldivar Comenges, J. Niklas, and K. Mauch, "A multi-scale modeling framework for individualized, spatiotemporal prediction of drug effects and toxicological risk," // *Front Pharmacol*, vol. 3, p. 204, 2012.
2. Y. R. Nartsissov, "Application of a multicomponent model of convective reaction-diffusion to description of glucose gradients in a neurovascular unit," // *Front Physiol*, vol. 13, p. 843473, 2022.

## HIERARCHY OF SUBFAMILIES OF THE POLYNOMIAL FAMILY OF DYNAMICAL SYSTEMS

**Andreeva I.A., Kondratieva N.V.**

Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University

Problems solved through mathematical modeling run like a red thread through all branches of modern science and engineering, forming their fabric - from astrophysics and biophysics to mechanical engineering and urban infrastructure, from economics and sociology to earthquake resistance of structures and environmental research. The key role in the construction of mathematical models of diverse processes and phenomena belongs to dynamic systems. The problem turns out to be reduced to the study of the characteristics of those curves that are determined by the differential equations of the corresponding dynamical system. In the process of their analysis, the phase space of a dynamic system is divided into separate trajectories. For these trajectories, their limiting behavior is investigated in order, first of all, to classify possible equilibrium positions. In addition, possible sources and sinks of the phase flow of the system are identified. As a result, phase portraits of the dynamic system are constructed and criteria for their implementation are established. The identification of phase portraits acceptable for a dynamic system means that the researcher has the opportunity to predict the development paths of the process, whose model this dynamic system served. Polynomial systems play a special role among dynamical systems due to the convenience of their use as mathematical models and the feasibility of their detailed analysis. This paper is devoted to an extensive hierarchically branched family of polynomial dynamical systems with mutually simple polynomials in the right-hand sides of their equations. A large number of subfamilies of their global family have been studied within the framework of the methods of the qualitative theory of ordinary differential equations and dynamical systems. A number of methods have been developed specifically for the purposes of this original study. All topologically independent phase portraits of numerous subfamilies belonging to different levels of the hierarchy have been identified.

### References.

1. Andreeva I.A., Efimova T.O., On the Qualitative Study of Some Family of Cubic Dynamic Systems, *Mathematical Methods in Technology and Technics*, 6, 12-15 (2021).
2. Andreeva I.A., Efimova T.O., On the Qualitative Study of Phase Portraits for Some Categories of Polynomial Dynamic Systems, in: *Studies of Systems, Decision and Control. Cyber-Physical Systems: Modeling and Industrial Application*. Springer, 2022, pp. 39-50.
3. Andreeva I.A., Andreev A.F., Qualitative Research in the Poincare Disk of One Family of Dynamical Systems, *Journal of Mathematical Sciences*, 281, No. 3, pp.359-366 (2024).
4. Andreeva I.A. Qualitative Investigation of Some Hierarchical Family of Cubic Dynamic Systems, *Lobachevskii Journal of Mathematics*, 45, No. 1, pp. 364-375 (2024).
5. Andreeva I.A., Kondratieva N.V., On the Phase Portraits of Polynomial Dynamic Systems, in: *International Conference on Differential Equations and Dynamic Systems DIFF-24*, Suzdal, 27.06- 03.07.2024. *Proceedings of the Conference*, Vladimir, 2024, pp. 93-94.

## ON NONLINEAR DYNAMICS OF OSCILLATING KINKS IN MICROTUBULES

**Batova A.S., Bugay A.N., Ustinov N.V.**

Joint Institute for Nuclear Research, Russia, 141980, Dubna, Joliot-Curie St. 6,  
phone 216-2119, E-mail: [anna-sergeevna00@yandex.ru](mailto:anna-sergeevna00@yandex.ru)

Microtubules (MTs) are the key structural element of the cytoskeleton of cells involved in their division, intracellular transport and in a number of other processes. MTs consist of long chains of the tubulin dimers capable to the conformational changes that initiate the generation of nonlinear waves, including the solitons. It is believed that such waves can participate in the transmission of signals [1].

There are various models describing the dynamics of the dimers in MT. Here, we exploit the longitudinal model [2] to be considered within the frameworks of the continuous approximation. The resulting model equation of the dimer motion has the well-known solution in the form of the kink [3].

The purpose of this work is to investigate the nonlinear dynamics of MT in the case when dimer displacements include both the low-frequency and high-frequency components. To do this, a system of nonlinear partial differential equations for the low-frequency and high-frequency components of the dimer displacements is obtained by using the approximation of the slowly varying envelopes [4]. We find a solution containing arbitrary functions of this system, which, in turn, allows us to obtain an approximate solution of the equation of dimer motion in the longitudinal model. This approximate solution has the form of the oscillating kink, i.e. the kink with the high-frequency filling.

The evolution of the oscillating kinks is compared with the results of numerical integration of the initial equation of the model. Several types of dynamics are identified, which are determined by the parameters of the approximate solution we found.

This work was carried out within the framework of the Cooperation Agreement between JINR, Dubna, Russian Federation and the Ministry of Science, Technological Development and Innovation of the Republic of Serbia, project "Solitons and chaos in nonlinear dynamics of biomolecules".

### References

1. *Zdravković S., Chevizovich D.* Nonlinear Dynamics of Nanobiophysics. – Springer, 2022. 368 pp.
2. *Zdravković S., Satarić M.V., Zeković S.* Nonlinear dynamics of microtubules – a longitudinal model // *Europhysics Letters* **102**, № 3, 2013. P. 38002.
3. *Satarić M.V., Tuszyński J.A., Žakula R.B.* Kinklike excitations as an energy-transfer mechanism in microtubules // *Physical Review E* **48**, №. 1, 1993. P. 589-597.
4. *Akhmanov S.A., Vysloukh V.A., Chirkin A.S.* Optics of femtosecond laser pulses. – AIP, 1992. 366 pp.

## APPLICATION OF 3D MODELING METHODS TO STUDY THE SPATIO-TEMPORAL DISTRIBUTION OF PARACETAMOL

Etezova F.M., Nartsissov Y.R.<sup>1</sup>, Mashkovtseva E.V.<sup>2</sup>

Institute of Cytochemistry and Molecular Pharmacology,  
Russia, 115404, Moscow, 6-ya Radialnaya Street 24, building 14,  
tel.: +7 (495) 327-49-87, E-mail: icmph@yandex.ru

<sup>1</sup>Biomedical Research Group, BiDiPharma GmbH, Bültebek 5, 22962 Siek, E-mail:  
yn\_brg@icmph.org

<sup>2</sup>Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «N.I. Pirogov  
Russian National Research Medical University» of the Ministry of Health of the Russian  
Federation, Russia, Moscow, Ostrovityanova Street 1, building 7, tel.: +7 (495) 434-22-66, E-  
mail: mashkovtseva\_ev@rsmu.ru

Paracetamol, also known as N-acetyl-p-aminophenol, is a widely available over-the-counter pain reliever that belongs to the analgesic family. It has antipyretic, analgesic, and mild anti-inflammatory properties. However, paracetamol can also cause accidental and intentional poisonings [1].

Assessment and prediction of changes in the concentration of conjugated and toxic metabolites of paracetamol in the liver and in the body are extremely important. However, due to the high cost and duration of invasive assessments of concentrations in tissues, computer modeling methods have become the most widely used approach. The object of modeling is the complexly branched vascular network of the liver, including its parenchymal tissue, within the framework of one structural and functional unit of the organ.

The blood flow modeling is based on solving the unsteady Navier-Stokes equation, which take into account the non-Newtonian properties of blood and its incompressibility. The dynamic viscosity was modeled using the Carreau model [2]. The equations describing the process of paracetamol diffusion from the blood vessels to the tissues and its metabolism are the reaction-diffusion and Michaelis-Menten equations.

As a result of simulating the processes of hemodynamics, diffusion, and metabolism of paracetamol, we obtained the spatio-temporal distribution of the drug and its metabolites in the vascular network and liver tissue. Additionally, we showed the significant effect of heterogeneous distribution and activity of hepatocyte enzyme systems on the concentration gradients of paracetamol and its metabolites, indicating the need to consider this factor in modeling.

### Literature

1. J. G. Diaz Ochoa, J. Bucher, A. R. Pery, J. M. Zaldivar Comenges, J. Niklas, and K. Mauch, "A multi-scale modeling framework for individualized, spatiotemporal prediction of drug effects and toxicological risk," // *Front Pharmacol*, vol. 3, p. 204, 2012.
2. Y. R. Nartsissov, "Application of a multicomponent model of convective reaction-diffusion to description of glucose gradients in a neurovascular unit," // *Front Physiol*, vol. 13, p. 843473, 2022.

## REPLACEMENT OF VAN DER WAALS PAIRS AT COLLISIONS IN THE THREE-BODY PROBLEM

**Kim S.E., Popov E.N.**

ITMO University, Russia, 197101, St. Petersburg, Kronverksky Pr., 49, bldg. A;  
codeilece@gmail.ru, +7 952 922 32 13; enp-tion@yandex.ru, +7 981 941 42 06

As known, van der Waals pairs form in triple collisions in hot gas when one of atoms transfers excess energy, cooling the other two atoms trapped in a potential field of van der Waals forces [1]. In this work, we numerically simulate the dynamics of van der Waals pair destruction based on the three-body problem [2]. Of interest is the dynamics of van der Waals pair destruction, in which one of the atoms in the bonded pair is dislodged by a third atom, thus taking the place of the dislodged atom. We call this phenomenon "replacement" and evaluate the conditions and frequency of its occurrence.

A sample of van der Waals pairs with the mutual location of atoms and their relative velocities was obtained ahead of time. Then, we described and modeled the act of collision of an atomic pair with a third atom. Modeling of the process is associated with the difficulty of finding an analytical formula for calculating the atomic pair by initial conditions on account of the interaction potential, with degrees -6 and -12. Simulating many times different collisions in the conditions of van der Waals interaction revealed that "replacement" is not a rare phenomenon for atoms with masses of the same order. We assume that this is related to the peculiarity of the introduced potential. Therefore, at sufficient proximity, the atoms repel each other, as in an absolutely elastic collision, which allows us to interpret the phenomenon of "replacement" as Newton's cradle, where the colliding objects swap momentum.

The results obtained can be used to investigate the spin-exchange interaction between atoms, which occurs when atoms approach each other for a time longer than the double collision time [3, 4].

### References.

1. *Lu T., Chen Q.*, van der Waals potential: an important complement to molecular electrostatic potential in studying intermolecular interactions //Journal of Molecular Modeling. – 2020. – T. 26. – №. 11. – C. 315.
2. *Nielsen E. et al.* The three-body problem with short-range interactions //Physics Reports. – 2001. – T. 347. – №. 5. – C. 373-459.
3. *Walker T. G., Larsen M. S.*, Spin-exchange-pumped NMR gyros //Advances in atomic, molecular, and optical physics. – Academic Press, 2016. – T. 65. – C. 373-401.
4. *Kelley M., Branca R. T.*, Theoretical models of spin-exchange optical pumping: Revisited and reconciled //Journal of Applied Physics. – 2021. – T. 129. – №. 15.

**S3/W1**

**В**ЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ И  
СИСТЕМНАЯ БИОЛОГИЯ

**С**ALCULATIONAL AND  
SYSTEMS BIOLOGY

Руководители:

*Николай Вадимович Белотелов, Андрей Анатольевич Гриневич,  
Татьяна Юрьевна Плюснина, Андрей Александрович Полежаев.*

## **МЕХАНИКА ЖИВОГО И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ КРОВЕНОСНЫХ СОСУДОВ**

**Ермаков А.С.**

Московский Государственный Университет им. М. В. Ломоносова, Биологический факультет, кафедра эмбриологии. 119234, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 12; +7 (495) 939-35-25; ermakov99@mail.ru

Способность живых систем к регуляции, формообразование и интегрированное функционирование органов и тканей – загадка, многие годы волнующая человечество. В 1970-х годах исследовательские группы из СССР и США высказали идеи о возможном участии механических сил и напряжений в регуляции интегрального развития живых организмов [1, 2]. В первые десятилетия XXI века было показано, что в ходе процесса клеточной механотрансдукции, механическое воздействие на клетку может быть перекодировано в химический сигнал [3]. Кроме того, было открыто, что действие механических сил, приложенных к клетке, может передаваться через цитоскелетные структуры на клеточное ядро и влиять на молекулярные системы, участвующие в реализации генетической информации.

Особенно важно учитывать механические аспекты биологии клеток при изучении функционирования кровеносных сосудов. Движение крови порождает разные типы воздействий на эндотелий и стенки сосудов. Течение жидкости приводит к возникновению напряжения сдвига, на клетки действует давление, в стенках сосудов формируются кольцевые напряжения. Параметры этих воздействий могут варьировать в зависимости от типа сосуда. Клетки эндотелия кровеносных сосудов обладают способностью к механочувствительности, и это играет важную роль в функционировании сосудов. Нарушения механочувствительности эндотелия может приводить к развитию заболеваний сердечно-сосудистой системы.

Финансирование: Исследование выполнено при финансовой поддержке Фонда научно-технологического развития Югры в рамках научного проекта № 2024-108-05.

### **Литература.**

1. Ermakov A.S., Professor Lev Belousov and the birth of morphomechanics. *Biosystems*. 2018. № 173. P. 26-35
2. Harris A.K., Stopak D. Wild D.P. Fibroblast traction as a mechanism for collagen morphogenesis. *Nature*. 1981. № 290. P. 249–251.
3. Mammoto A., Mammoto T., Ingber D.E.. Mechanosensitive mechanisms in transcriptional regulation. *J. Cell Sci*. 2012. № 125. P. 3061–3073.
4. Lim X. R., Harraz O. F. Mechanosensing by Vascular Endothelium. *Annu Rev Physiol*. 2024. № 86. P. 71-97.

## О ВРЕМЕННОЙ ЗАВИСИМОСТИ ЭНЕРГИИ И РАЗМЕРА КИНКОВ ПЛАЗМИДЫ pPF1

Л.А. Краснобаева<sup>1</sup>, Л.В. Якушевич<sup>2</sup>,

<sup>1</sup>Сибирский государственный медицинский университет (СибГМУ), Томск,  
Россия

634050, Московский тракт, 2

Тел.: (3822)901101, e-mail: [kla1983@mail.ru](mailto:kla1983@mail.ru)

<sup>2</sup>Институт биофизики клетки Российской академии наук – обособленное  
подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки  
«Федеральный исследовательский центр «Пушинский научный центр  
биологических исследований Российской академии наук», Московская обл., г.  
Пушино, Россия

142290, Институтская ул. 3

Тел.: (466)7739252, e-mail: [kind@mail.ru](mailto:kind@mail.ru)

Локально расплетенные участки двойной спирали ДНК, называемые открытыми состояниями, играют важную роль в процессах транскрипции, репликации, денатурации, а также в передаче структурных изменений и информации вдоль молекулы ДНК. В последнее время открытые состояния часто моделируются как квазичастицы (кинки), движущиеся в потенциальном поле молекулы ДНК.

В данной работе исследуется вопрос о влиянии торсионного момента и эффектов диссипации на энергию и размер кинков. Все расчеты выполнялись для кинков, возникающих и распространяющихся в кольцевой ДНК - плазмиде pPF1. Последовательность этой плазмиды состоит из 5557 пар оснований (по) и включает гены флуоресцентных белков Egfr и mCherry, разделенные небольшой промежуточной областью. В работе представлены результаты расчетов энергетических профилей основной и комплементарной нитей плазмиды, получены временные зависимости энергии и размера кинков, распространяющихся вдоль этих нитей, рассчитаны пороговые значения торсионного момента:  $M_{\text{порог},1}=4,95 \times 10^{-22}$  Дж и  $M_{\text{порог},2}=4,20 \times 10^{-22}$  Дж, соответственно.

Полученные результаты показывают, что характер изменения энергии и размера кинков со временем существенно зависит от величины торсионного момента. В частности, при значениях торсионного момента меньше пороговых значений кривые, отражающие временные изменения энергии и размера кинков, имеют вид затухающих колебаний. А в случае, когда значения торсионного момента больше пороговых значений, кривые энергии плавно увеличиваются, а кривые размера плавно уменьшаются.

## АРХИТЕКТУРА КОНДЕНСИРОВАННОЙ ДНК

**Крупянский Ю.Ф., Коваленко В.В., Лойко Н.Г., Терешкин Э.В., Генералова А.А.,  
Терешкина К.Б., Соколова О.С.<sup>1</sup>**

Федеральный Исследовательский Центр Химической Физики им. Н.Н. Семенова РАН,  
Москва, Россия, yurifkru@gmail.com

<sup>1</sup>Московский Государственный Университет им. М.В. Ломоносова, биологический  
факультет, Москва, Россия

ДНК в активно растущей клетке организована иерархически с тремя уровнями компактизации ДНК. Активно растущие клетки поддерживают динамический, далекий от равновесия порядок посредством метаболизма. В условиях стресса голодания клетки переходят в состояние покоя (практически полное отсутствие метаболизма), обычные биохимические способы защиты ДНК перестают работать, и клетки вынуждены использовать физические механизмы защиты ДНК. Архитектура ДНК в нуклеоиде покоящихся клеток изучалась методами дифракции синхротронного излучения и просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ). Обнаружены внутриклеточные нанокристаллические, жидкокристаллические и складчатые нуклеосомоподобные структуры ДНК [1]. Далее мы изучили изменения архитектуры ДНК при стрессовом воздействии химического аналога аутоиндуктора анабиоза (4-гексилрезорцина, 4HR). Увеличение концентрации 4HR вызывает переход части клеток в анабиотическое состояние покоя, а затем в мумифицированное состояние. Исследования архитектуры ДНК в анабиотическом и мумифицированном состояниях показывают идентичность структуры ДНК в анабиотическом состоянии и в состоянии покоя при стрессе голодания [2,3]. Архитектура ДНК в мумифицированном состоянии сильно отличается от архитектуры ДНК в анабиотическом состоянии [2,3].

### **Литература.**

1. Y.F. Krupyanski. Determination of DNA architecture of bacteria under various types of stress, methodological approaches, problems, and solutions. *Biophysical Reviews*, 2023, <https://doi.org/10.1007/s12551-023-01122-0>
2. .Y.F. Krupyanski et al. Condensed DNA structure in bacteria subjected to various types of stress. *Moscow University Biological Sciences Bulletin*, 2023, Vol. 78, Suppl. 1, pp. S45–S49. <https://doi.org/10.3103/S0096392523700207>
3. Yu. F. Krupyanski et al. The Structure of DNA in Anabiotic and Mummified *Escherichia coli* Cells. *Russian Journal of Physical Chemistry B*, 2024, Vol. 18, No. 4, pp. 1134–1140.
4. <https://doi.org/10.1134/S1990793124700441>

## ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ЭКОЛОГИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ: ОТ МАК-КАЛЛОКА – ПИТТСА ДО KANDINSKY 3.1

**Логофет Д.О.**

ФГБУН Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН Лаборатория  
математической экологии Россия, 119017, г. Москва, Пыжевский пер. 3 Тел.: +7 (495)  
951-55-65, факс: +7 (495) 953-16-52, E-mail: daniLaL.@postman.ru

Искусственный интеллект (ИИ) – программное обеспечение для моделирования интеллектуальных процессов: рассуждение, обобщение, решение проблем и обучение. Применение ИИ следует двум принципиально разным подходам: процессно-ориентированные модели (ПОМы) и модели, основанные на данных (МОДы). ПОМы строятся в нисходящем (top-down) потоке познания, МОДы – в восходящем (bottom-up). ПОМы моделируют причинные механизмы и способны давать прогноз, а прогнозы эмпирических МОДов ограничены диапазоном доступных данных.

Современная «революция больших данных» создает проблемы для моделей обоих типов, и они по-разному могут решаться с помощью ИИ и с разными ограничениями [4].

Есть однако особый тип экологических моделей, который совмещает в себе сущности ПОМов и МОДов, – матричные модели динамики популяций с дискретной структурой [1–2]. Простота превращения биологического знания в матричную модель делает этот тип самыми востребованным в мире: количество биологических видов исчисляется уже сотнями, число соответствующих публикаций и моделей огромно и продолжает расти [3]. Практика их применения мотивирует новые концепции и новые задачи в теории неотрицательных матриц [1], а их решения дают новые математические результаты [5], в частности, расширение классической теоремы Перрона–Фробениуса [6]. Вопрос о замене интеллекта математика искусственным здесь не имеет смысла.

### **Литература.**

1. Логофет Д.О., Уланова Н.Г. От мониторинга популяции к математической модели: Новая парадигма популяционного исследования // Журн. общ. биологии 82, № 4, 2021. Стр. 243–269.
2. Логофет Д.О., Уланова Н.Г. Матричные модели биологических популяций: практический курс. – М.: МАКС Пресс, 2024. 147 стр.
3. COMPADRE, 2024. <https://compadre-db.org/Data/Compadre>.
4. Alexandrov G.A. When does artificial intelligence replace process-based models in ecological modelling? // Ecol. Modell. 499, 2025. P. 110923.
5. Logofet D.O. Pattern-multiplicative average of nonnegative matrices revisited: Eigenvalue approximation is the best of versatile optimization tools // Mathematics 11, 2023. P. 3237. <https://doi.org/10.3390/math11143237>.
6. Protasov V.Yu., Logofet D.O. Rank-one corrections of nonnegative matrices, with an application to matrix population models. SIAM J. Matrix Anal.Appl. 3(2), 2014. 749–764.

## **УСТАНОВЛЕНИЕ ФАКТОРОВ КОМОРБИДНОГО ТЕЧЕНИЯ ЗАБОЛЕВАНИЙ ТРАНЗИТНОГО ПЕРИОДА МОЛОЧНЫХ КОРОВ**

**Симурзина Е.П., Степанов А.В., Попов А.П.**

ФГБОУ ВО Чувашский ГАУ, Россия, 428003, Чебоксары, ул. К. Маркса, д. 29,  
for.anton\_step@mail.ru

Среди заболеваний крупного рогатого скота, наносящих наибольший экономический ущерб, особое внимание заслуживают патологии предродового и послеродового периодов, а именно: мастит, поражения копытец, смещение сычуга, дистоция, метрит, гипокальциемия, задержка плаценты и кетоз [2]. В производственных условиях ветеринарные специалисты вынуждены принимать экстренные терапевтические манипуляции в отношении больных животных, без определения этиологических факторов, вслепую применяя антибактериальные средства.

Главными воротами таких сопутствующих заболеваний принято считать экзогенный путь [1], однако с учетом современных технологий и мероприятий по охране здоровья животных, внешние факторы теряют свою значимость и на лидирующие позиции выходит нарушение микробиоты рубца жвачных животных, что может повреждать барьер слизистой оболочки преджелудков и кишечника, а сами бактерии и их метаболиты могут мигрировать в дистальные внекишечные органы.

Цель данного научного исследования – выделение популяции микроорганизмов из биологических образцов коров с коморбидным течением заболеваний транзитного периода, разработка математических моделей описывающих рост и размножение популяций в условиях организма животного с учетом определяющих факторов и разработка комплексных мер борьбы с ними, основанных на предотвращении эндогенной циркуляции патогенных и условно-патогенных бактерий.

В качестве основных математических моделей предполагаются многофакторные модели исследующие механизмы роста популяций, а также молекулярно-динамические модели взаимодействия отдельных белков, обладающих бактерицидным действием, таких как лактоферрин, с клеточной стенкой бактерии.

Таким образом, при определении патогенных факторов заболеваний коров транзитного периода мы склоняемся к концепции «руменоэнтерогенного патогенетического фактора» и считаем, что опосредованный путь «рубец/кишечник – молочная железа, эндометрий, копыта» является важным патологическим механизмом в развитии заболеваний транзитного периода коров.

### **Литература.**

1. LeBlanc S. J. Postpartum reproductive disease and fertility in dairy cows // *Animal*, 17, 2023, P. 100781.
2. Rasmussen P., Herman W. B., Prince P. O. Global losses due to dairy cattle diseases: A comorbidity-adjusted economic analysis // *Journal of Dairy Science*, 9, №107, 2024, P. 6945 – 6970

## **ЧЕТЫРЕ ЭТАПА ЭВОЛЮЦИИ МЫШЛЕНИЯ: ЭКСПЛИКАЦИЯ МИРОВОГО РАЗУМА**

**Стригин М.Б.**

Южно-уральский государственный университет, Кафедра наноразмерных систем

В данной работе сделано предположение о том, что человеческое мышление прошло четыре характерных фазовых этапа эволюции. На первом этапе мышление соотносилось с масштабом индивида. На втором масштаб мышления менялся от соответствовавшего размеру племени до соотносящегося со всем человечеством. Когда мышление уперлось в границы собственного вида, произошёл следующий фазовый переход, и в состав мышления была включена живая природа. В свою очередь, границы живого определили заключительную метаморфозу, включившую в процедуры мышления неживую природу.

## ОЦЕНКА ФИТОТОКСИЧНОСТИ МЕТИЛРТУТИ ПУТЕМ АНАЛИЗА РАЗЛИЧНЫХ ИНДУКЦИОННЫХ КРИВЫХ ФЛУОРЕСЦЕНЦИИ ХЛОРОФИЛЛА

Тодоренко Д.А., Маторин Д.Н.

Кафедра биофизики, биологический факультет, Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, 119991, Российская Федерация, Москва, Ленинские горы, д. 1

Метод флуоресценции хлорофилла является популярным методом в исследовании фотосинтетических реакций как в норме, так и при воздействии стрессовых факторов, включая антропогенные загрязнители. Среди методов флуоресценции наиболее востребованным является метод кинетических кривых флуоресценции (или метод ОЛР-кривых) благодаря простоте регистрации, а также набору получаемых параметров. В настоящее время существуют флуориметры, такие как многофункциональный анализатор растений (М-РЕА2), который одновременно с ОЛР-кривыми регистрирует индукционные кривые замедленной флуоресценции хлорофилла, а также редокс-активность ФСИ при 820 нм. В данной работе мы применили данный подход в изучении влияния метилртути (MeHg) на первичные фотосинтетические реакции зеленой микроводоросли *Scenedesmus quadricauda*. Показано, что MeHg в концентрации 0.1  $\mu\text{M}$  несущественно снижает квантовый выход ФС2 (Fv/Fm  $\downarrow$ 3%), тогда как вызывает увеличение доли Qb-невосстанавливающих центров ( $\bar{V}_j$   $\uparrow$ 28%) и, следовательно, приводит к снижению квантового выхода электронного транспорта на уровне Qa (фЕо  $\downarrow$ 20%) и пула хинонов (фРо  $\downarrow$ 25%). В присутствии MeHg в концентрации 1  $\mu\text{M}$  обнаружено повреждение донорной стороны ФС2 на уровне КВК (пик К, Fv/Fo  $\downarrow$ 72%), уменьшение доли активных РЦ (ABS/RC  $\uparrow$ 145%), а также значительное увеличение диссипации энергии в тепло (DIO/RC  $\uparrow$ 441%). MeHg оказывала воздействие на активность ФСИ, что проявлялось в уменьшении скорости окисления Р700 и пластоцианина (Пц). При воздействии MeHg выявлены изменения в индукционных кривых замедленной флуоресценции, связанные с уменьшением энергизации тилакоидных мембран, за счет значительного ингибирования электронного транспорта на уровне ФСИ и ФСИ. В качестве дополнительного стрессового фактора мы использовали фотоингибирующий свет, чтобы исследовать репарационные способности РЦ ФСИ в присутствии широкого диапазона концентраций от 0.01 до 10  $\mu\text{M}$  MeHg. MeHg в концентрации 10  $\mu\text{M}$  не влияла на квантовый выход ФСИ после 0,5 ч инкубации, однако, фитотоксичность в выбранной концентрации усиливалась в присутствии интенсивного света. После воздействия фотоингибирующего света активность ФСИ в диапазоне от 0.01 до 2,5  $\mu\text{M}$  MeHg восстанавливалась, тогда как при концентрации 10  $\mu\text{M}$  MeHg повреждались репарационные способности РЦ ФСИ.

## МОДЕЛЬ ЭКОСИСТЕМЫ ТЕЛЕЦКОГО ОЗЕРА: КРУГОВОРОТ БИОГЕННЫХ ВЕЩЕСТВ И ИХ АССИМИЛЯЦИЯ

Цхай А.А.<sup>1,2</sup>, Романов М.А.<sup>2</sup>, Куприянов В.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Институт водных и экологических проблем СО РАН, РФ, 656038, Барнаул, ул. Молодежная, дом 1, tskhai@iwep.ru

<sup>2</sup> Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, РФ, 656038, Барнаул, пр. Ленина, д. 46, taa1956@mail.ru

Цель работы – оценка допустимой биогенной нагрузки на Телецкое озеро (ТО) путем моделирования круговорота соединений азота и фосфора для сохранения устойчивого состояния экосистемы ТО. Под нарушением устойчивости здесь и далее понимается изменение геохимического класса вод (Лозовик, 2006), что может повлечь за собой эффекты, не наблюдавшиеся в экосистеме водоема раньше, в том числе нежелательные.

Рассмотрены наиболее существенные особенности моделирования круговорота соединений биогенных элементов (N и P) и динамики растворенного кислорода (например, Цхай и Леонов, 1995) в экосистеме ТО. Выполнена калибровка модели с учетом данных многолетних наблюдений за качеством воды 1985-2003 гг., экспедиций, а также сценарного варианта гидрологического режима 2016 г. Анализ внутригодовой изменчивости переменных состояния, внешних и внутренних потоков соединений азота и фосфора в воде ТО показал, что разработанная имитационная модель круговорота биогенных веществ воспроизводит основные тренды рассматриваемой экосистемы ТО. Приведено сравнение характеристик ассимиляционного потенциала ТО с озерами Северо-Запада РФ.

Допустимая нагрузка азота и фосфора на ТО, рассчитанная в данном исследовании, свидетельствует о том, что у озера ассимиляционный потенциал по отношению к соединениям фосфора – незначителен, практически отсутствует. По отношению к соединениям азота некоторый запас самоочищения еще имеется. Вода ТО – чистая не за счет достаточной ассимиляции, а ввиду того, что до сих пор была низкая антропогенная нагрузка. Сравнительно небольшое повышение антропогенного загрязнения по фосфору может привести к нарушению устойчивости озерной экосистемы.

Существует неотложная необходимость приведения исследований на ТО к современному уровню, как по числу наблюдательных пунктов мониторинговой сети в характерных зонах, увеличению перечня контролируемых показателей и частоты контроля, так и повышению качества инструментальной и методической базы.

*Исследование выполнено в рамках в рамках госзадания ИВЭП СО РАН.*

### Литература

1. Лозовик П.А. Гидрогеохимические критерии состояния поверхностных вод гумидной зоны и их устойчивости к антропогенному воздействию: дисс... доктора хим. наук. 25.00.36. Москва: ИГиАХ им. В.И. Вернадского, 2006. 481 с.
2. Цхай А.А., Леонов А.В. Прогноз качества воды проектируемого водохранилища на основе модели трансформации соединений азота и фосфора // *Водные ресурсы*, том 22, номер 3. 1995. Стр. 261 - 272.

## **АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНОГО ФИТОПЛАНКТОНА ИЗ РЕКИ КАЛЬМИУС МЕТОДАМИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ**

**Червицов Р.Н, Чуфицкий С.В.<sup>1</sup>, Хрушев С.С., Плюснина Т.Ю.**

Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, Биологический факультет, 119991, Россия, г. Москва, ул. Ленинские горы, д. 1

<sup>1</sup>Донецкий государственный университет, Биологический факультет, 283001, Россия, ДНР, г. Донецк, ул. Университетская, д.24

В настоящее время одной из актуальных задач является анализ влияния различных факторов стресса на фотосинтетический аппарат природного фитопланктона, в частности – для оценки состояния его среды обитания. К факторам, воздействующим на фотосинтетический аппарат водорослей, относятся токсиканты, поступающие в водную среду в результате деятельности человека, а также колебания освещенности и температуры в течение года. Флуориметры дают возможность быстро измерять кривую индукции флуоресценции хлорофилла, по форме которой можно судить как об общей жизнеспособности фотосинтетического аппарата, так и о функциональном состоянии его отдельных элементов. При анализе больших массивов таких данных целесообразно использовать математические методы, в частности – статистические методы и машинное обучение (уменьшение размерности, кластеризация, классификация).

В данной работе был проанализирован массив кривых индукции флуоресценции хлорофилла природного фитопланктона из реки Кальмиус, полученных в 2021 году из мониторинговых точек, расположенных на Нижнекальмиусском водохранилище, а также выше и ниже его по течению. Для каждой из рассмотренных кривых в программе R<sub>y</sub>PhotoSyn были рассчитаны 12 параметров J<sub>P</sub>-теста. С целью удобства визуализации данных, было проведено уменьшение размерности данных при помощи метода t-SNE, что дало возможность выделить группы данных, различающихся по местам и времени отбора проб. Для данных, полученных за летний и осенний периоды, наблюдались явно выраженные различия между пробами из НКВ и пробами ниже по течению, чем НКВ, в результате чего они выделились в отдельные группы. Данные, полученные за весенний период, а также для русла реки выше по течению, чем НКВ, были объединены в одну группу. Для большинства рассмотренных параметров сезонные различия более выражены, чем различия, связанные с местом отбора проб: в частности, для летнего периода наблюдается возрастание квантового выхода первичной фотохимии, характеризующего эффективность работы фотосистемы II. Далее был построен классификатор по алгоритму «случайный лес» для выявления времени года, в которое были получены данные, для которого в качестве признаков классификации использовались параметры J<sub>P</sub>-теста, точность классификатора составляет 84%. Выявленные различия между местами отбора проб могут быть связаны с воздействием токсикантов, поступающих в реку с предприятий (шахты и металлургический завод), а также высокой рекреационной нагрузкой. Более высокая фотосинтетическая активность в летний период по сравнению с весенним и осенним может быть связана с более высокими значениями освещенности и температуры.

## **APPLICATIONS OF THE EMERGING DEEP LEARNING TECHNIQUES FOR PROTEIN 3D STRUCTURE PREDICTION AND GENERATIVE DESIGN**

**Chugunov A.**

During the last decade, deep learning algorithms have developed to the very impressive milestones in molecular and structural biology. Previously, computational techniques provided community with wide-spread genomic, proteomic and protein structure databases; and reliable methods for structure modeling, from comparative structure prediction to molecular dynamics simulations and docking. Although, one of the central problems of molecular biophysics – protein folding – remained largely unattainable.

Availability of genomic and (most importantly) metagenomic data from the DNA sequencing projects accelerated application of artificial neural networks to these immense datasets to uncover “deep” evolutionary information from these distantly related sequences – from general “appearance” of protein chains to hidden structural information suggesting protein 3D organization from multiple sequence alignments or even sole sequences. One of the most famous algorithms for neural prediction of protein structure – AlphaFold 2 – stands on the shoulders of previous metagenomic studies and advanced neural network research, introducing “transformer” architecture and “big language models” into bioinformatics.

Moreover, it appears that apparently different from structure prediction task – protein design, representing another biophysical enigma, – is just another type of prediction: prediction of protein sequence that would favorably fold into desired structure and would have wanted function. Variety of network architectures, among which is diffusion generative models, may assist in creation of protein sequences that never have existed and exhibit no structural or sequence similarity to any known protein. Experimental validation shows that at least in some cases these proteins in fact fold into a predicted structure, which seems to be a robust basis for future protein design efforts.

In this talk, I’ll give a brief overview of based on deep learning protein structure prediction methods and protein design efforts, and will try to answer a question, is the protein folding problem solved, finally?



**S3/W2**

**М**ОЛЕКУЛЯРНОЕ  
МОДЕЛИРОВАНИЕ

**M**OLECULAR  
MODELING

Руководители:

*Илья Борисович Коваленко, Мария Григорьевна Хренова,  
Алексей Константинович Шайтан.*

## **ВЛИЯНИЕ IV ДЫХАТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА НА КИНЕТИКУ СВЯЗЫВАНИЯ ЦИТОХРОМА С И ДИМЕРА III ДЫХАТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА В МОДЕЛИ БРОУНОВСКОЙ ДИНАМИКИ**

**Абатурова А.М., Ризниченко Г.Ю.**

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, биологический ф-т, кафедра биофизики, Россия, 119991, Москва, Ленинские горы 1, стр. 12, +7(495)9390289, [abaturova@list.ru](mailto:abaturova@list.ru)

Цитохром С является незаменимым транспортером электронов между III и IV дыхательными комплексами в митохондриях. Известно, что III и IV дыхательные комплексы могут образовывать суперкомплексы – респирасомы. Диффузия цитохрома С между дыхательными комплексами в этом случае облегчена, является двумерной и происходит вдоль эквипотенциальной поверхности респирасом. Нарушения в организации крист наблюдаются при многих патологиях и при старении. Есть экспериментальные данные, показывающие, что при разрушении респирасом затрудняется дыхание.

Для выяснения роли диффузии цитохрома С мы построили модель броуновской динамики диффузии и связывания окисленной молекулы цитохрома С (pdb ID 3O1Y) с димером полностью восстановленного III дыхательного комплекса (PDB ID 1BGY). В случае наличия респирасомы в модели учитывалось присутствие полностью восстановленного IV дыхательного комплекса (pdb ID 6jy4). III и IV дыхательный комплексы были расположены в плоскости, моделирующей мембрану, в соответствии с координатами дыхательных комплексов в респирасоме 5luf. Цитохром С диффундировал в участке кристы митохондрии, ограниченной второй плоскостью, моделирующей геометрические ограничения мембраны кристы.

## **КВАНТОВО-ХИМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕКАНОНИЧЕСКИХ АМИНОКИСЛОТ**

**Бадалов А.А., Юртаева А.М.<sup>1</sup>, Комаров В.М., Кондратьев М.С.**

Институт биофизики клетки РАН, aa-badalov1@mail.ru

<sup>1</sup>Воронежский государственный университет

Неканонические аминокислоты отличаются от обычных аминокислот тем, что они напрямую не кодируются ДНК и обладают уникальными химическими и биологическими свойствами. Научные исследования, направленные на изучение квантово-химических параметров неканонических аминокислот (НКА), представляют собой важный шаг в области биохимии и фармакологии. В нашем исследовании мы сосредоточились на определении геометрических и термодинамических параметров этих молекул, что может открыть новые горизонты в создании лекарств и биоматериалов.

В работе использовался современный квантово-химический пакет MOPAC, с параметризацией PM7. Объектами исследования стали изолированные неканонические аминокислоты: 4-аминобензойная кислота, 4-гидроксипролин, Азетидин-2-карбоновая кислота, Аллотреонин, Бэта -аланин, Гипузин, Гомонорлейцин, Дегидроаланин, десмозин, изосерин, Канаванин, Карбоксиглутаминовая кислота, Кискваловая кислота, Лантионин, норвалин, Норлейцин, Орнитин, Пипеколиновая кислота, Пироглутаминовая кислота, Цистатианин.

В рамках расчетов PM7 нами были определены ключевые параметры, включая длины связей, электронную плотность, дипольные моменты и щели между верхней заполненной молекулярной орбиталью (НОМО) и нижней вакантной молекулярной орбиталью (ЛУМО). Несмотря на крайне скудные имеющиеся экспериментальные данные, подтверждающие наши расчеты, мы получили ценные данные, которые могут служить основой для будущих исследований. Основные результаты нашего исследования показали, что некоторые неканонические аминокислоты обладают уникальными свойствами электронной структуры, которые потенциально делают их эффективными для взаимодействия с белками, нуклеиновыми кислотами и другими макромолекулами и ансамблями.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МЕЖДУ ПЛАСТОЦИАНИНОМ И ФОТОСИСТЕМОЙ 1 ГОРОХА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОЛЕКУЛЯРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Вольхин И.А., Федоров В.А.<sup>1</sup>, Хрущев С.С.<sup>1</sup>, Коваленко И.Б.<sup>1</sup>

Факультет биоинженерии и биоинформатики, Московский Государственный  
Университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

<sup>1</sup>Биологический факультет, Московский Государственный Университет им. М.В.  
Ломоносова, Москва, Россия

Пластоцианин – белок-переносчик электронов в электрон-транспортной цепи цианобактерий и хлоропластов, осуществляющий перенос электронов от цитохрома *f* цитохром-*b6f*-комплекса к фотосистеме 1. В данной работе мы изучаем образование белок-белкового комплекса между пластоцианином и фотосистемой 1 *Pisum sativum* с использованием молекулярного моделирования. Мы предполагаем, что на первом этапе белок-переносчик диффундирует под действием случайных сил и электростатических взаимодействий. Результатом диффузии является образование столкновительного комплекса, который затем может перейти в финальный комплекс, в котором возможен перенос электрона [1]. Формирование столкновительного комплекса мы моделировали с помощью метода броуновской динамики, в котором белковые молекулы представляют из себя твёрдые тела, движущиеся сквозь сплошную среду растворителя [2]. Затем мы использовали структуру столкновительного комплекса в качестве исходной структуры для моделирования образования финального комплекса с помощью метода молекулярной динамики. Мы провели три симуляции длительностью до 2 мкс и в двух случаях из трех финальный комплекс сформировался. Мы предполагаем, что на первом этапе столкновительный комплекс образуется за счет электростатического взаимодействия между пластоцианином и субъединицей PsaF фотосистемы 1. Пластоцианин затем может поворачиваться вокруг электростатического контакта и образовать финальный комплекс за счет гидрофобных взаимодействий с фотосистемой 1. Мы предполагаем, что ключевыми аминокислотными остатками в этом процессе являются Q663, Q666 и S662 субъединицы PsaA, L626, Q608 и S629 субъединицы PsaV и P36, P86, F35 и L12 пластоцианина.

### Литература.

1. Fedorov VA, Kovalenko IB, Khruschev SS, Ustinin DM, Antal TK, Riznichenko GY, et al. Comparative analysis of plastocyanin–cytochrome *f* complex formation in higher plants, green algae and cyanobacteria. *Physiol Plant* (2019), <https://doi.org/10.1111/ppl.12940>.
2. Kovalenko, I.B. et al. Computer simulation of protein-protein association in photosynthesis (2011), <https://doi.org/10.1051/mmnp/20116704>

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ ГЛУТАМАТНЫХ РЕЦЕПТОРОВ  
ГИППОКАМПА ПРИ МОДИФИКАЦИИ ЛИПИДНОЙ И БЕЛКОВОЙ СТРУКТУРЫ  
ПОД ДЕЙСТВИЕМ ОКИСЛИТЕЛЬНОГО СТРЕССА**

**Душанов Э.Б.<sup>1</sup>, Аксенова С.В., Батова А.С.<sup>1</sup>, Бугай А.Н.<sup>1</sup>**

Объединенный институт ядерных исследований, Дубна, Россия, kgyr@mail.ru  
<sup>1</sup>Государственный университет «Дубна», Дубна, Россия

При окислительном стрессе в нейронной структуре центральной нервной системы посредством свободных радикалов, таких как супероксид-анион ( $O_2^-$ ), гидроксильный радикал ( $OH^-$ ) и перекись водорода ( $H_2O_2$ ), с наибольшей вероятностью происходит модификация аминокислот, таких как цистеин, метионин, тирозин, гистидин и триптофан [1], а также липидных молекул. Нарушение структуры глутаматных рецепторов и мембраны, вызванное действием свободных радикалов, способно привести к изменению их свойств и поведения в нейронной сети, которое связывают с развитием нейродегенеративных заболеваний [2].

Для оценки воздействия свободных радикалов на структуру глутаматных рецепторов было проведено молекулярно-динамическое моделирование рецепторов NMDA, имеющих в своей структуре единичные модифицированные аминокислотные остатки (Trp607 и Trp752) и содержащих несколько одновременно (Tyr731, Cys765, 819 и Trp607, 752), а также изменения в структуре мембраны (POPC) [3]. В качестве исходных трёхмерных моделей рецепторов из базы PDB были выбраны структуры 6WHT в активном конформационном состоянии и 6WHR в неактивной форме.

С применением модельного подхода [4] нами было показано влияние изменения геометрии канала на свойства нейронной сети гиппокампа. Локальный потенциал нейронной популяции модели сети изменяется в зависимости от локализации и типа повреждения. Учитывая различную проводимость рецепторных каналов определены значения коллективных ритмов (тета и гамма) сети гиппокампа при окислительной модификации аминокислотных остатков рецепторных белков и мембран нервных клеток.

## СТРУКТУРНЫЕ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОТОННЫХ ПОЛУКАНАЛОВ БАКТЕРИАЛЬНОЙ F<sub>o</sub>F<sub>1</sub>-АТФСИНТАЗЫ

Ивонцин Л.А., Машковцева Е.В.<sup>1</sup>, Нарциссов Я.Р.<sup>2</sup>

НИИ цитохимии и молекулярной фармакологии, Россия, 115404, Москва, ул.6-ая

Радиальная 24/14, +74953274987, ivontsin@icmph.ru

<sup>1</sup>ФГАОУ ВО "Российский Национальный Исследовательский Медицинский Университет им. Н.И. Пирогова" МЗ РФ, Россия, 117513, Москва, ул. Островитянова 1, +74954345582, elenamash@gmail.com

<sup>2</sup>Группа биомедицинских исследований, БиДиФарма ГмБХ, Германия, 22962, Зик, ул. Бюльтбек 5, +49410787790, yn\_brg@icmph.org

Аденозинтрифосфат (АТФ) является универсальным источником энергии для многих биохимических процессов. В клетке синтез АТФ в основном осуществляется белковым комплексом F<sub>o</sub>F<sub>1</sub>-АТФсинтазой с использованием электрохимического градиента ионов водорода. Несмотря на то, что недавние структурные исследования улучшили наше понимание о расположении протонных полуканалов, многие вопросы остаются без ответа. Одной из основных нерешенных проблем является то, как транспорт протонов сопряжен с синтезом АТФ.

Данное исследование было сосредоточено на изучении структуры полуканалов и анализе потенциальных областей движения протонов. Для этого было проведено молекулярно-динамическое моделирование мембранного фактора F<sub>o</sub> АТФсинтазы из *E. coli* [PDB ID: 6VWK], встроенного в три типа мембран, которые представляют различные биологические состояния клетки.

В работе получены структурные и функциональные характеристики входного и выходного полуканалов. Была выявлена совокупность пространственных положений полярных аминокислотных остатков и молекул воды, которые оказывают существенное влияние на транспорт протонов, а также определены области локализации трех консервативных структурных кластеров молекул воды (W1-W3). Обнаружены стабильные пространственные положения боковых групп существенных аминокислот α-субъединицы. Показано влияние содержания кардиолипина в мембране на гидратацию полуканалов [1]. Для исследования роли функциональных элементов белковой структуры в процессе протонного транспорта был проведен мутационный анализ [2]. Результаты молекулярно-динамического моделирования мутантного белка показывают, что замены некоторых полярных аминокислот оказывают существенное влияние на гидратацию, что приводит к значительным изменениям кластеров молекул воды W1-W3, вплоть до их полного исчезновения, и как следствие, разрыву цепи переноса протона.

### Литература.

1. Ivontsin L.A., Mashkovtseva E.V., Nartsissov Y.R. Membrane lipid composition influences the hydration of proton half-channels in F<sub>o</sub>F<sub>1</sub>-ATP synthase // *Life* 13(9), 2023. Pp. 1816.

2. Ivontsin L.A., Mashkovtseva E.V., Nartsissov Y.R. Molecular dynamics simulations of the mutated proton-transferring α-subunit of *E. coli* F<sub>o</sub>F<sub>1</sub>-ATP synthase // *Int. J. Mol. Sci.* 25(10), 2024. Pp. 5143.

## **КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТУБУЛИНОВ МИКРОТРУБОЧЕК**

**Коваленко И.Б., Орехов Ф.С., Боздагян М.Е., Холина Е.Г., Федоров В.А.,  
Гудимчук Н.Б.**

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, биологический ф-т,  
кафедра биофизики, Россия, 119991, Москва, Ленинские горы 1, стр. 12, +7(495)9390289,  
ikovalenko78@gmail.com

Лечение рака по-прежнему остается актуальной проблемой, а таксол является ключевым компонентом химиотерапии, поскольку он влияет на динамику митотического веретена, стабилизируя микротрубочки. Тем не менее, детальные молекулярные механизмы взаимодействия таксола с его мишенью,  $\beta$ -тубулином, продолжают оставаться невыясненными, что затрудняет попытки преодолеть лекарственную устойчивость и максимизировать ее эффективность.

Молекулярно-динамические модели тетрамеров тубулина в комплексе с таксолом были созданы на основе пространственных структур высокого разрешения (PDB ID 3J6G, 5SYF, 6EW0). С помощью полноатомного молекулярно-динамического моделирования мы выявили динамические режимы связывания таксола с тубулином. Моделирование показывает, что таксол не сохраняет статическое положение в связывающем кармане; вместо этого он принимает множество поз связывания, связанных с конформационной перестройкой соседних остатков, идентифицированных с помощью кластерного анализа. Кластерный анализ выявляет пять отдельных кластеров конформаций, причем кластеры 1 и 2 доминируют в моделируемом ансамбле.

Молекулярно-динамическое моделирование показывает значимость субкармана, образованного спиралью H1, H7 и петлей V9-V10 в сайте связывания таксола. Кластер 1, характеризующийся самой низкой энергией связывания, демонстрирует расширенный карман связывания паклитаксела, что способствует улучшенному проникновению лиганда в этот субкарман. Это конформационное изменение коррелирует с изомеризацией вокруг связи, соединяющей тетрациклическое ядро баккатина с боковой цепью N-бензоил- $\beta$ -фенилизосерина таксола. Интересно, что в то время как замещенная конформация энергетически невыгодна в воде, белковое окружение делает ее выгодной. Это предполагает новый режим связывания таксола с высоким сродством к  $\beta$ -тубулину, ранее неизвестный и дает потенциальные пути для разработки современных и более безопасных препаратов. Например, одна из стратегий могла бы включать замену этого фрагмента амидной связью для стабилизации конформации.

Работа была поддержана Российским научным фондом, проект № 23-74-00007.

## КМ/ММ ПОДХОД В ПОИСКЕ НОВЫХ ИНГИБИТОРОВ

Кривницкая А.В.<sup>1</sup>

ФИЦ Биотехнологии РАН, Россия, 119071, г. Москва, Ленинский проспект, 33, стр. 2,  
Тел.: (495) 954-52-83, E-mail: a.krivnitskaya@fbras.ru

<sup>1</sup>МГУ имени М.В. Ломоносова, химический факультет, Россия, 119234, г. Москва,  
Ленинские Горы, 1

Современный поиск новых лекарственных препаратов компьютерными методами это многоэтапный процесс, состоящий из идентификации цели, обнаружения потенциальных молекул и их оптимизации, а также доклинических тестов. Поиск потенциальных молекул, как правило, основывается либо на знаниях о структуре мишени, либо на знаниях о структуре лигандов и задействует сотни тысяч и миллионы соединений. В поиске потенциальных молекул традиционно задействованы такие методы как докинг, моделирование и картирование фармакофоров, построение взаимосвязи структура-свойство или структура-активность и так далее. Эффективность данных методов поиска лекарств на данный момент остается не высокой. Это отчасти может быть связано с недостаточно подготовленным комплексом белок-лиганд и с тем, что в большинстве методов для оценки связывания используются оценочные функции, основанные на классических силовых полях молекулярной механики.

Получить более качественный комплекс и повысить точность прогноза оценки связывания можно с помощью проведения квантово-химических расчетов. В этом смысле подход КМ/ММ в поиске потенциальных молекул является перспективным. Однако он не приобрел широкого применения ввиду необходимости серьезных вычислительных мощностей для своей реализации. Образуется дилемма: возможен либо анализ сотни тысяч соединений с зачастую неэффективными прогнозами, либо наиболее точные оценки взаимодействий для очень небольшого набора молекул. Тем не менее, известно, что больше половины выводимых на рынок лекарственных средств на 2023 год это аналоги уже известных и используемых лекарств [1]. Такие аналоги называют «следующий в классе». Для поиска «следующих в классе» подходит альтернативный метод поиска, основанный на анализе электронной плотности, полученной из квантово-химических расчетов.

В работе представлены примеры применения подхода КМ/ММ для объяснения механизмов ингибирования бактериальных ферментов  $\beta$ -лактамаз и поиска новых более эффективных ингибиторов различной природы для  $\beta$ -лактамаз и пенициллин-связывающих белков.

Работа выполнена с использованием оборудования Центра коллективного пользования сверхвысокопроизводительными вычислительными ресурсами МГУ имени М.В. Ломоносова при финансовой поддержке РНФ (проект № 19-73-20032).

### Литература

1. *FDA's Center for Drug Evaluation and Research's (CDER). Advancing Health Through Innovation: New Drug Therapy Approvals 2023*, №13, 2024, стр. 1-33.

## АКТИВАЦИЯ КАРБАПЕНЕМОВ В АКТИВНОМ ЦЕНТРЕ ОХА-48

Кузнецов М.Е., Кривицкая А.В.<sup>1</sup>, Хренова М.Г.<sup>1</sup>

Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, Химический ф-т, каф. физической химии, Россия, 119234, г. Москва, Ленинские Горы 1, Тел.: (495)939-20-35,  
E-mail: kuznetovme@my.msu.ru

<sup>1</sup>ФИЦ Биотехнологии РАН, Россия, 119071, Москва, Ленинский проспект, д. 33, стр. 2

$\beta$ -лактамы антибиотики активно применяются в медицине в борьбе с патогенными бактериями. Данный класс антибиотиков действует на клеточную стенку бактерий. Одним из механизмов бактериальной резистентности к  $\beta$ -лактамам антибиотикам является выработка ферментов –  $\beta$ -лактамаз. Данные ферменты гидролизуют  $\beta$ -лактамное кольцо антибиотиков, тем самым инактивируя их.

У сериновых  $\beta$ -лактамаз в качестве нуклеофила в активном центре выступает кислород гидроксильной группы серина, который атакует карбонильный углерод  $\beta$ -лактамного кольца антибиотика, вследствие чего это кольцо раскрывается. Нуклеофильная атака происходит более благоприятно за счёт активации субстрата в активном центре. В сериновых  $\beta$ -лактамазах NH-группы треонина и каталитического серина взаимодействуют с кислородом карбонильного фрагмента  $\beta$ -лактамного кольца антибиотика, поляризуя связь C=O. Вследствие этих взаимодействий карбонильный углерод становится более электрофильным. Активация субстрата в активном центре может быть связана с конформационной подвижностью всего фермента.

В данной работе проведено сравнение динамики активного центра ОХА-48 с меропенемом и биапенемом. ОХА-48 – сериновая  $\beta$ -лактамаза класса D, обладающая высокой эффективностью гидролиза карбапенемов. Для анализа фермент-субстратных комплексов были проведены расчёты молекулярно-динамических траекторий с потенциалами КМ/ММ. Для анализа эффекта активации карбапенемов были рассмотрены ключевые расстояния в активном центре: расстояние нуклеофильной атаки и длины водородных связей в оксианионном центре. Данный метод не показал значимых отличий для исследуемых систем. Поэтому в дальнейшем были применены дескрипторы электронной плотности. Анализ лапласиана электронной плотности позволяет оценить активацию субстрата активным центром фермента и классифицировать структуры на реакционные и неактивные. Такой подход позволил обнаружить различия между структурами комплексов: доля реакционных структур с меропенемом оказалась меньше (86%), чем с биапенемом (96%), что говорит о меньшей активации меропенема в активном центре и может быть причиной меньшей скорости его гидролиза.

Работа выполнена с использованием оборудования Центра коллективного пользования сверхвысокопроизводительными вычислительными ресурсами МГУ имени М.В. Ломоносова при финансовой поддержке РФФИ (проект № 19-73-20032).

### Литература

1. Krivitskaya, A.V.; Khrenova, M.G. Evolution of Ceftriaxone Resistance of Penicillin-Binding Proteins 2 Revealed by Molecular Modeling. // *Int. J. Mol. Sci.* 24(1), 176, 2023

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЧЕТВЕРТОГО ИЗМЕРЕНИЯ В РАСЧЕТАХ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ДИНАМИКИ ДЛЯ ВСТАВКИ РАСТВОРИТЕЛЯ В МОЛЕКУЛУ ДНК

Лихачев И.В.

ИМПБ РАН – филиал ПИМ им. М.В. Келдыша РАН, Россия, 142290, Московская область, г. Пущино, ул. проф. Виткевича, д.1, ИМПБ РАН, ilya\_lihachev@mail.ru

В представленной работе четвертое измерение понимается в декартовом смысле. Речь не идёт о существовании четвёртого измерения в природе. В молекулярной динамике четвертое измерение – это математическая абстракция, которая вводится в тех случаях, когда тремя измерениями сложно достичь определённого эффекта.

Под четырёхмерной молекулярной динамикой подразумевают как полноценную динамику по всем четырём измерениям, там и ньютоновское движение по трем измерениям с движением по заданному закону в четвертом измерении.

Задача состоит в конструировании системы, состоящий из молекулы ДНК с несколькими молекулами воды, лежащих на прямой, проходящей между двумя спиралями ДНК. Необходимо добиться минимального расстояния между цепями ДНК, чтобы между ними могла находиться ровно одна молекула воды.

В данной работе представлено использование четырёхмерной молекулярной динамики для выбранной подсистемы. В качестве подсистемы, находящейся в четвертом измерении, будут выступать молекулы растворителя (5 молекул воды).

Предположим, что все атомы основной системы имеют четырёхмерные координаты  $(x_i, y_i, z_i, 0)$ , где  $i=1..N$ ,  $N$  – число атомов основной системы. Тогда начальные позиции растворителя имеют координаты  $(x_j, y_j, z_j, s)$ , где  $j=1..M$ ,  $M$  – число атомов подсистемы,  $s$  – четвертая координата (равная для всех атомов подсистемы).

Будем вычислять силы валентных взаимодействий между атомами как находящимися в трёхмерном пространстве. Силы невалентных взаимодействий при этом будем рассчитывать, учитывая четырёхмерные координаты.

Для движения по четвертой координате будем использовать следующее уравнение:  $s(t) = s_0 + vt$ , где  $s_0$  – начальное значение четвертой координаты ( $s_0$  больше радиуса экранирования невалентных взаимодействий),  $v$  – скорость по четвертому измерению,  $v < 0$ . Движение прекращается, когда  $s(t) = 0$ .

Таким образом, подсистема будет медленно входить в третье измерение, плавно расталкивая атомы ДНК.

### Литература

1. Likhachev I.V., Balabaev N.K. Parallelism of different levels in the program of molecular dynamics simulation PUMA-CUDA. ICMBB. Pushchino, Moscow Region, Russia. 2018. P. e44. <https://doi.org/10.17537/icmbb18.53>.
2. Н.К. Балабаев. 4d-молекулярная динамика. Тез. докл. Всеросс. конф. «Теоретические основы конструирования численных алгоритмов и решение задач математической физики», Пущино, 24–26 августа, 2022. – М.: ИПМ им. М.В. Келдыша РАН, 2022. С.25.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФЛЮОРЕСЦЕНТНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ОЦЕНКИ РАБОТЫ CRISPR/dCAS9-СИСТЕМ: ОТ *IN VITRO* ЭКСПЕРИМЕНТОВ В БЕСКЛЕТОЧНЫХ СИСТЕМАХ ДО ИССЛЕДОВАНИЙ В БАКТЕРИАЛЬНЫХ И ЭУКАРИОТИЧЕСКИХ КЛЕТКАХ**

**Мамаева Н.Ю., Фескин П.Г., Разинкова А.И., Шайтан А.К.**

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Биологический ф-т, каф. Биоинженерии, 119234, Россия, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 12, Тел.: (095)939-19-63, факс: (095)939-11-15, E-mail: mamaeva19n@gmail.com

Система CRISPR/(d)Cas9, широко используемая в качестве инструмента редактирования генома, может быть адаптирована для регуляции экспрессии генов путем активации или репрессии транскрипции, редактирования эпигенома, визуализации динамики геномных локусов и построения генетических сетей. Для оценки эффективности работы новых эпигенетических инструментов, построения моделей генетических схем, необходимо понимание параметров взаимодействия комплексов dCas9-гРНК-ДНК и уровней экспрессии репортерных белков, измеренных в системах *in vitro*. В данной работе были оптимизированы методы измерения флуоресценции в планшетном ридере для измерения констант связывания dCas9-гРНК с ДНК, оценки эффективности работы эпигенетических инструментов в эукариотических клетках и генетических схем в бактериях.

Константы диссоциации измеряли методом поляризации флуоресценции в планшетном ридере в 384-луночных планшетах. Эксперименты по эффективности работы эпигенетических инструментов проводили на клетках HEK293, а анализ генетических схем в клетках в клетках *E. coli*. В случае клеточных систем сигнал флуоресценции измеряли в черных 96-луночных планшетах.

В данной работе метод измерения поляризации флуоресценции был использован для измерения констант диссоциации (Kd) комплексов dCas9-гРНК с ДНК в буферах с различной концентрацией одно- и двухвалентных ионов. Для оценки эффективности работы генетических схем были подобраны условия культивирования бактериальных клеток в планшетном ридере на примере репортерной системы на основе mRFP и получены кривые роста клеток, созревания флуоресцентного белка и подавления его активности системой на основе белка dCas9. На следующем этапе работы были подобраны протоколы измерения сигнала флуоресценции для оценки эпигенетических инструментов на основе dCas9, слитого с доменом репрессии KRAB и показана эффективность использования планшетного ридера для кинетического анализа уровня репрессии репортерных белков.

Таким образом, измерение сигналов флуоресценции и поляризации флуоресценции в планшетном ридере позволяет оптимизировать и автоматизировать оценку эффективности работы dCas9-систем как в бесклеточных системах, так и в клетках.

## МОЛЕКУЛЯРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АКТИВАЦИИ КАТАЛИТИЧЕСКОГО ДОМЕНА ГЛУТАМИНАЗЫ ПОЧЕЧНОГО ТИПА ЧЕЛОВЕКА

Метелешко Ю.И., Леонова М.С., Хренова М.Г.<sup>1</sup>

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Химический факультет, кафедра физической химии, Россия, 119991, г. Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 3, Тел.: (495)939-48-40, E-mail: meteleshko.yulia@gmail.com

<sup>1</sup>ФИЦ Биотехнологии РАН, 119071, г. Москва, Ленинский проспект, д. 33, стр. 2

Глутамат является самым распространенным возбуждающим нейромедиатором нервной системы млекопитающих. В нейронах головного мозга он в основном синтезируется ферментом глутаминазой, катализирующим гидролиз глутамина до глутамата и катиона аммония. У человека существует 4 изофермента глутаминазы, кодируемые генами GLS (глутаминазы KGA и GAC) и GLS2 (LGA и GAB).

Глутаминаза является тканеспецифичным ферментом. В митохондриях глутаматергических нейронов находится глутаминаза GLS (KGA), в ядрах нейронов – глутаминаза GLS2. Точный вклад каждой из форм в общее количество нейромедиатора глутамата неизвестен, однако основной вклад вносит именно KGA.

Для того, чтобы глутаминаза была каталитически активной, необходимо формирование тетрамеров (которые дальше собираются в олигомеры). Поэтому в данной работе были получены молекулярно-динамические траектории для тетрамеров глутаминазы почечного типа (KGA), содержащих субстрат глутамин в активном сайте. Траектории были рассчитаны для систем, содержащих только каталитический домен глутаминазы, и для систем, содержащих каталитический домен и N-концевую часть, наличие которой необходимо для каталитической активности. Известно, что для активации глутаминазы необходимо добавление анионного активатора – обычно неорганического фосфата, поэтому также были получены траектории, в которых активационная петля каждого мономера была связана с фосфат ионом.

В траекториях было показано, что в отсутствие фосфат иона активационная петля является подвижной и находится преимущественно в открытой конформации. При связывании неорганического фосфата с активационной петлей ее положение стабилизируется в закрытой конформации, необходимой для протекания реакции, в которой Phe318 направлен к активному сайту. Также было показано, что N-концевые домены в отсутствие C-концевой части, представленной тремя повторами анкиринов, являются очень подвижными, что может играть важную роль при дальнейшей олигомеризации фермента.

Работа выполнена с использованием оборудования Центра коллективного пользования сверхвысокопроизводительными вычислительными ресурсами МГУ имени М.В. Ломоносова. Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (проект 23-13-00011).

## **МЕТОД ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО РАЗЛИЧЕНИЯ ИЗОМЕРОВ МОЛЕКУЛЯРНЫХ СТРУКТУР С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАТРИЦ РАССТОЯНИЙ**

**Назаренко К.М., Коробов Н.А., Марков П.Н., Назаренко Е.С., Посяева М.Г.,  
Бувич Т.Л., Надькто А.Б.**

Московский Государственный Технологический Университет «СТАНКИН» Россия,  
127055, г. Москва, ул. Вадковский пер. 1; Тел.: (+7 499)972-95-00, E-mail:  
cmr.nazy@gmail.com

При проведении конформационного поиска молекулярных кластеров решаются задачи многомерной оптимизации, результаты которых обычно представляют собой группы изомеров схожей геометрической конфигурации. Для исследования свойств молекулярных кластеров часто достаточно рассматривать наиболее стабильные изомеры из каждой группы, такое цензурирование рассматриваемых данных позволяет существенно сократить затраты вычислительного времени. При применении одной и той же математической модели и в рамках одной ее реализации, выявление таких групп, может быть проведено на основе значений свободной энергии Гиббса и модуля дипольного момента молекулярных кластеров [1].

При использовании различных квантово-химических моделей электронной структуры или их реализаций эти значения могут существенно различаться [2] и единственным методом сравнения изомеров оказывается анализ расположения их атомов. В исследованиях молекулярных кластеров атмосферного происхождения моделируются сотни-тысячи изомеров, что делает невозможным их ручное геометрическое сопоставление.

Нами предлагается метод сравнения геометрических конфигураций молекулярных структур, основанный на анализе разностей их матриц расстояний, позволяющий оценить степень различия и установить его причины – указать смещенные атомы. Для ранжирования сходства изомеров нами используются метрики в виде среднего значения модуля разности, максимального значения модуля разности, нормированное на число атомов молекулярного кластера, а также максимальной суммы строки модулей разностей матриц расстояний. Пороговые значения метрик для различения выбираются исходя из равенства числа ошибок первого и второго рода.

Предложенный метод успешно протестирован при сравнении результатов моделирования гидратов серной кислоты с использованием различных реализаций методов теории функционала плотности.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России в рамках выполнения государственного задания FSFS-2024-0011.

### **Литература.**

1. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2018612048. «Программное средство идентификации данных математического моделирования молекулярных структур (Близнец)», Назаренко К. М. и др.
2. Назаренко К.М. и др. Особенности реализаций алгоритмов конформационного поиска // Моделирование нелинейных процессов и систем (MNPS - 2023), 2023, с 151.

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ВЫБОРКИ ПЕРЕХОДНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЛЯ ЧИСЛЕННОЙ ОЦЕНКИ КОНСТАНТЫ СКОРОСТИ АССОЦИИАЦИИ

Полюян С.В., Ершов Н.М.<sup>1</sup>

Государственный университет, Россия, 141980, Московская обл., Дубна,

Университетская, д. 19, poluyan@uni-dubna.ru

<sup>1</sup>Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Россия, 119991,

Москва, Ленинские горы, д. 1, ershov@cs.msu.ru

Численное определение константы скорости ассоциации для комплексов вида белок-белок играет значительную роль в биоинформатике, так как позволяет получить информацию о кинетике образования устойчивого комплекса. Один из подходов к численной оценке константы скорости ассоциации для белковых комплексов может быть разработан с использованием метода выборки переходных поверхностей [1], который ранее успешно применялся для оценки кинетических параметров различных биофизических процессов.

Метод включает симуляцию переходов между разными состояниями моделируемой системы по нескольким траекториям, при этом каждое состояние и переход оцениваются энергией взаимодействия между компонентами белкового комплекса. Поскольку электростатические взаимодействия играют ключевую роль в образовании комплекса [2], в исследовании для учета нековалентных взаимодействий и оценки энергии связывания применяется ранее разработанная оценочная функция [3].

Целью настоящего исследования является реализация метода выборки переходных поверхностей для оценки константы скорости ассоциации. В рамках исследования проведены вычислительные эксперименты по оценке констант для различных тестовых комплексов. Верификация полученных оценок проведена путем их сравнения с экспериментальными значениями, которые представлены в базе данных SKEMPI [4].

### Литература.

1. *J. Rogal, P.G. Bolhuis* Multiple state transition path sampling // *J. Chem. Phys* **129**(22), 2008. DOI: 10.1063/1.3029696
2. *Федоров В.А., Хрущёв С.С., Коваленко И.Б.* Анализ траекторий броуновской и молекулярной динамики для выявления механизмов белок-белковых взаимодействий // *Компьютерные исследования и моделирование*. 2023. DOI: 2076-7633-2023-15-3-723-738
3. *Полюян С.В., Никулин Д.А., Еришов Н.М.* Разработка и верификация оценочной функции для учета межмолекулярных взаимодействий в белковых комплексах. Материалы конф. ИТТММ, Москва, РУДН, 2023. Стр 231-235. URL: <https://events.rudn.ru/event/198/attachments/550/1474/ittmm-2023.pdf>
4. *J. Jankauskaitė et al.* SKEMPI 2.0: an updated benchmark of changes in protein-protein binding energy, kinetics and thermodynamics upon mutation // *Bioinformatics* **35**(3), 2019. DOI: 10.1093/bioinformatics/bty635

## МОЛЕКУЛЯРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОЛИЗА ГУАНОЗИТРИФОСФАТА БЕЛКОВЫМ КОМПЛЕКСОМ RAS-GAP

Поляков И.В.<sup>1</sup>, Хренова М.Г.<sup>1</sup>

Химический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, Россия, 119991, Москва,  
Ленинские горы, дом 1, строение 3

<sup>1</sup>ИБХФ имени Н.М. Эмануэля РАН, Россия, 119334, Москва, ул. Косыгина, д. 4

Малые ГТФазы – ферменты, проводящие химическую реакцию гидролиза связи Р–О в гуанозинтрифосфате (ГТФ) с образованием гуанозиндифосфата (ГДФ) и неорганического фосфата. Среди них важную роль играет малая ГТФаза, кодируемая онкогеном RAS, участвующая в клеточных процессах, в том числе в делении и пролиферации клеток [1]. Белок RAS содержится во всех клетках и может находиться в неактивной форме, связанной с ГДФ, и активной, связанной с ГТФ. Только в активной форме RAS может передавать сигнал белкам-эффекторам, и для нормальной работы клетки важны белки-ускорители GAP, которые связываются с комплексом RAS-ГТФ и ускоряют реакцию гидролиза приблизительно на 4 порядка [1].

Моделирование белков RAS и их белковых комплексов RAS-GAP с помощью методов комбинированной квантовой и молекулярной механики (КМ/ММ) [2] изучается на протяжении последних ~20 лет, начиная с простых моделей, которые позволили качественно объяснить роль аминокислотных остатков в процессе гидролиза ГТФ в HRAS; включая недавние достаточно спорные результаты, опубликованные в авторитетном издании JACS [3]. Интерес к моделированию белковых комплексов RAS-GAP сохраняется, что обусловлено активными исследованиями по поиску новых ингибиторов мутантных форм RAS.

В данной работе мы рассматриваем белковый комплекс RAS-GAP на основе кристаллографической структуры 1WQ1. Расчет реакционного профиля свободной энергии (через потенциал средней силы) производился с помощью термодинамического интегрирования, расчет распределений координаты реакции – с помощью модуля colvar, а сами КМ/ММ молекулярно-динамические траектории были получены с помощью TeraChem//NAMD в приближении wB97XD3/6-31G\*\*//CHARMM36. Барьеры полученного профиля не превышают 12 ккал/моль.

Работа выполнена в рамках проекта РНФ 19-73-20032 с использованием вычислительных ресурсов ЦКП НИВЦ МГУ имени М.В.Ломоносова («Ломоносов-2»).

### Литература

1. *Kolch W., Berta D., Rosta E.* Dynamic regulation of RAS and RAS signaling // *Biochem J.* **480**, 1, 2023. 1-23.
2. *Khrenova M.G. et al.* Computer Modeling of the Mechanisms of Enzymatic Reactions: Lessons from 20 Years of Practice // *Moscow Univ. Chem. Bull.* **79**, 2024, 86–92.
3. *Berta D. et al.* Mechanism-Based Redesign of GAP to Activate Oncogenic Ras // *J. Am. Chem. Soc.* **145**, 37, 2023, 20302-20310.

## МОЛЕКУЛЯРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ БЕЛКОВ СЕМЕЙСТВА GES

Татарникова Д.А., Кривицкая А.В.<sup>1</sup>

Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, Химический ф-т, каф. физической химии, Россия, 119234, г. Москва, Ленинские Горы 1,

Тел.: (495)939-20-35, E-mail: [daria.tatarnikova@chemistry.msu.ru](mailto:daria.tatarnikova@chemistry.msu.ru)

<sup>1</sup> ФИЦ Биотехнологии РАН, Россия, 119071, г. Москва, Ленинский проспект 33/2

Семейство GES – наиболее распространенная группа белков среди  $\beta$ -лактамаз расширенного спектра. Особенностью данной группы ферментов является способность к точечным аминокислотным заменам, расширяющих их спектр активности. Так, замены Gly170Asn и Gly170Ser повышают карбапенемазную активность и понижают активность против монобактамов, а единичная замена Glu104Lys отвечает за повышение активности к цефалоспоринам и понижение к карбапенемам. Данные замены находятся преимущественно в области активного центра, структурном элементе – гибкой  $\Omega$ -петле, содержащей остаток Glu166, который играет важную роль в механизме реакции. Механизм реакции заключается в нуклеофильной атаке серина на  $\beta$ -лактамное кольцо антибиотика, что приводит к образованию ацил-ферментного комплекса, который гидролизуется с помощью молекулы воды и остатка Glu166.

В данной работе проведено молекулярно-динамическое исследование ферментов GES-1 (Gly170), GES-2 (Asp170) и GES-5 (Ser170) с классическими потенциалами для анализа подвижности  $\Omega$ -петли и с КМ/ММ потенциалами для объяснения разности каталитической активности с антибиотиком цефотаксимом. Полученные классические молекулярно-динамические траектории были проанализированы методами UMAP, PCA и SRV с помощью программного пакета EnGens [1], а также методом динамического сетевого анализа (DNA). Анализ показал, что аминокислотные замены влияют на подвижность  $\Omega$ -петли, изменяя активность ферментов. Для КМ/ММ молекулярно-динамических траекторий были проанализированы расстояния нуклеофильной атаки и длин водородных связей антибиотика с остатками, образующих оксианионный центр, а также построены карты лапласиана электронной плотности. Было показано, что GES-5 проявляет наименьшую активность против цефотаксима, а активность GES-1 и GES-2 схожа, что соответствует экспериментальным данным [2].

Работа выполнена с использованием оборудования Центра коллективного пользования сверхвысокопроизводительными вычислительными ресурсами МГУ имени М.В. Ломоносова при финансовой поддержке РФФ (проект № 19-73-20032).

### Литература

1. *Conev A. et al.* EnGens: a computational framework for generation and analysis of representative protein conformational ensembles // *Briefings in Bioinformatics* **vol. 24**, № 4, 2023. P. bbad242.
2. *Kotsakis S.D. et al.* Comparative Biochemical and Computational Study of the Role of Naturally Occurring Mutations at Ambler Positions 104 and 170 in GES  $\beta$ -Lactamases // *Antimicrob Agents Chemother* **vol 54**, № 11, 2010. P. 4864–4871.

## КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДНК-СТАБИЛИЗИРУЮЩЕГО БЕЛКА DPS БАКТЕРИИ *ESCHERICHIA COLI* С ДНК РАЗНОЙ ДЛИНЫ

Терешкина К.Б., Терешкин Э.В., Крупянский Ю.Ф.

Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н. Н. Семенова  
Российской академии наук, Россия, 19991, Москва, ул. Косыгина, 4, +7(495)939-71-14,  
ksenia.tereshkina@chph.ras.ru

Одним из важнейших белков бактерий и архей в стрессовых условиях является ДНК-связывающий белок Dps (DNA-binding protein from starved cells) [1]. Это гомолог ферритина, шаровидной формы с полостью внутри. Основные функции Dps *Escherichia coli*: секвестрация  $Fe^{2+}$  для предотвращения реакции Фентона и сохранение ДНК с путём образования сокристаллов и комплексов ДНК-Dps во время стационарной фазы роста бактериальной культуры [2]. Несмотря на большое количество работ в данной области, молекулярные механизмы и тип связывания ДНК с белком Dps до сих пор не ясен. Поэтому целью данной работы было исследование кристаллов Dps *E. coli* с молекулами ДНК различной длины и состава методами молекулярной динамики и термодинамического интегрирования. Расчёты проведены с использованием пакета GROMACS в силовом поле MARTINI по разработанным в [3] протоколам.

Было показано, что связывание ДНК с Dps зависит от формы и размера кристалла белка, длины и состава ДНК, ионной силы раствора. Раствор с концентрацией ионов, соответствующей цитоплазме *E. coli*, может быть более благоприятным для связывания ДНК в комплексах ДНК-белок, а с низкой ионной силой – для сокристаллизации. Длинноцепочечные молекулы ДНК адсорбируются на сформированные кристаллы Dps неравномерно. Сокристаллизации ДНК с Dps способствует образованию симметричных форм в нанокристаллах. Аффинность связывания с поверхностью Dps больше у участков геномной ДНК, обладающих наибольшей специфичностью к белку Dps.

Расчёты проводились на высокопроизводительной вычислительной системе МВС-10П в Межведомственном суперкомпьютерном центре Российской академии наук (МЦЦ РАН). Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки.

### Литература

1. *Almirón M., Link A.J., Furlong D., Kolter R.* A novel DNA-binding protein with regulatory and protective roles in starved *Escherichia coli* // *Genes Dev.* **6**, 1992. 2646-2654. <https://doi.org/10.1101/gad.6.12b.2646>
2. *Williams SM, Chatterji D.* An Overview of Dps: Dual Acting Nanovehicles in Prokaryotes with DNA Binding and Ferroxidation Properties // *Subcell Biochem.* **96**, 2021. 177-216. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-58971-4\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-030-58971-4_3)
3. *Tereshkin, E. V., Tereshkina, K. B., Krupyanskiy, Y. F.* Predicting Binding Free Energies for DPS Protein-DNA Complexes and Crystals Using Molecular Dynamics. // *Supercomputing Frontiers and Innovations.* **9**, 2, 2022. 33–45. <https://doi.org/10.14529/jsfi220203>

## ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗГИБНОЙ ДЕФОРМАЦИИ ПРОТОФИЛАМЕНТОВ ТУБУЛИНА ФОРМИРУЮЩИХ МИКРОТРУБОЧКИ В ЭУ- И ПРО-КАРИОТИЧЕСКИХ КЛЕТКАХ МЕТОДОМ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ДИНАМИКИ

**Федоров В.А., Холина Е.Г., Гудимчук Н.Б., Коваленко И.Б.**

Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, Биологический факультет, кафедра биофизики, Россия, 119992, г. Москва, Ленинские горы, 1-24

Микротрубочки выполняют множество функций в организме: от поддержания формы клетки и образования системы путей для внутриклеточного транспорта, до поиска, захвата и перемещения хромосом при клеточном делении. Сложное динамическое поведение микротрубочек, лежащее в основе их многофункциональности, на протяжении многих лет является предметом пристального изучения, однако многое остаётся неясным в конкретных механизмах, в частности, явления, известного под названием “динамическая нестабильность”. Микротрубочки способны стохастически переключаться между стадиями медленного роста и стремительной деполимеризации. Микротрубочки эукариот состоят, как правило, из 13 нитей-«протофиламентов», и долгое время считалось, что только эукариотическим организмам свойственно наличие полых цилиндрических структур, сформированных гетеродимерами глобулярных белков тубулинов из семейств  $\alpha$  и  $\beta$ , обладающих ГТФазной активностью. Не так давно в работах (Pillhofer et al., 2011; Deng et al., 2017) было показано, что бактериальные тубулины *VtubA* и *VtubB*, обнаруженные в бактериях рода *Prostheco bacter*, образуют в простеках этих бактерий структуры, подобные эукариотическим микротрубочкам. Эти структуры проявляют динамическое поведение, свойственное микротрубочками эукариот, и также демонстрируют динамическую нестабильность в экспериментах *in vitro*. В то же время, эти структуры гораздо меньше по размеру и состоят всего из 4-5 протофиламентов, что делает их удобными для изучения методами молекулярной динамики модельными объектами. Используя ранее разработанные подходы (Fedorov et al., 2019; Fedorov et al., 2024), мы исследовали конформационные изменения бактериальных микротрубочек. Благодаря их небольшому размеру можно моделировать целые бактериальные мини-микротрубочки, что может дать важные сведения о том, как молекулярные свойства тубулинов способствуют их спонтанной сборке и разборке.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-74-00002, <https://rscf.ru/project/24-74-00002/>

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ВНУТРЕННЕ-НЕУПОРЯДОЧЕННЫХ ХВОСТОВ ГИСТОНОВ В СОСТАВЕ НУКЛЕОСОМ

**Федулова А.С., Моторин Н.А., Шаряфетдинова А.С., Армеев Г.А., Шайтан А.К.**

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Биологический ф-т, кафедра Биоинженерии г. Москва, Ленинские горы, 1-73, 119234 a.kniazeva@intbio.org

Хроматин – как форма хранения и функционирования генома человека – представляет собой сложно-организованный и динамичный комплекс белков с ДНК и РНК. Наименьшей повторяющейся единицей хроматина является нуклеосома, состоящая из октамера белков-гистонов и двух неполных витков ДНК. Основные динамические моды с функциональным значением для нуклеосомной ДНК и глобулярной части гистонов были показаны, в том числе, в атомистическом приближении (методом молекулярной динамики, подробно описано в обзоре [1]). Однако большую роль в регуляции работы генома играют концевые внутренне-неупорядоченные регионы гистонов – гистоновые хвосты. Они несут на себе большинство сайтов пост-трансляционных модификаций – эпигенетических меток. Моделирование внутренне-неупорядоченных белков представляет техническую сложность. Отсутствие элементов вторичной структуры делает конформационный ансамбль трудным для воспроизведения на тех временах, которые на данный момент доступны в атомистической динамике. Показано, что хвосты гистонов в составе нуклеосом могут взаимодействовать с ДНК, формируя набор квазистационарных состояний, переход между которыми происходит в микросекундном масштабе времен. Также известно, что использование классических протоколов не воспроизводит динамических свойств внутренне-неупорядоченных белков. В частности, расхождения были показаны в сравнении параметров, аналогичных скоростям релаксации, с параметрами, обнаруженными с помощью ЯМР экспериментов. В данный момент ряд групп ведет работу по развитию силовых полей и моделей воды, которые лучше воспроизводят динамику внутренне-неупорядоченных белков.

В ходе работы были проведены ряд расчетов траекторий классической молекулярной динамики нуклеосом в явном растворителе (модель воды OPC). Было проведено моделирование в разном ионном окружении (50, 100 и 150 мМ NaCl, 50, 100 и 150 мМ KCl). Также было исследовано влияние длины свободной ДНК на динамику хвостов, в частности N-хвоста H3 и C-хвоста H2A гистонов. Детально описаны ДНК-гистоновые взаимодействия, лежащие в основе взаимодействия хвостов с ДНК. Работа поддержана грантом РФФ № 23-74-10012. Работа выполнена с использованием оборудования Центра коллективного пользования сверхвысокопроизводительными вычислительными ресурсами МГУ имени М.В. Ломоносова и суперкомпьютера «МГУ-270» МГУ имени М.В. Ломоносова.

### **Литература.**

1. Fedulova, A.S.; Armeev, G.A.; Romanova, T.A.; Singh-Palchevskaia, L.; Kosarim, N.A.; Motorin, N.A.; Komarova, G.A.; Shaytan, A.K. Molecular Dynamics Simulations of Nucleosomes Are Coming of Age. WIREs Comput. Mol. Sci. 2024, 14, e1728. <https://doi.org/10.1002/wcms.1728>.

## **ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА ТРАНСЛОКАЦИИ БИОЦИДОВ ЧЕРЕЗ НАРУЖНЫЕ МЕМБРАНЫ ГРАМОТРИЦАТЕЛЬНЫХ БАКТЕРИЙ**

**Холина Е.Г., Коваленко И.Б., Страховская М.Г.**

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, 119992, г. Москва,  
Ленинские горы, 1 стр. 24

Грамотрицательные бактерии отличает уникальное сочетание сложно устроенной клеточной стенки с дополнительной наружной мембраной и наличие развитой системы эффлюкс насосов, в совокупности обеспечивающих надежную защиту от антибактериальных агентов. Преодоление природной и приобретенной устойчивости к антибактериальным препаратам грамотрицательных возбудителей представляет собой одну из важнейших задач при разработке новых средств борьбы с инфекционными заболеваниями. Разработка новых эффективных антибактериальных препаратов невозможна без понимания того, как молекулы антибиотиков и биоцидов проникают через мембраны грамотрицательных бактерий или оказывают на них деструктивное действие.

В рамках данной работы были созданы полноатомные молекулярно-динамические модели асимметричных липополисахарид-содержащих бислоев, в том числе со встроенным белковым пориновым каналом, которые имитируют наружную мембрану грамотрицательных бактерий. Созданные модели содержали во внешнем монослое молекулы шероховагата липополисахаридов *Escherichia coli* с коровой частью типа K12 и липидом А первого типа. В состав внутреннего монослоя входили молекулы кардиолипина, фосфатидилглицерола и фосфатидилэтаноламина. Для создания липополисахаридной мембраны с белковым порином в модельную мембрану была встроена одна из субъединиц белковой структуры 6WTZ мембранного порина OmpF. Модельные мембраны обладали размером 10 нм x 10 нм. Для нейтрализации отрицательного заряда ЛПС в созданных модельных бислоях к коровой части были добавлены ионы кальция. Также в раствор были добавлены ионы Na<sup>+</sup>/Cl<sup>-</sup> в концентрации 150 мМ.

В ходе работы получены энергетические характеристики процессов транслокации мембранных биоцидов через пориновые каналы и через липополисахарид-содержащий бислой с помощью метода зонтичной выборки. Нами была изучена транслокация антисептикаа октенидина и антибиотика группы аминогликозидов гентамицина в качестве контрольного вещества, про которое известно, что оно попадает внутрь бактериальной клетки, используя порины. По профилям свободной энергии были оценены величины энергетических барьеров, которые биоциды различных химических классов должны преодолеть для попадания внутрь бактериальной клетки, а также выявлено, какие конкретно структурные компоненты в составе модельной бактериальной мембраны создают наибольшее препятствие для проникновения вещества внутрь клетки.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда No 23-74-01005, <https://rscf.ru/project/23-74-01005/>.

## МЕХАНИЗМ ИНГИБИРОВАНИЯ ПЕНИЦИЛЛИН-СВЯЗЫВАЮЩЕГО БЕЛКА 3 ИЗ *PSEUDOMONAS AERUGINOSA* (2-НИТРОБЕНЗАМИДО)МЕТИЛБОРНОЙ КИСЛОТОЙ

Холманских Д. Д.,<sup>1</sup> Кривницкая А.В.<sup>2</sup>

Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, Химический ф-т, каф.  
физической химии, Россия, 119234, г. Москва, Ленинские Горы 1,

Тел.: (495)939-20-35, E-mail: mkhrenova@lcc.chem.msu.ru

<sup>1</sup>Институт биохимической физики им. Н.М. Эмануэля РАН, Россия, 119334, г.  
Москва, ул. Косыгина 4

<sup>2</sup>ФИЦ Биотехнологии РАН, Россия, 119071, г. Москва, Ленинский проспект 33/2

Синегнойная палочка (лат. *Pseudomonas aeruginosa*) - патогенный для человека микроорганизм, вызывающий внутрибольничные инфекции, возможности лечения которых ограничены ввиду высокой устойчивости данной бактерии к антибиотикам. Пенициллин-связывающий белок 3 (РВР3) является важным ферментом, отвечающим за последние этапы синтеза пептидогликана клеточной стенки бактерий. Инактивация РВР3 β-лактамами антибиотиками делает его ключевой терапевтической мишенью [1].

Эффективность β-лактамов все больше снижается, преимущественно под воздействием бактериальных ферментов β-лактамаз. Борсодержащие ингибиторы являются перспективными ингибиторами РВР и сериновых-β-лактамаз – они связываются с нуклеофильным серином активного центра фермента, в результате чего образуется устойчивый комплекс. Однако взаимодействие соединений на основе бора с РВР в настоящее время практически не изучено. Было показано, что кроме классических моновалентных аддуктов борных ингибиторов с РВР, образуются необычные тривалентные аддукты [2, 3]. Возможность образования высококоординированных комплексов может способствовать лучшей ингибирующей способности.

В данной работе выполнено молекулярное моделирование механизма реакции ингибирования РВР3 из *Pseudomonas aeruginosa* (2-нитробензамидо)метилборной кислотой. Методом молекулярной динамики был установлен комплекс РВР3-ингибитор и методом молекулярной динамики с КМ/ММ потенциалами определены профили энергии Гиббса каждой стадии реакции до образования тривалентного комплекса.

### Литература

1. Glen K. A., Lamont I. L. Penicillin-binding protein 3 sequence variations reduce susceptibility of *Pseudomonas aeruginosa* to β-lactams but inhibit cell division. J. Antimicrob. Chemother., 2024. 2170-2178 P.
2. Zervosen A., Herman R., Kerff F., et al. Unexpected trivalent binding mode of boronic acids within the active site of a penicillin-binding protein. J. Am. Chem. Soc., 2011. 10839-10848 P.
3. Newman H., Krajnc A., Bellini D., et al. High-Throughput Crystallography Reveals Boron-Containing Inhibitors of a Penicillin-Binding Protein with Di- and Trivalent Binding Modes. J. Med. Chem., 2021. 11379-11394 P.



**S3/W3**

**М**ЕДИЦИНСКАЯ И  
**РАДИАЦИОННАЯ БИОФИЗИКА**

**М**EDICAL AND RADIATIONAL  
**BIOPHYSICS**

Руководители:

*Андрей Анатольевич Гриневич, Татьяна Юрьевна Плюсина,  
Андрей Александрович Полежаев.*

## ПРИМЕНЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ МЕТОДОВ ИЗУЧЕНИЯ ИНДУКЦИИ ПОВРЕЖДЕНИЙ ДНК К АНАЛИЗУ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РЕПАРАЦИИ ДВУНИТЕВЫХ РАЗРЫВОВ

Васильева М.А.<sup>1</sup>, Бугай А.Н.<sup>1,2</sup>, Душанов Э.Б.<sup>1,2</sup>, Пархоменко А.Ю.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Лаборатория радиационной биологии, ОИЯИ, г.Дубна, Россия, [mal2008@jinr.ru](mailto:mal2008@jinr.ru)

<sup>2</sup>Кафедра биофизики, Государственный университет «Дубна», г.Дубна, Россия

Изучение закономерностей и механизмов репарации двунитевых разрывов ДНК в различных клетках живых организмов при действии излучений с разными физическими характеристиками обусловлено тем, что такие повреждения вносят наибольший вклад в гибель клеток, формирование различного рода хромосомных мутаций и злокачественную трансформацию клеток. Классическими экспериментальными методами для изучения выхода ДР ДНК являются метод ДНК-комет [1], метод ДНК-фокусов [2], и метод преждевременной конденсации хроматина (РСС-метод) [3]. В них параметрами для оценки индукции и репарации повреждений выступают момент хвоста *mt*,  $\gamma$ H2AX-фокусы и РСС-разрывы, уровни которых коррелируют с количеством ДР ДНК в клетке.

В настоящей работе представлена математическая модель восстановления двунитевых разрывов ДНК в клетках млекопитающих и человека [4]. Определен выход начальных повреждений ДНК, возникающих в результате облучения клеток тяжелыми заряженными частицами. Число и вид ДР ДНК зависит от типа и линейной передачи энергии частицы. Описаны ключевые этапы механизма негомологичного соединения концов (NHEJ): связывание комплекса Ku70/80 с участками ДНК, содержащими двунитевые разрывы, двойное фосфорилирование ДНК-зависимой протеинкиназы в составе комплекса ДНК-РКcs, фосфорилирование Artemis и его участие в процессинге комплексных ДР, восстановление целостности ДНК белковым комплексом XXL (XLF/XRCC4/LigIV). Предложенный модельный расчет позволяет воспроизвести кинетику формирования и элиминации  $\gamma$ H2AX-фокусов, а также сравнить теоретические данные по кинетике репарации ДР с результатами, полученными методами РСС и ДНК-комет.

### Литература

1. Чусов В.Н. и др. Формирование прямых и энзиматических двунитевых разрывов ДНК в условиях влияния ингибиторов репарации при действии излучений разного качества. // *Письма в ЭЧАЯ*. т. 15, №6 (218). 2018, с. 573 – 588.
2. Asaithamby A. et al. Repair of HZE-particle-induced DNA double-strand breaks in normal human fibroblasts // *Radiat. Res.* Vol. 169 (4), 2008, pp. 437 – 446.
3. Ritter S. and Nasonova E.A. Induction and repair of heavy ion induced chromosomal damage // *GSI Report*. 1999, pp. 134–135.
4. Васильева М.А. и др. Кинетическое моделирование репарации двунитевых разрывов ДНК в клетках млекопитающих и человека в G1 и ранней S фазах клеточного цикла // Тезисы 31 международной конференции «Математика. Компьютер. Образование.», под редакцией Ризниченко Г.Ю. и Рубин А.Б., выпуск 31, стр. 135, 2024. ISBN 978-5-4344-1012-0.

## НОВОЕ В ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ АМИНОКИСЛОТ И БЕЛКОВ

Дегтярева О.В., Терпугов Е.Л.

Институт биофизики клетки - обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки "Федеральный исследовательский центр "Пущинский научный центр биологических исследований Российской академии наук" Россия, 142292 г. Пущино, Московская обл., ул. Институтская, д.3; тел. +7 (4967) 73-05-19; e-mail: olga\_degt@mail.ru

Аминокислоты, основные строительные блоки белков, обеспечивают широкое разнообразие электрических и оптических свойств природных белков. Общепринято считать, что основной вклад в люминесценцию белков вносят ароматические аминокислоты с сопряженными двойными связями (Phe, Trp и Trp). Однако недавно было показано, что неароматические аминокислоты в их агрегированной форме также могут производить флуоресцентный сигнал, который не проявляется в их мономерном состоянии. Аутофлуоресценция неароматических аминокислот — загадочное явление с огромным потенциалом в биофотонных приложениях, природа которого остается все еще неясной. Накопленные данные показывают, что такого рода флуоресценция возникает не только у аминокислот, в действительности, она является общим свойством множества других природных и органических соединений [1].

В данной работе исследуются радиационные свойства неароматических аминокислот L-Arg HCl, L-Lys HCl и Gly в водном растворе. Исследование проведено с использованием колебательной (ИК-Фурье) и оптической спектроскопии в УФ-видимой области. В работе представлены данные подтверждающие, что электронные взаимодействия между непоглощающими и нефлуоресцирующими молекулами в мономерном состоянии могут приводить к оптически активным состояниям за счет образования супрамолекулярных образований. Также показано, что образцы L-Arg HCl, L-Lys HCl и Gly в водном растворе способны одновременно излучать флуоресценцию и послесвечение при возбуждении УФ-видимым светом при комнатной температуре, что является редкостью даже для органических красителей. Послесвечение люминесценции отличается от обычной флуоресценции слабой интенсивностью и большой длительностью излучения. Полученные данные указывают на двойную природу флуоресценции и существование разных по природе возбужденных состояний и излучающих видов. Специфика устойчивой замедленной флуоресценции со значениями максимума и формы спектра, свойственная обычной флуоресценции соответствует термоактивированной замедленной флуоресценции.

### Литература.

1. Y. Hong, J. W. Y. Lam and B. Z. Tang, Aggregation-induced emission: Phenomenon, mechanism and applications// Chem. Commun., 29, 2009. P. 4332-4353.

## **ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ОТЕКА МИОКАРДА НА СКОРОСТЬ ПРОВОДИМОСТИ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЩЕЛЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ ДВУМЕРНОЙ МОДЕЛИ ФИТЦХЬЮ-НАГУМО**

**Киселева Д.Г., Червицов Р.Н., Плюснина Т.Ю.**

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Биологический ф-т, каф. биофизики, Россия, 119234, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 24, Тел.: +7 (495) 939-11-16, E-mail: kiseleva.dg@gmail.ru

Отек миокарда наблюдается при более 70% заболеваний сердечно-сосудистой системы и может приводить к необратимому ремоделированию миокарда. Отек является суррогатом активного воспаления и неразрывно связан с аритмогенным потенциалом. Ранее полученные нами результаты оптического картирования на монослое неонатальных кардиомиоцитов крыс демонстрируют переход от нормального волнового фронта к возникновению нескольких динамических режимов при увеличении степени отека: к спиральной волне и множественным вейвлетам возбуждения с разрывами фронта. Согласно литературным данным при гипертрофии кардиомиоцитов наблюдается перераспределение щелевых соединений в разных областях клетки. За счет образования областей с нормальной и очень низкой экспрессией щелевых соединений происходит локальное замедление проводимости [1]. Целью работы был поиск связи локальных изменений проводимости с развитием патологических динамических режимов на примере двумерной модели ФитцХью-Нагумо.

Размер пространственной сетки составил  $100 \times 100$  клеток, решение получено с помощью явного метода Рунге-Кутты порядка 3(2). Расчеты и визуализация были выполнены с помощью программных пакетов Python.

Результаты моделирования показали, что при наличии локальной диффузионной гетерогенности за счет очень низкого коэффициента диффузии могут появляться спиральные волны при общем коэффициенте диффузии в модели  $D=0.5$  и расчетном времени  $T=4000$ . При дальнейшем снижении общей диффузии в модели до  $D=0.25$ , в соответствии с результатами оптического картирования, образуются множественные очаги возбуждения с разрывом волн ( $T=2000$ ). При этом, создание препятствий в виде областей с полным отсутствием проводимости в тех же областях, где ранее была смоделирована диффузионная гетерогенность с очень низким проведением, не приводит к каким-либо характерным патологическим динамическим режимам.

### **Литература.**

1. Tripathi, O. N., Quinn, T. A., Ravens, U. (Eds.). Heart rate and rhythm: Molecular basis, pharmacological modulation and clinical implications. Springer International Publishing, 2023, pp. 584.

## **ОЦЕНКА ЭМОЦИОНАЛЬНОГО И КОГНИТИВНОГО СТАТУСА У ПАЦИЕНТОВ С АСТЕНИЕЙ**

**Машковцева Е.В.<sup>1</sup>, Шишкова В.Н.<sup>2</sup>, Нарциссов Я.Р.<sup>3</sup>**

НИИ цитохимии и молекулярной фармакологии, Россия, 115404, Москва, ул. 6-я  
Радиальная, д. 24, стр. 14, Email: icmph@yandex.ru

<sup>1</sup>ФГАОУ ВО "Российский Национальный Исследовательский Медицинский Университет  
им. Н.И. Пирогова" МЗ РФ, Россия, Москва, улица Островитянова, 1. E-mail:  
elenamash@gmail.com

<sup>2</sup>Кафедра поликлинической терапии ФУВ ГБУЗ МО МОНИКИ им.М.Ф.Владимирского,  
Россия, 129110, Москва, ул. Щепкина, д.61/2, Email: veronika-1306@mail.ru

<sup>3</sup>Группа биомедицинских исследований, БиДиФарма ГмбХ, Германия, Зик, 22962,  
Бюльтбек, 5. Email: yn\_brg@icmph.org

Психосоциальные факторы наряду с основными эпидемиологическими рисками играют важную роль в развитии заболеваний. В условиях социальной и экономической нестабильности растет психоэмоциональное напряжение. Усиление тревожности, неудовлетворенности, раздражительности и депрессии могут оказывать влияние на физиологические процессы через изменения в нейрогуморальной регуляции, что повышает риск развития и прогрессирования хронических заболеваний, астенического синдрома, снижения когнитивных функций. Оптимальным способом оценки таких факторов является использование нейропсихологических методик, а также различных опросников и шкал. Объективизация состояния пациента, а также такого субъективного показателя, как качества жизни, позволяет не только своевременно выявлять угрожающие тенденции в эмоциональном и психическом состоянии, истощение жизненных сил и когнитивных функций, но и разрабатывать индивидуальные стратегии для управления стрессом и профилактики его негативных последствий.

В работе проведен анализ нейропсихологического обследования 120 пациентов с жалобами на снижение умственной работоспособности, слабость, повышенную утомляемость, нарушение концентрации внимания и памяти. Обнаружена корреляция высокого уровня стресса и жизненного истощения с наличием у испытуемых гастроэнтерологических заболеваний, а также курением более 10 сигарет в день. Увеличение времени выполнения теста слезения у пациентов с артериальной гипертензией и сахарным диабетом может свидетельствовать о начинающихся нарушениях перфузии ткани головного мозга.

Пациентам исследуемой группы в дополнение к базовой терапии хронических заболеваний была назначена метаболическая терапия, выполнена повторная оценка через 21 день. По сравнению с испытуемыми контрольной группы, у этих пациентов наблюдалась положительная динамика и регресс симптомов астении, уровня тревоги и истощения.

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ ГРАДИЕНТА КОНЦЕНТРАЦИИ ОКСИДА АЗОТА В СТЕНКЕ АРТЕРИЙ С УЧЕТОМ ЕЕ ГЕТЕРОГЕННОСТИ И ВЛИЯНИЯ ГЕМОДИНАМИКИ ТЕЧЕНИЯ КРОВИ В СОСУДЕ**

**Нарциссов Я.Р.**

НИИ цитохимии и молекулярной фармакологии, Москва, Россия,

Оксид азота (NO) является одним из важнейших медиаторов в тканях млекопитающих. Наряду с токсическим воздействием на клетки при высоких дозах в диапазоне физиологических концентраций его функция заключается в регуляции тонуса кровеносных сосудов за счет расслабления их гладкомышечной стенки. Синтез NO происходит за счет активности фермента NO-синтазы (NOS) в эндотелиальных клетках, выстилающих внутреннюю поверхность кровеносного сосуда. Далее оксид азота может диффундировать как в стенку сосуда, так и в кровоток. Последующее поглощение NO в различных областях кровеносного сосуда формирует градиент данного соединения.

В работе разработан анатомически валидированный 3D цифровой фантом участка артерии, применимый для оценки градиентов концентраций метаболитов в кровеносном русле и стенке сосудов разного калибра. Конвекция внутри кровотока и в сосудистой стенке артерии моделируется с помощью решения не стационарной краевой задачи для уравнения Навье-Стокса и закона Дарси соответственно [1]. Распределение концентрации оксида азота моделируется с использованием решения краевой задачи конвекционной реакции-диффузии с гетерогенным и неоднородным граничным условием [2]. В результате моделирования показано, что как гетерогенность структуры мышечной стенки, так и гемодинамика в сосуде оказывают существенное влияние на формирование градиента концентрации NO. Полученные результаты могут быть использованы как для изучения влияния активности NOS в эндотелии на состояние тонуса гладких мышц, так и для оценки токсичности избыточного синтеза оксида азота.

### **Литература.**

1. Nartsissov, Y.R. The Effect of Flux Dysconnectivity Functions on Concentration Gradients Changes in a Multicomponent Model of Convective Reaction-Diffusion by the Example of a Neurovascular Unit. // Defect and Diffusion Forum, 413, 2021 P.19-28, doi:<https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/DDF.413.19>.
2. Nartsissov, Y.R. Application of a multicomponent model of convective reaction-diffusion to description of glucose gradients in a neurovascular unit. // Frontiers in Physiology, 13, 2022 doi:<https://doi.org/10.3389/fphys.2022.843473>.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРОФИЛЯ ИНСУЛИНА НА НАКОПЛЕНИЕ ТРИГЛИЦЕРИДОВ В АДИПОЦИТЕ С ПОМОЩЬЮ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ**

**Чистякова Ю.А., Фурсова П.В., Хрущев С.С., Плюснина Т.Ю.**

Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, кафедра биофизики [chistyakyu@gmail.com](mailto:chistyakyu@gmail.com)

Нарушения углеводно-липидного обмена могут приводить к различным заболеваниям, таким как диабет II типа и ожирение. Распространенным способом коррекции состояния здоровья и веса людей является подбор специализированного режима питания. Одним из таких режимов является питание с различным количеством приемов пищи в сутки, однако ведутся дискуссии по поводу эффективности данного режима питания для снижения веса. Ранее на модели углеводно-липидного обмена адипоцита мы показали, что изменение количества приемов пищи в сутки при постоянной суточной калорийности может приводить к изменениям в накоплении триглицеридов в адипоците. Кроме того, эта закономерность была выражена у здоровых людей сильнее, чем у больных диабетом II типа. Было показано, что при разном количестве приемов пищи различаются характеристики профиля инсулина: ширина и амплитуда инсулинового ответа. Кроме того, профиль инсулина отличается у больных диабетом II типа по сравнению со здоровыми. Было обнаружено, что различия в накоплении триглицеридов в адипоците при разном количестве приемов пищи, а также у больных диабетом, по сравнению со здоровыми, были обусловлены неодинаковой регуляцией реакции липолиза триглицеридов инсулином.

В данной работе было исследовано влияние характеристик инсулинового ответа, которые различаются при разном количестве приемов пищи, а также у больных диабетом II типа по сравнению со здоровыми. На основе полноразмерной модели углеводно-липидного обмена адипоцита была построена упрощенная модель с возможностью варьировать характеристики инсулинового ответа по отдельности и таким образом оценить влияние каждой из них. Было обнаружено, что при одинаковом изменении площади под профилем инсулина содержание триглицеридов меняется по-разному при изменении амплитуды или при изменении ширины инсулинового ответа. При изменении ширины содержание триглицеридов изменяется сильнее, чем при изменении амплитуды. У больных диабетом эта зависимость проявляется слабее, что может быть связано с инсулинорезистентностью, характерной для данного заболевания.

## **ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ СОВРЕМЕННОЙ АЭРОИОНОТЕРАПИИ, И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ**

**Широносов В.Г., Богатырев Р.А.<sup>1</sup>**

Научно-исследовательский центр “ИКАР”, 426068, г. Ижевск, ул. Архитектора П.П. Берша, 29.

<sup>1</sup>Школа-гимназия МБОУ №83, г. Ижевск, ул. Холмогорова, 22.

Известны различные устройства для ионизации воздуха (аэроионизаторы) и аэроионо-терапии, но, к сожалению, механизм генерации аэроионов до сих пор не ясен, в частности, резкого обогащения воздуха аэроионами при землетрясениях [1].

Выяснение механизма генерации ионизированного воздуха, с учетом ранее предло-женной модели учета спин-спиновых взаимодействий [2], и является предметом настоя-щего сообщения.

Исследования проводились известными методами – ОВП и рН метрии и аэроиономет-рии – путём измерения концентрации отрицательных аэроионов [3].

В частности, при лабораторном моделировании условий землетрясений, сочетании трёх факторов (электролиз, нагрев и УЗ-воздействие), обнаружилось [3], резкое усиле-ние концентрации отрицательных аэроионов по нарастающей по сравнению с другими методами ионизации воздуха (электро-, гидро-, био-Алоэ [4]).

Ионизация воздуха во всех четырех случаях сопровождалась появлением треков ча-стиц на ПЭТ-пленках, расположенных рядом с ионизаторами. Явление аналогичное об-наруженному ранее при электролизе водных растворов [5].

В заключение: предложен механизм генерации аэроионов на основе возникновения в неравновесных системах кластеров из СИ (Спиновых Изомеров); намечены пути опти-мизации методов аэроионотерапии на основе работ [1-5].

### **Литература.**

1. Warden, S. and others. Long term air ion monitoring in search of pre-earthquake signals, J. Atmos. Solar-Terr. Phys., 2019, vol. 186, pp. 47–60.
2. Широносов В.Г. Проблемы современной биомедфизики, моделирования и пути их решения. МКО-2023, 2023, стр. 122.
3. Широносов В.Г., Богатырев Р.А. Вариации отрицательных аэроионов при распы-лении водных растворов. 7-я Всер. конф. “Физика водных растворов”, 2024 , стр. 3.
4. Tikhonov V.P. and others. Generation of Negative Air Ions by Plants upon Pulsed Electrical Stimulation Applied to Soil. RJ of Plant Physiology, vol.51, No.3, 2004, pp. 414–419.
5. Широносов В.Г. Регистрация треков частиц в неравновесных водных растворах при электролизе, биохимических и химических реакциях, и в неоднородных магнитных полях. 6-я Всер. конф. “Физика водных растворов”, 2023 , стр. 111.

## NEW IN LUMINESCENCE IN AMINOACIDS AND PROTEINS

**Degtyareva O.V., Terpugov E.L.**

Institute of Cell Biophysics of the Russian Academy of Sciences, Federal Research Center  
“Pushchino Scientific Center for Biological Research of the Russian Academy of Sciences”  
Institutskaya street, 3, Pushchino, 142290, Moscow Region, Russia, Phone: +7 (4967)  
73-05-19; E-mail : olga\_degt@mail.ru

Amino acids, the basic building blocks of proteins, provide a wide variety of electrical and optical properties of natural proteins. It is generally accepted that the main contribution to protein luminescence comes from aromatic amino acids such as phenylalanine, tyrosine, and tryptophan, which contain a fragment with conjugated double bonds in their structure. However, it has recently been shown that non-aromatic amino acids in their aggregated form can also produce a fluorescent signal that is not observed in their monomeric state. Autofluorescence of non-aromatic amino acids is an enigmatic phenomenon with great potential in biophotonic applications, the physical origin of which remains unclear. Recent data indicate that this type of fluorescence occurs not only in amino acids, but is, in fact, a common property of many other natural and organic compounds [1].

In this paper, we investigate the radiation properties of non-aromatic amino acids in concentrated solutions. The study was conducted with aqueous samples of L-Arg HCl, L-Lys HCl and Gly using vibrational (FTIR) and optical spectroscopy in the UV-visible region. The paper presents data confirming that electronic interactions between non-absorbing and non-fluorescent molecules in the monomeric state can lead to optically active states due to the formation of supramolecular entities. It was also shown that L-Arg HCl, L-Lys HCl and Gly samples in aqueous solution are capable of simultaneously emitting fluorescence and afterglow when excited by UV-visible light at room temperature, which is rare even for organic dyes. The luminescence afterglow differs from normal fluorescence by its weak intensity and long emission duration. The obtained data indicate the dual nature of fluorescence and the existence of excited states and emitting species of different nature. The specificity of stable delayed fluorescence with the values of the maximum and spectrum shape characteristic of normal fluorescence corresponds to thermally activated delayed fluorescence.

### References.

1. Y. Hong, J. W. Y. Lam and B. Z. Tang, Aggregation-induced emission: Phenomenon, mechanism and applications// Chem. Commun., 29, 2009. Pp. 4332-4353.

## INTERACTION OF METAL NANOPARTICLES AND PLANT SYSTEMS

**Khalilov R.I., Nasibova A.N.<sup>1,2</sup>**

1. Ministry of Science and Education. Institute of Radiation Problems. Baku, Azerbaijan.  
aygun.nasibova@mail.ru
2. Baku State University. Baku, Azerbaijan.

We have studied the effects of various stress factors on living systems for many years [1-5]. In our recent studies, we have conducted experiments with the wheat (*Triticum L.*) plant. EPR spectra of root parts of wheat sprouts germinated under control and different conditions (watered with suspension made of Al, Cu and Fe nanoparticles) were recorded. Along with free radical signals ( $g=2.0023$ ), high-intensity signals characterizing iron oxide magnetic nanoparticles ( $g=2.34$ ) were recorded in the spectra. Compared to the control samples, it was found that more iron oxide magnetic nanoparticles were generated in samples using nanoparticles, especially Fe nanoparticles.

### References:

1. Aygun Nasibova, Rovshan Khalilov, Huseyn Abiyev, Taras Kavetsky, Boris Trubitsin, Cumali Keskin, Elham Ahmadian, Aziz Eftekhari. Study of Endogenous Paramagnetic Centers in Biological Systems from Different Areas. // Concepts in Magnetic Resonance Part B, Magnetic Resonance Engineering, Volume 2021. P.5. 2021.
2. Aygun Nasibova, Rovshan Khalilov, Huseyn Abiyev, Boris Trubitsine, Aziz Eftekhari. Identification of the EPR signals of fig leaves (*Ficus carica L.*) // Eurasian Chemical Communications. V.3, P.193-199, 2021.
3. Solmaz Maleki Dizaj, Aziz Eftekhari, Shakar Mammadova, Elham Ahmadian, Mohammadreza Ardalan, Soodabeh Davaran, Aygun Nasibova, Rovshan Khalilov, Mahbuba Valiyeva, Sevil Mehraliyeva, Ebrahim Mostafavi. Nanomaterials for Chronic Kidney Disease Detection. // Applied Sciences. V.11, I.20, P.9656. 2021.
4. Soheila Montazersaheb, Mutlu Dilsiz Aytmir, Elham Ahmadian, Mohammadreza Ardalan, Murat Zor, Aygun Nasibova, Amirabbas Monirifar, Sara Aghdasi. The synergistic effects of betanin and radiotherapy in a prostate cancer cell line: an in vitro study. Molecular Biology Reports. P.1-8. 2023.
5. Nasibova A.N., Trubitsin B.V., Ismailova S.M., Fridunbekov I.Y., Qasimov U.M., Khalilov R.I. Impact of stress factors on the generation of nanoparticles in the biological structures. // Reports of ANAS. 71(2), 2015, P. 35-41.

**S3/W4**

**М**ОДЕЛИРОВАНИЕ,  
ВИЗУАЛИЗАЦИЯ И АНАЛИЗ  
ДАННЫХ В ИССЛЕДОВАНИИ  
КОГНИТИВНЫХ СИСТЕМ

**М**ODELING, VISUALIZATION AND  
DATA ANALYSIS IN THE STUDY  
OF COGNITIVE SYSTEMS

Руководитель:  
*Алексей Рудольфович Браже.*

## АЛГОРИТМ СОЗДАНИЯ ФАНТОМА СИНАПТИЧЕСКОГО КОНТАКТА И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ ОПИСАНИЯ ГЛУТАМАТЭРГИЧЕСКОЙ НЕЙРОПЕРЕДАЧИ

Загубная О.А., Нарциссов Я.Р.

НИИ цитохимии и молекулярной фармакологии, Россия, 115404, Москва, ул.6-ая  
Радиальная, д.24, стр.14, +7 (495) 327-49-87, E-mail: [zagubnaya@icmph.ru](mailto:zagubnaya@icmph.ru)

Главные аспекты высшей нервной деятельности человека, такие как сознание, память и обучение, определяются особым свойством нервных клеток проявлять синаптическую пластичность (СП). Важную роль в формировании СП играет глутаматергическая нейротрансмиссия. Несмотря на значительные успехи в инструментальных методах изучения структуры нервных клеток человека, для качественного компьютерного моделирования процесса нейротрансмиссии их результаты не всегда могут быть использованы.

На основании ранее предложенного функционального описания 3D модели синаптической щели [1, 2] был разработан общий алгоритм создания фантомов [3] синаптического контакта (СК) в COMSOL Multiphysics, соответствующих известным физиологическим характеристикам данных объектов. СП отражает возможный спектр изменений геометрических параметров СК. К таким параметрам относятся высота, площадь и степень охвата СК ножкой астроцита. В работе уточнены биологические ограничения для обращенного к СК края ножки астроцита, содержащего основное количество глутаматных переносчиков. Обратный захват глутамата через переносчики чрезвычайно важен для терминации нейротрансмиссии, в связи с его эксайтотоксичностью. Показано, что при сохранении выверенной геометрии мест везикулярного выброса на пресинаптической мембране, количество таких мест изменяется в зависимости от параметров СК, а также влияет на концентрацию нейромедиатора в момент нейротрансмиссии. Все созданные вариации фантомов СК сохраняют возможность моделирования внесинаптической утечки нейромедиатора.

Предложенный нами алгоритм детализации контакта астроцита и нейронов и сконструированный по нему набор СК позволяет выявить закономерности изменения геометрии СК в ходе синаптической пластичности и уточнить возможные причины развития эксайтотоксического действия глутамата.

### Литература

1. *Nartsissov Y.R., Zagubnaya O.A.* A digital 3D reconstruction of a synaptic cleft which can be used for further modeling of neuromediators convectional diffusion in a nervous tissue // *AIP Conference Proceedings* **2872**, 120003, 2023.
2. *Nartsissov Y.R., Ivontsin L.A.* Mathematical Modelling of Physiological Effects Caused by a Glycine Receptors Post-Synaptic Density Spatial Polymorphism // *Mathematics* **11**, 2499, 2023.
3. *Zagubnaya O.A., Nartsissov Y.R.* An Algorithm for Creating a Synaptic Cleft Digital Phantom Suitable for Further Numerical Modeling. *Algorithms* **17**, 451, 2024.

## **БЫСТРЫЙ МАРШ К ДРЕВОВИДНОЙ МОРФОЛОГИИ**

**Крючечникова А.Н.<sup>1</sup>, Левдик Т.Г.<sup>1</sup>, Браже А.Р.**

Биологический факультет, МГУ им. М.В. Ломоносова

<sup>1</sup>Отдел молекулярной нейробиологии, ГНЦ ИБХ РАН

В природе широко распространены ветвящиеся самоподобные структуры, обеспечивающие транспорт питательных веществ, воздуха, или обмен информацией. В приложениях вычислительной биологии и биомиметике часто возникает потребность моделирования таких структур. Предложен алгоритм симуляции ветвящихся морфологий, в котором ветви представлены сливающимися путями градиентного спуска на картах времени задержки фронта, порождаемых методом быстрого марша по картам со стохастическим профилем скорости. Обратная связь между текущим деревом и профилем скорости и источником волны позволяет генерировать широкий спектр реалистичных морфологий. Использование нескольких источников волны в методе быстрого марша позволяет генерировать сети с конкурирующими непересекающимися территориями, напоминающие сети астроцитов головного мозга.

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ АСТРОЦИТАРНОЙ МОРФОЛОГИИ НА БАЗЕ АЛГОРИТМА КОЛОНИЗАЦИИ ПРОСТРАНСТВА**

**Крючечникова А.Н.<sup>1</sup>, Левдик Т.Г.<sup>1</sup>, Браже А.Р.**

Биологический факультет МГУ им. Ломоносова, Россия, 119234, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 12, +7 (967) 025-18-48, [kriucheknikovaan@my.msu.ru](mailto:kriucheknikovaan@my.msu.ru)

<sup>1</sup>Отдел молекулярной нейробиологии, ГНЦ ИБХ РАН, Россия, 117997, Москва, улица Миклухо-Маклая, дом 16/10

Астроциты представляют собой глиальные клетки центральной нервной системы (ЦНС) эпителиального происхождения, характеризующиеся высокой морфологической и функциональной гетерогенностью. Во многом нормальное функционирование нервных клеток и ткани мозга в целом обеспечивается и поддерживается за счет астроцитов. Последние работы в области исследования взаимодействия нейронов и астроглии показывают, что роль астроцитов не ограничивается поддержанием гомеостаза нервной ткани, включая в себя регуляцию нейронной активности. Предложен феноменологический алгоритм симуляции морфологии астроцитов, основанный на модифицированном методе пространственной колонизации (Space Colonization Algorithm, SCA). Алгоритм использует аттракторные точки, распределенные согласно плотности синапсов в гиппокампе крысы на ранних стадиях постнатального развития. Разработанный нами алгоритм позволяет воссоздать феномен доменной организации клеточной популяции. Принципиальным элементом методики является двухфазная генерация морфологии, имитирующая развитие астроцитарного дерева на разных неделях постнатального онтогенеза. Метод обеспечивает получение непересекающихся клеточных территорий, близких к реальной организации астроцитарных популяций.

## МОДЕЛЬ НЕЙРОМЕДИАТОРНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА НЕЙРОГЛИОВАСКУЛЯРНУЮ ЕДИНИЦУ

Лукин П.О., Лагоша С.В.<sup>1</sup>, Вервейко Д.В., Браже А.Р.<sup>1</sup>, Верисокин А.Ю.

Курский государственный университет, Центр физики конденсированного состояния,  
Россия, 305000, Курск, ул. Радищева, 33, aluckinpavel97@gmail.com,  
ballegroform@mail.ru, cffalconn@mail.ru

<sup>1</sup>Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Биологический  
факультет, Россия, 119192, Москва, Ленинские горы 1/24, asuperstas-s@mail.ru>,  
bbrazhe@gmail.com

Современные экспериментальные и теоретические исследования, связанные с поиском путей, которые позволят понять механизмы функционирования нервной ткани мозга, берут в основу концепцию нейроглиоваскулярной единицы (НГВЕ). В рамках данной концепции рассматриваются связи между основными компонентами: нейрональной активностью, внутриклеточной динамикой кальция в астроцитах и прилегающими кровеносными сосудами, снабжающими клетки кислородом и энергетическими ресурсами. Тем не менее, большое количество исследований пренебрегает влиянием основных нейромодуляторов мозга на пути взаимодействия элементов НГВЕ. Однако современные экспериментальные исследования показывают, что именно нейромодуляторы во многих случаях являются первопричиной возникновения большого количества процессов, приводящих к изменению состояния нервной ткани мозга.

В работе мы предлагаем модель НГВЕ, которая учитывает основные процессы, протекающие в астроците, кровеносном сосуде, в возбуждающих и тормозных нейронах. Мы используем описание нейронального ансамбля в терминах формализма Ходжкина–Хаксли [1] с добавлением модели васкулярной и расширенной астроцитарной кальциевой динамик [2]. При этом основной акцент делается на рассмотрение влияния нейромодуляторов на состояние нервной ткани.

Полученные численные решения показали соответствие с экспериментальными данными. Анализ распределённой сети возбуждающих и тормозных нейронов в рамках модели НГВЕ модель с учетом воздействия внеклеточных нейромедиаторов показал возможность наложения разных типов активности друг на друга.

Предложенная модель в дальнейшем будет расширена на случай сети НГВЕ с целью определения возможных путей снижения дегенеративных эффектов работы головного мозга при различных патологиях.

Исследование выполнено за счёт гранта РФ (проект № 24-24-20117).

### Литература.

1. A. Aussel et al. Cell to network computational model of the epileptic human hippocampus suggests specific roles of network and channel dysfunctions in the ictal and interictal oscillations. *J. of Comp. Neurosc.*, 2022, V. 50 (4), pp. 519–535.
2. A. Yu. Verisokin et al. Computational model of noradrenaline modulation of astrocyte responses to synaptic activity. *Mathematics*, 2023, V. 11 (3), p. 628.

## РЕКОНСТРУКЦИЯ МОДЕЛИ НЕЙРОПОДОБНОГО ГЕНЕРАТОРА ПО ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ СИГНАЛАМ

Сысоев И.В., Большаков Д.И.<sup>2</sup>, Мищенко М.А.<sup>2</sup>, Матросов В.В.<sup>2</sup>

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Россия, 195251, г.

Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29, dr.ilya.sysoev@yandex.ru

<sup>1</sup>Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им.

Н. И. Лобачевского, Россия, 603022, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, 23

Рассмотрим задачу реконструкции по временному ряду уравнений генератора (1), построенного на основе системы фазовой автоподстройки частоты с полосовым фильтром и, как показано в [1], способного генерировать нейроподобную активность. Задача состоит в том, чтобы имея сигнал переменной  $y$  — ряд значений  $\{y_n\}_{n=1}^N$  по нему оценить параметры  $\varepsilon_{1,2}$  и  $\gamma$  или хотя бы какие-то их комбинации.

$$\frac{d\varphi}{dt} = y, \quad \frac{dy}{dt} = z, \quad \varepsilon_1\varepsilon_2 \frac{dz}{dt} = \gamma - (\varepsilon_1 + \varepsilon_2)z - (1 + \varepsilon_1 \cos \varphi)y \quad (1)$$

В эксперименте измерению доступна единственная переменная  $y$ , соответствующая трансмембранному потенциалу, если рассматривать систему (1) в качестве феноменологической модели нейрона. Все переменные модели могут быть получены численным дифференцированием и интегрированием, но если использовать разработанный в [2] подход в лоб применительно к экспериментальным сигналам, то оказывается, что шумы слишком сильно искажают численные оценки второй производной —  $\frac{dz}{dt} = \frac{d^2y}{dt^2}$ . Задача реконструкции дополнительно осложняется тем, что истинная переменная  $y$  в действительности недоступна, а имеет место линейная измерительная функция с неизвестными параметрами. Поэтому задача была переформулирована:

$$\begin{aligned} y &= a\eta + b, & \psi &= \int \eta dt, & \varphi &= a\psi + bt + c, \\ z &= a\zeta, & \frac{dz}{dt} &= a \frac{d\zeta}{dt}, \end{aligned} \quad (2)$$

Реконструкция уравнений (2) по семи временным рядам, записанным в различных периодических и хаотических режимах, дала возможность оценить параметры с точностью от 2%–50% в зависимости от режима.

### Литература.

1. Мищенко М. А., Шалфеев В. Д., Матросов В. В. Нейроподобная динамика в системе фазовой синхронизации // *Известия вузов. ПНД*. 2012. Т. 20, вып. 4. С. 122–130. DOI: 10.18500/0869-6632-2012-20-4-122-130
2. М. V. Sysoeva, I. V. Sysoev, M. D. Prokhorov, V. I. Ponomarenko, B. P. Bezruchko Reconstruction of coupling structure in network of neuron-like oscillators based on a phase-locked loop // *Chaos, Solitons and Fractals*, 2021, 142, 110513. DOI: 10.1016/j.chaos.2020.110513

## ВЛИЯНИЕ АУТАПСОВ НА ОБРАЗОВАНИЕ РЕГУЛЯРНЫХ РЕЖИМОВ КОЛЕБАНИЙ В МАЛЫХ СИСТЕМАХ ИМПУЛЬСНО СВЯЗАННЫХ ТОРМОЗНЫХ ИНТЕРНЕЙРОНОВ НЕОКОРТЕКСА

Ясюк В.О., Гостева И.В.<sup>1</sup>

Российский федеральный ядерный центр - Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики, Российская Федерация, 607188,  
г. Саров, просп. Мира, д. 37, (83130) 24186, voyasyuk@vniief.ru

<sup>1</sup>Саровский физико-технический институт Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», Российская Федерация, 607186, г. Саров, ул. Духова, д. 6, irinavgosteva@gmail.com

В работе исследовались периодические регулярные режимы колебаний моделей систем четырех и пяти тормозных интернейронов неокортекса с аутапсами, описываемых уравнениями Фитхью-Нагумо [1]. Нейроны связаны ингибиторной импульсной связью с задержкой, имитирующей воздействие на них тормозных синапсов. Для системы из четырех нейронов исследовался случай, при котором только один нейрон системы имел аутапс. Для системы из пяти нейронов исследовался случай, при котором все нейроны имели аутапсы.

Было установлено, что влияние аутаптических связей на колебательную динамику системы нейронов в целом приводит к переключению периодических регулярных режимов колебаний из одного в другой без изменения параметров связей между нейронами системы или параметров самих нейронов. Значения параметров аутаптических связей при этом одинаковы у всех нейронов системы.

Также было показано, что изменение параметров аутаптической связи  $\tau_a$  и  $C_a$  при постоянных параметрах синаптических связей  $\tau_c$  и  $C_c$  (где  $\tau$  - время задержки действия связи, а  $C$  - сила воздействия связи) позволяет переключать режимы колебаний нейронов системы без аутапсов из одного в другой. Были определены соотношения  $\tau/\tau_a$ , при которых регулярная колебательная динамика не наблюдалась. Сделаны выводы о влиянии значений  $\tau/\tau_a$  для ее поддержания.

Были выдвинуты предположения о разнообразии возможных функций аутапсов, которые могут включать не только стимулирование синхронизации [2], но и регуляцию образования требуемых режимов колебаний группами нейронов. Для тормозных интернейронов неокортекса это может быть полезным при управлении разнообразными высшими нервными функциями.

### Литература

1. *Fitzhugh R.* Impulses and physiological states in theoretical models of nerve membrane // *Biophys. J.* **1**, 1961. P. 445-466.
2. *Huawei F., Yafeng W., Hengtong W., Ying-Cheng L., and Xingang W.* Autapses promote synchronization in neuronal networks // *Sci. Rep.* **8**, 2018. P. 580-593.



S4

**А**НАЛИЗ И МОДЕЛИРОВАНИЕ  
СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ  
ПРОЦЕССОВ

**S**OCIAL-ECONOMY  
MODELING AND ANALYSIS

Руководители:

*Александр Евгеньевич Варшавский, Наталья Анатольевна Винокурова,  
Екатерина Владимировна Кочеткова.*

## **ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРНОЙ СЛОЖНОСТИ РЕГИОНАЛЬНЫХ ЭКОНОМИК НА ВРП**

**Афанасьев М.Ю.**

Центральный экономико-математический институт РАН,  
Россия, 117418, г. Москва, Нахимовский проспект, 47  
mi.afan@yandex.ru

Рекомендации по диверсификации национальной и региональных экономик могут быть основаны на подходах, ориентированных на повышение экономической сложности (Hidalgo, Hausmann, 2009). В настоящее время исследованы возможности оценки структурной сложности российских региональных экономик по данным об объемах экспорта и объемах производства продуктов, о численности занятых в различных отраслях (Афанасьев и др., 2023). Целью проводимого нами исследования является оценка влияния структурной сложности региональных экономик на ВРП. По данным Росстата за 2019 и 2022 гг. для 85 регионов сформированы четыре базовых индекса структурной сложности: ВРП по данным об объемах производства по ВЭД; занятости по профгруппам; занятости по ВЭД; распределения предприятий по ВЭД. На основе базовых индексов построены интегральные индексы структурной сложности региональных экономик и проведен их сравнительный анализ.

Предложен подход к оценке влияния структурной сложности региональных экономик на ВРП. Построены производственные функции, включающие интегральные индексы структурной сложности. Показано, что интегральный индекс, оценивающий «близость к эталону», является статистически значимым в производственной функции ВРП. Получены оценки эластичности ВРП по интегральному индексу структурной сложности. Интегральный индекс может быть использован для развития модели многокритериального выбора приоритетных направлений диверсификации (Афанасьев, Ильин, 2022) на основе рекомендаций по развитию секторов и ВЭД.

### **Литература.**

1. Hidalgo C.A., Hausmann R. (2009) The building blocks of economic complexity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106 (26), 10570–10575.
2. Афанасьев М.Ю., Гусев А.А., Нанаян А.М. (2023) Оценка профессиональной структуры занятого населения в российских регионах на основе концепции экономической сложности / *Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз.* – Т. 16, № 6. – С. 91–107. – DOI 10.15838/esc.2023.6.90.5.
3. Афанасьев М.Ю., Ильин Н.И. (2022) Новые ориентиры для выбора приоритетных направлений диверсификации экономики на базе системы ситуационных центров / *Экономика и математические методы.* 2022. Том 58, №4. С. 29–44. DOI: 10.31857/S042473880023017-7

## **ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ОБРАЗОВАНИЯ НА СРЕДНЕЙ СТУПЕНИ: МОНИТОРИНГ ЗНАНИЙ СТУДЕНТОВ УНИВЕРСИТЕТА**

**Бобкова И.А.**

Центральный экономико-математический институт РАН Россия, г. Москва, Нахимовский  
просп., 47 Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ) Россия, г.  
Москва, Врубеля, 12 bobi@cemi.rssi.ru; bobkovaia@mgupp.ru

В результате реформы образования, проходящей в нашей стране последние 30 лет, произошли существенные изменения в подготовке выпускников средней ступени системы образования, т.е. общего (школ) и среднего профессионального (СПО) образования. Прежде всего, это связано с переходом на прием абитуриентов по результатам государственной итоговой аттестации в форме единого государственного экзамена (ЕГЭ) и дополнительных вступительных испытаний (ДВИ) для тех, кто ЕГЭ не сдавал, в частности, для выпускников колледжей. Преподаватели технологических университетов в последние годы отмечают неудовлетворительность довузовской подготовки студентов, особенно в части технических дисциплин. Особенно эти изменения актуальны для математических дисциплин, преподавание которых занимает для разных специальностей 1-4 семестры. Поэтому сравнительный анализ соответствия количественных оценок на этапе среднего образования результатам мониторинга успеваемости студентов первого курса преподавателями вуза крайне важен для понимания качества знаний обучающихся. Это и сравнение результатов ЕГЭ и первой сессии, и сравнение баллов, полученных на ЕГЭ и по ДВИ, с остаточными знаниями первокурсников в начале обучения в вузе. Мониторинг остаточных знаний и результатов сессии важен как с точки зрения формального анализа соответствия полученных баллов качеству знаний, так и анализа причин упущений, допущенных в математическом образовании на предыдущей ступени. Положительная корреляция между результатами ЕГЭ, тестом остаточных знаний и успеваемостью в 1 семестре позволяет сделать вывод о соответствии баллов ЕГЭ уровню студентов. Однако, большое число студентов, не справившихся с тестом и имеющих относительно высокие баллы ЕГЭ и ДВИ, говорят о недостаточной силе этой взаимосвязи. Поэтому можно сделать вывод, что качество подготовки выпускников школ и СПО, прочность их знаний явно недостаточно для успешного освоения курса высшей математики в техническом вузе, а так же требуют пересмотра подходы к формированию вариантов ЕГЭ для более полного охвата изученного материала.

## **РАБОТАЮЩИЙ СТУДЕНТ ОЧНОЙ ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ В РОССИЙСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ: МОТИВАЦИЯ И АМБИЦИИ, ПОТЕРИ И ПРИОБРЕТЕНИЯ**

**Гудович И.С., Винокурова Н.А.<sup>1</sup>**

Воронежский государственный университет, Россия, 394018, г. Воронеж,  
Университетская пл., д.1. Тел.: +7(910)2805807, goudovitch@mail.ru

<sup>1</sup>Центральный Экономико-математический институт РАН, Россия, 117418, г. Москва,  
Нахимовский проспект, д. 47.Тел.: +7(903)6820947, vinokurova@yandex.ru .

Проблема работающего студента вуза очной формы обучения является в настоящее время актуальной и активно анализируется авторами значительного количества научных работ. Следует отметить, что эти исследования, в основном, направлены на рассмотрение позитивных результатов, которые получает студент для себя и своего будущего при сочетании работы с учебой. В настоящей работе мы хотим посмотреть на проблему, которую называют сегодня вторичной занятостью, с другой стороны: со стороны интересов будущего нашей страны с учетом того, что молодежь — это важнейший стратегический ресурс развития государства. В связи со сказанным встает вопрос о готовности студентов и аспирантов принять и поддержать идеологию инновационного, опережающего развития, совершить прорыв в шестой технологический уклад. Представленное исследование использует результаты, полученные авторами при анализе материалов собственных анкетных опросов университетской молодежи.

Авторы работы исходят из того, что в основе мотиваций и амбиций человека лежат его ценностные ориентации. Результаты исследований показывают, что в процессе своего развития студенты ориентируются, во многом, на рыночные сигналы, подаваемые экономикой. Серьезные изменения ценностных ориентаций молодежи проявляется особенно остро в ее отношении к высшему образованию: всего от 5 до 15 процентов студентов и аспирантов университетов считают, что освоение вузовской программы необходимо, чтобы добиться успеха в будущем. Опорой для достижения успеха в работе после ВУЗа университетская молодежь считает целеустремленность – 66%, уверенность в себе – 53%, коммуникационные способности – 50%. В целом результаты анализа представлений молодежи университетов о желаемом собственном будущем показывает, что гедонизм, потребительство, индивидуализм мотивируют студентов ориентироваться, в первую очередь, на быстрые заработки, а не на профессиональные достижения. В результате рынок получает малообразованные кадры, что представляет проблему для настоящего инновационного развития. Поскольку в настоящее время вопросы импортозамещения и инновационного развития особо актуальны для нашей страны, роль качественного профессионального образования возрастает. Это требует пересмотра концепции «работающих студентов».

## **РОБОТИЗАЦИЯ ОБРАБАТЫВАЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВ В СТРАНАХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ И ВОСТОЧНОЙ ЕВРОПЫ**

**Дубинина В.В.**

Учреждение Российской академии наук Центральный экономико-математический институт РАН, Россия, 117418, Москва, Нахимовский проспект, 47, тел. (499)7242532, Факс: (495)1291400, E-mail: [Viktoria@li.ru](mailto:Viktoria@li.ru)

Автоматизация и роботизация производств в странах Центральной и Восточной Европы (ЦВЕ) рассматриваются не только как способ повышения производительности труда и конкурентоспособности стран, но и как средство борьбы с дефицитом высококвалифицированной рабочей силы.

Основным показателем, характеризующим распространение промышленных роботов (ПР), является плотность роботизации, которая рассчитывается как количество ПР на 10 тыс. занятых в промышленности. За последнее время в странах ЦВЕ этот показатель значительно вырос и, например, в 2021 г. в таких странах, как Словения, Чехия и Словакия превышал и среднемировое значение, и среднее по Европе.

В период после вступления стран в Европейский Союз (ЕС) наблюдался рост роботизации в связи с увеличением иностранных инвестиций, большая часть которых приходилась на автомобильную промышленность. В странах ЦВЕ разместили свои производства многие автомобильные компании, а резкий рост производства автомобилей привел почти во всех странах ЦВЕ к сильной отраслевой специализации на внедрении роботов. Например, если в 2012 г. на долю автомобильной промышленности Словакии приходилось 52% от установленных ПР в стране, то в 2020 г. – 77%.

Для стран ЦВЕ построена модель зависимости плотности роботизации от доли чистого притока иностранных инвестиций в ВВП и времени. В результате для Венгрии, Румынии, Словакии и Хорватии была получена значимая зависимость показателей. При росте доли чистого притока иностранных инвестиций в ВВП наибольшее увеличение плотности роботизации в обрабатывающей промышленности происходило в Словакии и Румынии.

## **РАЗВИТИЕ МАЛЫХ БПЛА В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ**

**Дубинина М.Г.**

Учреждение Российской академии наук Центральный экономико-математический институт РАН, Россия, 117418, Москва, Нахимовский проспект, 47, тел. (499)7242532, Факс: (495)1291400, [mgdub@yandex.ru](mailto:mgdub@yandex.ru)

Особенностью современного этапа ведения военных действий является повсеместное использование не только военных, но и малых гражданских и коммерческих БПЛА для повышения осведомленности воюющих сторон. Малые БПЛА охватывают широкий спектр аппаратов, они могут быть тактическими, мини- и микро-БПЛА. Для их классификации используются эксплуатационные характеристики, показатели грузоподъемности, дальности и максимальной высоты полета, нагрузки на крыло, типа двигателя и мощности/тяги. К мини-БПЛА (MUAV) обычно относят аппараты, которые имеют массу менее 20 кг (например, DJI Matrice 600 Pro, DJI Inspire 2) и радиус действия до 25 км. Они используются мобильными боевыми группами, а также для различных гражданских целей. Существует два основных типа малых БПЛА: с фиксированным и вращающимся крылом.

Малые БПЛА более уязвимы для атак и потерь из-за низкой высоты полета, поэтому они должны быть достаточно недорогими, но при этом способными перевозить полезные грузы. В качестве силовой установки на них наиболее часто используются электрические двигатели. Такие БПЛА обладают низкой акустической сигнатурой, легко запускаются, надежны и относительно нечувствительны к высоте и температуре.

В данном исследовании рассмотрены 20 моделей малых БПЛА с фиксированным крылом, выделены мини- и тактические БПЛА, проанализированы тенденции их развития. Рассмотрены аппараты производства Elbit System и IAI Malat (обе - Израиль), ST Aerospace (Сингапур), AeroVironment (США), Qods Aviation Industries (Иран). Построены модели зависимости цены малых БПЛА от индекса их технической сложности,

## **АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ РАЗВИТИЯ ОСНОВНЫХ СИСТЕМООБРАЗУЮЩИХ ОТРАСЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РФ (НА ПРИМЕРЕ ПРОИЗВОДСТВА МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ)**

**Комкина Т.А.**

ЦЭМИ РАН, 117418 Москва, Нахимовский проспект, 47, т. 8(495)779-13-25,  
tania\_kom@mail.ru

Машиностроительная промышленность является базовым сектором экономики. Продукция данной отрасли является средством производства в ключевых секторах промышленности РФ. Согласно «Прогнозу социально-экономического развития Российской Федерации на 2025 год и на плановый период 2026 и 2027 годов» по итогам 2023 года машиностроительный комплекс адаптировался к внешнеэкономическим и геополитическим вызовам, нивелировав риски негативных последствий [1].

Однако для оценки возможных рисков развития отрасли машиностроения представляется необходимым отметить важность построения и анализа производственных функций для данного направления, что позволит прогнозировать развитие одной из основных системообразующих отраслей промышленности России в зависимости от изменения объемов ресурсов, задействованных в производстве, а также ряда других факторов [2,3]. Анализ проводился на основе статданных Росстата, Федеральной таможенной службы, а также Стратегии развития отраслей России до 2030 г. В качестве исходных данных рассматривались такие показатели, как: объём отгруженных товаров собственного производства, выполненных работ и услуг собственными силами (Y), основные фонды организаций (K), среднесписочная численность работников по полному кругу организаций (L). В качестве дополнительного фактора – импорт машин и оборудования (Im). Используемые для построения производственной функции данные целесообразно представить индексами, т.е. относительными (безразмерными) величинами. В работе был проведен анализ статистических данных с учетом изменений методологии расчета показателей рынка труда, переоценки основных фондов за период 2003–2023 гг. Проведенные расчеты позволили выделить периоды роста, спада связанные с трансформацией в экономической и политической жизни страны; показали значительную зависимость объёма производства машин и оборудования от импорта, ухудшения структуры производства, что свидетельствует о значительных рисках для безопасности страны.

### **Литература**

1. «Прогноз социально-экономического развития Российской Федерации на 2025 год и на плановый период 2026 и 2027 годов» от 30 сентября 2024, <https://www.economy.gov.ru>
2. Анчишкин А.И. Прогнозирование роста социалистической экономики. М.: Экономика. 1973.
3. Варшавский А.Е. Проблемы макроэкономической политики и инновационной активности / Управление Том 2 № 2, 2014.

## **РСА-АНАЛИЗ КАК МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ ДИНАМИКИ ГЛОБАЛИЗАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ: ИДЕЯ И ПРАКТИКА**

**Комонов Е.О.**

Дипломатическая академия МИД РФ, [ekomonov@mail.ru](mailto:ekomonov@mail.ru)

Развитие теории и практики международных экономических отношений (МЭО) в конкретном историческом отрезке времени тесно взаимосвязано с актуальным технологическим укладом, и в полной мере наследует его особенности.

В рамках последних десятилетий принято считать, что глобальная система мирохозяйственных связей функционирует на базе цифрового технологического уклада как зрелого проявления постиндустриального [1].

Философия цифрового технологического уклада во многом опирается на идею оцифровки информации в любом из её проявлений [2].

В частности, активно прорабатывается вопрос построения индекса глобализации как меры оценки общих характеристик экономической, социальной, технологической, информационной, политической и прочих видов глобализации [3].

Подходы к построению индекса глобализации претерпели несколько этапов развития от простейших однофакторных измерений до многофакторных моделей аппроксимации сложных совокупностей метрик. Сложившаяся традиция построения индекса глобализации во многом опирается на применение метода главных компонент (РСА-анализа) [4].

По результатам исследования нами выявлен ряд противоречий между фактически реализуемыми алгоритмами расчета индекса глобализации и общей логикой РСА-анализа как заявляемой методологической основы расчета. В рамках доклада мы выносим на обсуждение некоторые предложения по синхронизации части накопленных противоречий между идеями и реализацией модели.

### **Литература.**

1. Глазьев С. Ю. Глобальная трансформация через призму смены технологических и мирохозяйственных укладов // *AlterEconomics*. 2022. №1.
2. Сорочайкин А. Н., Сорочайкин И. А. Формирование цифровой философии и цифрового человека в цифровой реальности // *Основы ЭУП*. 2021. №4 (29).
3. Гичиев Н. С. Интегральный индекс глобализации // *РППЭ*. 2014. №5 (43).
4. Черкашина Т. Ю. Индексы глобализации: индикаторы и логика построения // *Социология*. 2011. № 33. С. 136-165.

## **ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОГО УЩЕРБА ОТ ПРЕЖДЕВРЕМЕННОГО УХОДА ИЗ ЖИЗНИ ЛЮДЕЙ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОТДЕЛЬНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ, ВЫЗЫВАЕМЫХ НЕГАТИВНЫМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ ПРОБЛЕМНЫХ ИННОВАЦИЙ**

**Кузнецова М.С.**

Учреждение Российской академии наук Центральный экономико-математический институт РАН, Россия, 117418, Москва, Нахимовский проспект, 47, mary.s.cuznetsowa@yandex.ru

Электромагнитное излучение сотовых телефонов, удешевление производства с помощью пальмового масла, высокое содержание пестицидов в плодовоовощной продукции и другие инновации, способные приносить не только пользу, но и вред (проблемные инновации), свидетельствуют о соответствующих рисках для потребителей. Эти риски могут дать о себе знать по истечении длительного периода времени, негативно отразиться на здоровье и увеличить риск появления заболеваний системы кровообращения и органов пищеварения, новообразований, способных сократить продолжительность жизни человека.

В работе рассматриваются динамика заболеваемости новообразованиями, болезнями системы кровообращения и органов пищеварения, основные методы оценки стоимости среднестатистической жизни, а также приведены оценки экономического ущерба в результате преждевременного ухода из жизни людей вследствие данных болезней в 2019 г. (до COVID-19).

Сокращение продолжительности жизни, преждевременный уход из жизни человека ведут к невосполнимым потерям, из которых представляется возможным ориентировочно оценить только экономический ущерб (для этого проведен расчет стоимости среднестатистической человеческой жизни и стоимости 1 года среднестатистической жизни). По результатам анализа, среди приведенных заболеваний наибольший экономический ущерб вследствие преждевременного ухода из жизни людей в 2019 г. нанесли болезни системы кровообращения, от 3,5 до 4,8 трлн руб., кроме того, ущерб от новообразований составил от 1,8 до 2,6 трлн руб., от болезней органов пищеварения – от 1,3 до 1,7 трлн руб. в зависимости от метода оценки (в ценах 2021 г.).

Результаты исследования показывают, что необходимо снижение уровня заболеваемости и смертности вследствие приведенных болезней и, кроме того, увеличение продолжительности жизни. Следует уделить внимание снижению заболеваемости болезнями системы кровообращения, в том числе за счет сокращения использования пальмового масла, новообразованиями – вследствие уменьшения уровня ЭМИ, заболеваемости болезнями органов пищеварения – за счет снижения и контроля использования пестицидов. Сокращение смертности, в том числе вследствие приведенных заболеваний, позволит улучшить демографическую ситуацию и, соответственно, уменьшить экономический ущерб.

## **АНАЛИЗ ВОЕННОГО ПОТЕНЦИАЛА СТРАН НАТО**

**Литвиненко Ю.А.**

Центральный экономико-математический институт РАН

В последние десятилетия происходит нарастание глобальной нестабильности. Расширение НАТО, рост военного конфликта на Ближнем Востоке, усиление напряженности в Европейском регионе, а также действия США, направленные на эскалацию конфликта на Украине, привели к значительному увеличению политических, экономических и военных рисков [1]. Помимо расширения НАТО в виде принятия в ее состав Швеции и Финляндии, происходит изменение общемирового миропорядка за счет усиления позиций БРИКС [2].

Нестабильной с военно-политической точки зрения остается ситуация в ряде регионов, при этом особую осторожность вызывает нарастание напряженности в странах СНГ и странах, имеющих общие границы с Россией (страны Прибалтики, Польша). Вмешательство США, спровоцировавшее конфликт на Украине, и последующее обеспечение финансовыми ресурсами, вооружением и военной техникой, в том числе с привлечением стран НАТО, становится наиболее важным фактором усиления нестабильности в Европейском регионе [3].

Более того, продолжается увеличение общемировых военных расходов. Даже при снижении темпов прироста в период 2008–2022 гг. военные расходы наиболее развитых стран оставались высокими. США даже при сокращении финансирования после 2010 г. сохраняли лидирующие позиции (их доля в мировых военных расходах составляет около 39%), а в 2017-2024 гг. военные расходы возросли более, чем на 10%. Военные расходы стран Европы, входящих в НАТО, и Канады возросли на 18% в 2024 г.

Таким образом, актуальность исследования военного потенциала стран НАТО и построения возможных прогнозов его увеличения подтверждается значительными изменениями в объемах их военных расходов и значительным усилением глобальной нестабильности.

### **Литература.**

1. The Top 10 Global Risks for 2024 8.01.2024. TIME USA, LLC. URL: <https://time.com/6552898/top-10-global-risks-for-2024>.
2. Торин А. Внешнеполитические тренды 2024 года: тенденции, вызовы и угрозы 10.02.2024. URL: <https://interaffairs.ru/news/show/44558>.
3. Economist Intelligence Unit (EIU). URL: <https://country.eiu.com/allcountries.aspx>.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНКАПСУЛИРОВАННОГО ЗНАНИЯ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ФИНАНСОВЫМ ИНСТИТУТОМ

Пыркина О.Е., Юданов А.Ю.<sup>1</sup>, Мальцев В.В.<sup>2</sup>

Финансовый университет при Правительстве РФ, Москва, Россия, 125993, ГСП-3, г.  
Москва, Ленинградский проспект д.49 +7(499)503-4721 [opyrkina@fa.ru](mailto:opyrkina@fa.ru),

<sup>1</sup>Финансовый университет при Правительстве РФ, Москва, Россия, 125993, ГСП-3, г.  
Москва, Ленинградский проспект д.49 +7(499)503-4721, [yudanov@yandex.ru](mailto:yudanov@yandex.ru)

<sup>2</sup>Университет Глазго, Глазго, Великобритания, [vmaltsev92@gmail.com](mailto:vmaltsev92@gmail.com)

В работе рассматривается моделирование использования инкапсулированного знания как важного элемента управления деятельностью финансового института (на примере некоего абстрактного банка). К инкапсулированному знанию, которым обладает банк, можно отнести очень многие компоненты, без которых функционирование банка попросту невозможно: комплексы компьютерных программ самой разной направленности, от сугубо прикладных до исследовательских, математические модели различного вида, используемые банком. К таким моделям можно отнести, например, модели кредитного скоринга на основе машинного обучения, семантические модели для создания чат – ботов, модели обработки данных разного вида (иерархические, реляционные, объектно – ориентированные и др.).

Использование всех этих форм инкапсулированного знания обладает одним общим свойством – человек, его применяющий, может не обладать всей полнотой знаний по данному вопросу, для применения инкапсулированного достаточно четкой пользовательской инструкции. Наличие этого свойства приводит к существенной экономии ресурсов, затрачиваемых на обучение персонала, и к повышению эффективности каждодневной рутинной деятельности [1]. При этом творческий процесс, требующий глубокого понимания природы вещей, остается лишь для задач разработки «капсул знаний» и для решения нестандартных задач, не вписывающихся в формат рутинной деятельности

Математическая модель управления финансовой организацией на основе применения инкапсулированного знания строится на основе скрытых цепей Маркова, рассматривая структуру финансовой организации как эргодическую цепь Маркова. Модель имитирует работу случайного процесса марковского типа с неизвестными характеристиками, и задачей ставится «разгадывание» неизвестных характеристик процесса на основе наблюдаемых. При этом подразумевается, что наблюдению доступны лишь какие-то функции от марковского процесса. «Скрытность» модели в том и заключается, что мы не можем получить сами состояния процесса, мы не знаем, сколько их и какие между ними существуют связи. Эти состояния и факторы, их связывающие, суть параметры модели.

### Литература

1. Мальцев В. В., Юданов А. Ю. Теория фирмы и феномен инкапсуляции знания // Вопросы экономики. № 1. 2024. С. 115—136.

## **КРИТЕРИЙ ГОСПОДДЕРЖКИ МОНОГОРОДОВ - РЕГИСТРИРУЕМАЯ БЕЗРАБОТИЦА?**

**Тарасова Н.А., Васильева И.А.**

Центральный экономико-математический институт РАН tarasovan2008@yandex.ru

При решении кадровых проблем в моногородах прежняя проблема борьбы с безработицей постепенно сменялась в последние годы весьма реальной для нынешней России угрозой нехватки нужных кадров. Это тем более важно в условиях последних лет после начала военной операции (СВО). Так, в 2024 г. основной приоритет обсуждаемого бюджета РФ, по словам министра финансов А. Силуанова, определяется задачей укрепления обороноспособности страны (это 29% всех госрасходов), но бюджет все же не является «военным», т.к. на социальные госрасходы уйдет еще больше – 30,5%. При этом, по словам президента Путина на съезде РСПП (Российского союза промышленников и предпринимателей) в 2024 г., проблему дефицита кадров в России не может решить трудовая миграция [1].

За последние годы уровень безработицы в России вообще снизился до минимума, что может неблагоприятно влиять на экономику страны, приводя и к новым (даже по характеру) проблемам для российских моногородов. «Оборонное направление» многих моногородов при СВО привело в последние годы к тому, что вообще в России крупнейшие оборонные предприятия нарастили свои мощности и в том числе набрали сотрудников из моногородов, где часть работников ушла на контрактную службу.

В этой ситуации (например, по мнению члена Генсовета «Деловой России» и гендиректора компании «Первая группа» Алексея Порошина [2]) моногородам не так нужны меры, нацеленные на борьбу с безработицей, – целесообразнее направить господдержку на развитие новых технологий. Так, можно разработать для моногородов адресные технологические планы и концепции городов стратегического и технологического значения с привлечением ключевых работодателей.

В 2024г. уточняется критерий господдержки моногородов – всего таких теперь 17-20 (по оценке Совета Федерации) или 30 (по оценке Министерства экономического развития) из определенных ранее 321 моногорода. Критерием может явиться трехлетний уровень регистрируемой в них безработицы, остающейся вдвое ниже средней по РФ, – что подтверждается Минтрудом как единственный объективный показатель социально-экономического положения моногородов.

### **Литература.**

1. Выступление В. Путина на съезде РСПП 25 апреля 2024г. //URL: <https://www.rbc.ru/economics/25/04/2024/662a4a549a79478355d2ff96>.
2. Перевощикова М. Мерная помощь: моногородам ужесточат условия получения господдержки / Известия iz // URL: <https://iz.ru/1585310/mariia-perevoshchikova/mernaia-pomoshch-monogorodam-uzhestochat-usloviia-polucheniia-gospodderzhki>.

## **МЯГКОЕ УПРАВЛЕНИЕ НЕЛИНЕЙНОЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ**

**Трундаев И.В.**

Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Россия, 125167,  
Москва, пр-кт Ленинградский, д. 49/2

Известно множество моделей экономических циклов. Существуют работы, где в циклах могут возникать различные стохастические возмущения. Соответственно, в зависимости от целей, выбирается некоторое управление для адекватной обработки стохастики. Такие возмущения используются для моделирования систем, которые основаны на экономических предположениях, допускающих наличие неопределённости при взаимодействии элементов системы.

Иногда целесообразнее выбирать нечёткие вычисления, когда в модели подразумевается такая неопределённость, которая делает затруднительным или невозможным использование аппарата теории вероятностей для построения удовлетворительного управления.

В настоящей работе исследована динамическая модель экономической системы с фактором подверженным неопределенности. Управление системой осуществляется через государственное воздействие. Предложены алгоритмы управления, в том числе с нечеткой логикой, на основе экспертных знаний о нелинейной модели Р. Гудвина. Проведён сравнительный анализ предложенных алгоритмов. Выявлены определённые преимущества мягкого управления.

Результаты исследования будут полезны для разработки управляющих алгоритмов в других моделях не только схожего класса, но и в моделях большей размерности. Был разработан алгоритм, позволяющий давать соразмерный ответ на возникающие возмущения. Мягкие методы позволили не только увеличить «время жизни» экономической системы, но и уменьшить использование государственных средств. Полученные результаты могут быть также интересны, когда необходимо осуществлять государственное регулирование экономической системой при ограниченных резервах.

## **THE IMPORTANCE OF INTERCULTURAL COMMUNICATION IN THE MODERN WORLD**

**Farkova N.A.**

Diplomatic Academy of the Ministry of Foreign Affairs of Russia

The ideas and basic principles of intercultural communication were laid down in the 1950s in the works of E. Hall and D. Trager, "Culture as Communication," and E. Hall, "The Silent Language." After the close connection between culture and communication was revealed, the need for a thorough and multifaceted study of the influence of culture on socio-economic and political processes in the world emerged. The importance of intercultural communication as a scientific direction is emphasized by the fact that since the 1970s, intercultural communications have been introduced as an academic discipline in European universities.

Now we can not only assert, but also observe how outdated and practically non-functional the concepts of intercultural communication used in the world today are. They emerged at a certain time, were formed in a certain environment and were intended primarily for establishing business contacts.

The geopolitical changes of the last quarter of the last century (for Europe, this is primarily the creation of the European Union) have led to the need to solve the problem of mutual communication between bearers of different cultures. "...in the next millennium, Europe will become a multiracial, or, if you prefer, a multicolored continent" [1].

The concept of communication requires clarification, since it goes beyond its understanding as interpersonal communication. Globalization processes have led to the expansion of communication boundaries. The problem of mutual understanding in the space of communications is considered today in a broad sense, including readiness for joint activities and cooperation, coordination of interests. It is no coincidence that among the theorists of intercultural communication, scientists from various humanities: philosophy, sociology, linguistics, psychology, ethnology, etc. Participants in communication in the new conditions are representatives of a certain social and cultural environment, in which different perceptions of the surrounding world by people of different cultures often lead to misunderstanding and, moreover, to hostility and conflicts. The system of international law established after the Second World War is today practically destroyed. The pseudo-communication widely used to conduct information wars and the aggressiveness of information sources directly point to global problems in the field of communication, which in turn are connected with the current global problems of humanity: ecology, depletion of natural resources, poverty, education, weapons of mass destruction.

Achieving a state of equilibrium and full-fledged communication in the modern world depends on how much, when achieving goals, one manages to preserve one's individuality, be it individual groups or states, and to take into account, and perhaps even share, the interests and goals of others.

### **References.**

1. Eco, U. Five essays on themes of ethics. / Translated from Italian by E.A. Kostyukovich. - St. Petersburg: Symposium, 2003. - P. 158.

**WORKING STUDENT OF FULL-TIME EDUCATION AT RUSSIAN UNIVERSITY:  
MOTIVATION AND AMBITION, LOSSES AND ACQUISITION'S**

**Gudovich I.S., Vinokurova N.A.<sup>1</sup>**

Voronezh State University, Russia, 394018, Voronezh, Universitetskaya pl., 1. Tel.:  
+7(910)-280-58-07, e-mail: goudovitch@mail.ru

<sup>1</sup>Central Economics Mathematics Institute of the Russian Academy of Sciences, Russia,  
117418; Moscow, Nakhimovsky Prospekt 47. Tel.: +7(903)-682-09-47 e-mail:  
vinokurova@yandex.ru

The working student of full-time education in a university problem is currently relevant and is actively analyzed by the authors of a significant number of scientific papers. It should be noted that these studies are mainly aimed at examining the positive results that a student receives for himself and his future when combining work with study. In this paper, we want to look at the problem, which is called secondary employment today, from the other side: from the side of the interests of the future of our country, taking into account that young people are the most important strategic resource for the development of the state. In connection with the above, the question arises about the readiness of students and postgraduates to accept and support the ideology of innovative, advanced development, and to make a breakthrough into the sixth technological order.

The presented study uses the results obtained by the authors as a materials analysis result of their own questionnaire surveys of university youth in 6 Russia cities, as well as an expert survey of university teachers conducted in 2024.

The work authors proceed from the fact that the basis of a person's motivations and ambitions are his value orientations. The results of the research show that in the process of their development students are guided, in many ways, by market signals given by the economy. Research results show, that in the process of their development students are guided to a large extent by market signals provided by the economy. Serious changes in the value orientations of young people are particularly evident in their attitudes toward higher education: only 5 to 15 percent of university students and postgraduates believe that mastering of university program is necessary to achieve success in the future. The support for achieving success in work after university is considered by university youth to be determination – 66%, self-confidence – 53%, and communication skills – 50%. In general, the analysis results of university youth's ideas about their desired future show that hedonism, consumerism, and individualism motivate students to focus primarily on quick money rather than on professional achievements. As a result, the market receives poorly educated personnel, which poses a problem for genuine innovative development. Since the issues of import substitution and innovative development are currently particularly relevant for our country, the role of high-quality professional education is increasing. This requires a revision of the concept of "working students".

## **THE CRITERION FOR STATE SUPPORT FOR SINGLE-INDUSTRY TOWNS IS REGISTERED UNEMPLOYMENT?**

**Tarasova N.A., Vasilyeva I.A.**

Central Economics and Mathematics Institute of the Russian Academy of Sciences  
tarasovan2008@yandex.ru

In solving personnel problems in single-industry towns, the previous problem of combating unemployment has gradually been replaced in recent years by a very real threat for today's Russia of a shortage of the necessary personnel. This is all the more important in the context of recent years after the start of the military operation (SVO). Thus, in 2024, the main priority of the discussed budget of the Russian Federation, according to Finance Minister A. Siluanov, is determined by the task of strengthening the country's defense capability (this is 29% of all government spending), but the budget is still not "military", since even more will go to social government spending - 30.5%. At the same time, according to President Putin at the congress of the RSPF (Russian Union of Industrialists and Entrepreneurs) in 2024, the problem of personnel shortage in Russia cannot be solved by labor migration [1].

In recent years, the unemployment rate in Russia has generally decreased to a minimum, which may adversely affect the country's economy, leading to new (even in nature) problems for Russian single-industry towns. The "defense direction" of many single-industry towns under the SVO has led in recent years to the fact that in general in Russia the largest defense enterprises have increased their capacities and, among other things, recruited employees from single-industry towns, where some of the workers went on contract service.

In this situation (for example, according to Alexey Poroshin, member of the General Council of Delovaya Rossiya and CEO of the First Group company [2]), single-industry towns do not need measures aimed at combating unemployment – it is more appropriate to direct state support to the development of new technologies. Thus, it is possible to develop targeted technological plans and concepts for cities of strategic and technological importance for single-industry towns with the involvement of key employers.

In 2024, the criterion for state support of single-industry towns will be clarified - there are now 17-20 of them (according to the Federation Council) or 30 (according to the Ministry of Economic Development) out of the previously identified 321 single-industry towns. The criterion may be the three-year level of unemployment registered in them, which remains half the average for the Russian Federation - which is confirmed by the Ministry of Labor as the only objective indicator of the socio-economic situation of single-industry towns.

**S5**

**Е**СТЕСТВЕННО-НАУЧНОЕ,  
ГУМАНИТАРНОЕ И ИТ  
ОБРАЗОВАНИЕ

**S**CIENCE, HUMANITIES AND IT  
EDUCATION

Руководители:

*Надежда Васильевна Аммосова, Елена Владимировна Борисова,  
Владимир Ильич Залятин, Дмитрий Владимирович Каманин,  
Владимир Ефимович Карпов, Полина Викторовна Фурсова.*

## **ОПТИМАЛЬНЫЕ СХЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ У СТУДЕНТОВ-БИОТЕХНОЛОГОВ**

**Герцен Т.А., Любимова Н.Ю., Любимова А.А.**

Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Россия,  
614999, Пермский край, г. Пермь, Комсомольский пр. д.29,  
+7(342)9223056178, E-mail: tanger59perm@yandex.ru

Практические занятия представляются нам наиболее важной и активной составляющей частью обучения. Этот вид занятий позволяет реализовать как индивидуальный подход к обучению, так и возможность работать в небольших (2-5 человек) группах и всей учебной группе в целом, то есть является достаточно гибким инструментом.

Актуальным является не только поиск учебных материалов и их организация, но и разработка оптимальных методов, приемов и средств проведения практических занятий, способствующих активной работе всех студентов на занятии и создающих мотивацию для самостоятельной домашней работы. Это особенно важно при сокращении учебных часов.

Поэтому целью данной работы являлась разработка и реализация схем проведения практических задач для максимального вовлечения студентов-биотехнологов в работу и всестороннего обсуждения той или иной проблемы.

Например, структура занятия может выглядеть следующим образом.

Начало занятия – 10-15 минут – актуализация лекционного материала, работа с конспектом – в виде вопросов и ответов. Каждый студент в ходе занятия ведет краткий «практический конспект». Письменно отвечает на вопросы, делает записи, чертежи. Преподавателем параллельно могут демонстрироваться слайды, на которых даются ответы и сопровождение ответов иллюстрациями – рисунком, анимацией или реальной демонстрацией явления. Можно снять даже небольшие видео-ролики со своими пояснениями – это тоже войдет в результаты работы. Затем идет решение задач индивидуально или группами. Все решения выносятся на доску для обсуждения.

В качестве примера в данной работе рассмотрена схема проведения практических занятий в группе студентов-биотехнологов по теме «Тепловое излучение». Выпускающие кафедры часто обращаются с просьбой отнестись к этой теме более внимательно, обратить внимание на химико-биологический аспект явлений. Именно при изучении этой темы требуется наглядное представление явлений, использование пирометров. Таким образом, динамично, с малыми затратами времени, удается практически на каждом занятии провести опрос (тестирование), рассмотреть до 10 ситуаций в виде задач, описания опытов, практического использования.

Важно, что при этом удается уйти от набора мелких «частностей» в виде отдельных задач к большей степени обобщенности (на доске имеем сразу одновременно ряд ситуаций до 10 и более). И уже можно проводить сравнение, анализ, обобщение, то есть повысить степень фундаментальности.

## **АДАПТАЦИЯ ПЕРВОКУРСНИКОВ К ИЗУЧЕНИЮ МАТЕМАТИКИ В ИНЖЕНЕРНОМ ВУЗЕ**

**Голицына И.А.**

Ярославское высшее военное училище противовоздушной обороны

На современном этапе развития общества возрастает роль инженерного образования. Инженерное образование призвано обеспечить решение сложных технологических и технических проблем. Современный инженер не только должен обладать узкоспециализированными инженерными знаниями, но и фундаментальными знаниями, в том числе по математике. Под адаптацией в контексте образовательного процесса понимают процесс формирования механизма приспособления к новым для первокурсников требованиям и условиям образования. Как показывает опыт, большинство первокурсников поступают в инженерные вузы с недостаточной математической подготовкой, что значительно затрудняет процесс адаптации к изучению математики в инженерном вузе.

В ходе нашего исследования мы использовали различные методики, такие, как опросы, индивидуальные собеседования, анализ успеваемости. В течение семестра мы используем два вида тестового контроля: входной контроль остаточных знаний по математике и тест на результативность проведённой коррекции проблем в остаточных знаниях. Среди проблем, с которыми сталкиваются первокурсники при переходе из школы в вуз можно отметить различия в подходе к обучению в школе и в инженерном вузе и повышенные требования к самостоятельной работе. Студент-первокурсник не сразу осознаёт, что ведущей формой организации образовательного процесса в вузе является самостоятельная работа студентов, что на практических занятиях студенты должны представить результаты самостоятельно отработанной лекции. Сложность адаптационного периода обучения математике на первом семестре связана и с тем, что семестр заканчивается зачётом с оценкой, на подготовку к которому не выделяется ни дня подготовки.

Мы полагаем, что к факторам успешной адаптации первокурсников к изучению математики в инженерном вузе является предварительная подготовка, поддержка со стороны преподавателей математики, активное вовлечение в учебный процесс.

В докладе представлен опыт эффективного использования разработанного нами методического обеспечения поддержки студентов в период адаптации к изучению математики в инженерном вузе.

## ПЕРВООБРАЗНЫЕ НЕПРЕРЫВНЫХ ФУНКЦИЙ: ПОДХОДЫ БЕЗ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СУММ (АЛЬТЕРНАТИВНОЕ ПОСТРОЕНИЕ ТЕОРИИ ИНТЕГРАЛОВ)

Довбыш С.А.

СУНЦ имени А.Н.Колмогорова МГУ имени М.В.Ломоносова, МГТУ им. Н.Е.Баумана,  
e-mail: sdovbysh@yandex.ru

Начала интегрального исчисления являются базовым разделом математического анализа, который изучается обычно сразу после дифференциального исчисления. Однако общепринятое изложение теории определённого интеграла, основанное на введении интегральных сумм, оказывается сложным для изучения и возникает вопрос о возможности более простого подхода к построению теории. Была обнаружена литература, предлагающая альтернативные подходы, основанные на непосредственном построении первообразных. Однако, эти подходы отражены только в нескольких учебниках и англоязычных статьях и остаются практически неизвестными.

Исторически развивались две равносильные трактовки определённого интеграла:

1) геометрическая (интеграл Римана или интеграл Дарбу или Дарбу-Римана): интеграл, трактуемый как площадь криволинейной трапеции под графиком, строго определяется через интегральные суммы.

2) кинематическая (интеграл Ньютона): интеграл от функции  $f(x)$  – изменение ординаты  $F(x)$  точки в зависимости от момента времени  $x$  при движении по прямой с мгновенной скоростью  $f(x)$ , т.е. функция  $F(x)$  – первообразная для  $f(x)$ .

Н.Н.Лузин отмечал, что первый, общепринятый способ введения интеграла «очень труден и, надо сознаться, не только непригоден для начинающих, но и исторически как раз обратен тому пути, который первоначально был пройден наукой. ... это доказательство – длинное, трудное и недоступное для начинающих».

Только в 1904-1905 г.г. А.Лебег дал самодостаточное построение интеграла в рамках второй трактовки, т.е. предложил доказательство существования первообразной непрерывной функции, не опирающееся на использование определённого интеграла. Идея заключалась в равномерной аппроксимации исходной функции непрерывными кусочно-линейными функциями, для которых первообразные будут кусочно-квадратичными функциями, что позволяет записать искомую первообразную как подходящий предел кусочно-квадратичных функций. Аналогичный подход был развит Н.Бурбаки, который использовал аппроксимацию кусочно-постоянными (“ступенчатыми”) функциями. Наконец, в методе верхних функций Б.С.Томсона (2010) для аппроксимации также используются ступенчатые функции, но само понятие аппроксимации совершенно отличается от равномерной аппроксимации.

Подчеркнём, что в силу ряда причин можно сделать вывод о предпочтительности построения в учебном курсе теории определённого интеграла на основе кинематического, а не традиционного геометрического метода, если обсуждаются только непрерывные или кусочно-непрерывные подынтегральные функции.

## **ПРЕПОДАВАНИЕ МЕДИЦИНСКОЙ СТАТИСТИКИ НА БАЗЕ МОЙОФИС ТАБЛИЦА**

**Заречнев В.А.**

Кировский государственный медицинский университет, кафедра физики и мед.  
информатики Россия, 610998, г. Киров, ул. К. Маркса, д. 112, 8-953-693-89-66,  
zarechnev\_v@mail.ru

Разработанный автором курс выложен на его сайте [1]. Большой частью макрокоманды представлены в его учебных пособиях, выложенных на этом же сайте. Вообще говоря, для подготовки к восприятию статистики необходимо знакомство с базовыми операциями в Таблица, такими, как фиксация ячеек в формулах, вызов тех или иных встроенных функций, и этой цели служит книга “Финансовые исследования”. Здесь детально изучается ипотечный калькулятор и вытекающие из него ряд финансовых функций, а также те приемы, которые позволяют облегчить работу. На основе этих знаний сразу же переходим к дисперсионному анализу, вначале однофакторному, а потом и двухфакторному (без и с повторениями). Далее переходим к частному случаю однофакторного дисперсионного анализа для двух выборок - критерию Стьюдента. Значительное место занимают в курсе непараметрические критерии: аналог однофакторного дисперсионного анализа критерий Крускала-Уоллиса и непараметрические аналоги критерия Стьюдента - критерий Вилкоксона и Манна-Уитни. Ранговая корреляция представлена коэффициентами корреляции Спирмена и Фехнера, Хи-квадрат – четырехпольными таблицами и многострочными. Критерий Фишера для четырехпольных таблиц предусматривает расчет как одностороннего, так и двустороннего критерия. Наконец, выживаемость представлена режимом Каплан-Мейер. Затем приходим к реализации дискриминантного анализа путем построения классифицирующих функций. Для получения их параметров используем одну из макрокоманд книги “Анализ данных” и повторяем эти вычисления с использованием макрокоманд книги “Матричные функции”. После этого переходим к регрессионному анализу и пошаговой регрессии, получению матриц парных и частных коэффициентов корреляции. Получаем коэффициенты регрессии с помощью макрокоманды книги “Анализ данных” и воспроизводим их с помощью макрокоманды книги “Матричные функции”. Реализована также пошаговая регрессия. В качестве примера искусственных нейронных сетей рассмотрена реализация макрокоманды “перцептрон”.

### **Литература.**

1. <https://zarechnev.v>

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРОЕКТНЫЕ ИНТЕНСИВЫ ДЛЯ СТУДЕНТОВ ФИЗИКОВ И МАТЕМАТИКОВ - БУДУЩИХ ПЕДАГОГОВ

**Каманин Д.В., Ломаченков И.А., Ширков П.Д.**

Объединенный институт ядерных исследований, г. Дубна, pdshirkov@gmail.com

Предметная компетентность педагогов является ключевой компетенцией, которая способна поднять качество подготовки выпускников школ. В работе предлагается курс интенсивного погружения студентов физико-математических специальностей вузов – будущих педагогов, в учебно-методическую и экспериментально-исследовательскую деятельность, которая своим содержанием дополняет вузовские разделы физики и математики [1], связанные с основными методами этих фундаментальных наук и их прикладным предназначения.

Курс ориентирован на учащихся 2-3 курса и рассчитан на 72 часа аудиторных занятий. Он содержит 2 мастер-класса проводимых опытными наставниками:

1.) Практикум по экспериментальной физике (разделы «кинематика и механика», «газовые законы», «электричество и магнетизм»), выполняемый на оборудовании УНЦ ОИЯИ. Продолжительность – 24 часа.

2.) Практикум по проектному обучению исследовательской деятельности на основе методологии моделирования [2] в области физики и математики. Продолжительность – 36 часов.

Практическая деятельность слушателей курсов дополняется теоретической частью – лекциями ведущих специалистов ОИЯИ, экскурсиями на действующие установки Института и знакомством с новым учебником физики для инженерных классов [3]. Продолжительность – 12 часов.

Оптимальное время для организации таких курсов погружения – зимние и/или летние студенческие каникулы. Стандартное количество слушателей – 24-30 человек. Предполагаемая география участников – представители вузов России из мест дислокации информационных центров ОИЯИ [4]. Возможны и другие принципы формирования групп слушателей.

Частичная апробация курса прошла в рамках 36й Международной Компьютерной Школы в июле 2024 года в Дубне, в которой приняли участие студенты Камчатского государственного университета, Дальневосточного федерального университета и Северо-Осетинского государственного университета (всего 12 человек).

### **Литература.**

1. <https://fgos.ru/fgos/fgos-03-03-01-prikladnye-matematika-i-fizika-890>
2. Захарьева Н.Л., Хозиев В.Б., Ширков П.Д., «Моделирование и образование». // Журнал «Математическое моделирование», т. 11, № 5, 1999г. – с. 101-116.
3. Белая В.В. и др. Физика: инженеры будущего (7-9 класс: углубленный уровень). // Учебники в 2х частях под ред. Ю.А. Панебратцева. – М.: «Просвещение», 2024.
4. <https://www.jinr.ru/about/informatsionnye-tsentry/>

## ПРЕДСТАВЛЕНИЕ УЧЕБНОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ БАКАЛАВРОВ В ЦИФРОВОЙ СРЕДЕ

**Коннова Л.П.**

ФГОБУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации», ,  
Россия, Москва, 125993, Москва, Россия, Ленинградский проспект, 49, lpkonnova@fa.ru

Активное развитие цифровизации образования способствует изменению форм представления учебной информации, сформулированы базовые подходы и требования к электронным учебным пособиям, разрабатываются учебники по математике, ориентированные на конкретные программы и направления обучения.

В докладе представлен новый формат электронных учебников по высшей математике: «Линейная алгебра ПРОСТО!» [1] и «Математический анализ ПРОСТО!» [2], основанный на визуализации и дозируемости учебного текста. Главной идеей структуры учебников является представление содержания учебной темы в виде таблицы-схемы с возможностью навигации по разделам с пошаговым решением соответствующих задач. Акцент учебников сделан на практическую составляющую курса с минимальным объемом теории. При разборе задач активно используются приемы выделения цветом, всплывающие формулы, правила и подсказки, структурно-логические схемы и другие приемы визуализации.

Учебники подобного формата можно рекомендовать студентам первого курса бакалавриата для самостоятельной работы и подготовке к контрольным мероприятиям. Особенно полезны они будут для отдельных категорий обучающихся, таких как: студенты дистанционной формы обучения, иностранные студенты, получающие образование в России, студенты с ограниченными возможностями здоровья, а также студенты, которые испытывают сложности в освоении высшей математики. Практическую значимость несет возможность реализации такого формата для создания учебников по различным дисциплинам высшей школы. Предлагаемые учебники являются дополнительными к базовым учебникам по соответствующим разделам высшей математики. По нашему мнению, такое разнообразие форм учебной литературы является основой для индивидуализации образовательного процесса.

### **Литература.**

1. Коннова Л. П., Степанян И.К. Линейная алгебра просто!: Учебник для бакалавриата. Москва: Общество с ограниченной ответственностью "Издательство Прометей", 2022. 570 с.
2. Коннова Л. П., Степанян И.К. Математический анализ просто!: Учебник / Москва: Общество с ограниченной ответственностью "Издательство Прометей", 2023. 1256 с.

## **О НЕКОТОРЫХ ПРОБЛЕМАХ ИЗУЧЕНИЯ ТЕМЫ «ИНТЕГРАЛЬНОЕ ИСЧИСЛЕНИЕ ФУНКЦИЙ» В ЭКОНОМИЧЕСКОМ ВУЗЕ**

**Липагина Л.В.**

Финансовый университет при Правительстве РФ, Россия, 125167, Москва,  
Ленинградский проспект, 49/2, E-mail: LLipagina@fa.ru

Традиционно для студентов экономических программ обучения раздел «Интегральное исчисление функций» математического анализа является трудным для освоения. Это обусловлено не только естественными проблемами понимания любой обратной математической операции. Причинами высокой трудоемкости интегрального исчисления для бывших школьников являются:

- 1) незнание основных формул производных и интегралов;
- 2) неумение различать семантические конструкции в математике;
- 3) отсутствие представления о связях между различными темами математики;
- 4) невостребованность полученных при изучении интегрального исчисления компетенций в профессиональных дисциплинах;
- 5) наличие огромного числа цифровых приложений для онлайн-решения математических задач.

Однако, вычисление интегралов систематизирует практически весь материал математического анализа [1]. Изучение интегрального исчисления способствует пониманию основных экономических концепций и является математическим инструментом для построения и исследования экономических моделей.

В докладе анализируются базовые компетенции, необходимые для успешного изучения теории интегралов, а также основные проблемы, с которыми сталкиваются обучающиеся при этом.

### **Литература.**

1. Виноградова Ю.А., Иванова О.К., Яновская Е.А. Систематизация процесса усвоения материала по теме «интегральное исчисление» (методический аспект) //Современные проблемы науки и образования. – 2018. – № 5; URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=28163> (дата обращения: 19.11.2024).

## СИНЕРГЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ САМООРГАНИЗАЦИИ ТВОРЧЕСКОЙ ЛИЧНОСТИ

Лисицкая Е.В.

ОГАПОУ МО «Московский Губернский колледж искусств», Россия, 123103, Москва,  
89163276011, levgia@yandex.ru

Памяти Гернет Н.Д.

*«Творчество – это интеллект, получающий удовольствие»*

*А. Эйнштейн*

В современном мире необходимость нового качества сознания человека, вызванная технологическими переменами, подчеркивает важность многовековых исследований процессов воспитания творческой личности, в частности, в работах К. Вентцеля. Междисциплинарный подход, включающий музыкальное искусство в сообщество наук, позволяет рассматривать явление самоорганизации творческой личности, в том числе музыкальной, с позиции «всеединства» интеграции наук, предложенной Д.С. Чернавским. Изучение процесса самоорганизации происходит во многих науках, имея общности и различия. Рассматривая самоорганизацию как элемент творчества, важными факторами становятся гармония, эмерджентность, рациональность, и т.д. Современные методы синергетики позволяют исследовать механизм самоорганизации с целью осознания закономерностей и повышения качества интеллектуальной деятельности. Обычно в творческом процессе (ТП) выделяют несколько этапов: э1. постановки цели ТЛ; э2. постановка задачи ТЛ; э3. Неосознанная работа над задачей ТЛ; э4. Рождение ключа к решению задачи ТЛ; э5. Разработка механизма решения задачи ТЛ; э6. получение результата ТЛ. Успешность ТЛ существенно зависит от умения ТЛ организовать себя, свое время, действия и т.д. Накопленный положительный опыт организации производственной деятельности позволяет утверждать, что самоорганизация ТЛ это способности: а1. Формировать цель ТЛ; а2. Организовать творческую деятельность ТЛ (внутреннюю структуру ТЛ, поведение в процессе творчества и т.д.); а3. Календарно планировать реализации ТЛ; а4. Четко контролировать реализацию плана. Выделяют базовые способности ТЛ: с1. Интеллектуально-информационные способности интеллекта ТЛ; с2. Способности применения интеллектуальных технологий ИИ; с3. Способности эмоционального интеллекта; с4. Практические способности ТЛ. На основе базовых способностей  $C_j$ ,  $j = \overline{1,4}$  формируется каждая из способностей  $a_i$ ,  $j = \overline{1,4}$ . Для этого строится иерархическая модель ИП влияния базовых способностей ТЛ на фокус проблемы (улучшение качества ИП). На следующем уровне находятся  $\bar{E}_i$ , затем  $a_j$ . Нижний уровень иерархии образуют базовые способности  $C_i$ . На основе глобальных приоритетов базовых способностей, найденных с помощью МАИ, формируют состав базовых способностей, определяющих способности  $a_j$ , обеспечивающих самоорганизацию ТЛ при реализации ТП. Полученные результаты дают возможность понять творческий процесс, интеллектуально развить способности сознания человека, объединить современные рациональные методы с гуманитарным наследием.

## ФРАКТАЛ КАК ГЕН (ФОРМО)ОБРАЗОВАНИЯ

Малинецкий Г.Г.<sup>1</sup>, Полтаракова В.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт прикладной математики им. М. В. Келдыша РАН, Россия, 125047, Москва, пл. Миусская, д. 4, +7 499 978-13-14, GMalin@keldysh.ru

<sup>2</sup>Тверской государственной университет, Россия, 170100, г. Тверь, ул. Желябова, д.33, +7 4822 32-15-50, V.poltarakova@gmail.com

О поиске содержаний, способных обеспечить качественный «прорыв» России в образовании: чтобы создавать технологии нужна прикладная наука, основная часть которой в нашей стране была разгромлена в 1990-е гг. Закупка или кража чужого ведет к неизбежному отставанию. Надо иметь своё! России нужен образовательный суверенитет!

Формирование междисциплинарной системы понятий видится одним из первоочередных шагов. Одним из таких понятий, безусловно, является фрактальность. Представление о ней необходимо ввести в образовательные системы всех уровней. Фрактальность определяется нашей психологией, она же характерна для сложных систем и структур. То, что мы создаем в технологической сфере, имеет фрактальную структуру, равно как и социальные сети. Наличие фрактальных структур означает совершенно иной тип взаимодействия [1].

Фрактальность оказалась ключевым понятием в экономике, социологии, урбанистике, синергетических концепциях. Фрактальная концепция претендует на статус новой научной парадигмы. Волошинов А.В.: «Фрактал есть ген формообразования..., который приводит к огромному многообразию конкретных структур на конкретных стадиях развития. Во фрактальных структурах проявляется яркое выражение главного эстетического принципа Гераклита – принципа единства в многообразии» [2, с. 75]. Бранский В.П.: «Животной скуке «всеобщего потребления» суператтракторный эстетизм противопоставляет вечное, стихийное и всепоглощающее движение к абсолютной красоте» [3]. «Фрактал – это не конечная форма, а закон построения этой формы. Фрактальная геометрия есть геометрия хаоса, хаос же – условие нового порядка, результат самоорганизации» [4].

### Литература

1. *Мандельброт, Б. Б.* Фрактальная геометрия природы / пер. с англ. А. Р. Логунова. — Москва: Интернет компьютерных исследований, 2002. — 656 с.
2. *Волошинов А.В.* Математика и искусство. - Москва: Просвещение, 2000. – 399 с.
3. *Бранский В. П.* Роль философии в формировании и восприятии художественного произведения на примере истории живописи // *Искусство и философия* - Калининград: Янтарный сказ, 1999. - 703 с.
4. *Бабич В.Н., Колясников В.А.* Фрактальные структуры в планировке и застройке города. – Академический вестник УРАЛНИИПРОЕКТ 2, 2009

## **НАСТОЛЬНЫЕ РАЗВИВАЮЩИЕ ИГРЫ КАК ОДИН ИЗ МЕТОДОВ ГЕЙМИФИКАЦИИ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**Мусихина О.М., Солянова И.А.<sup>1</sup>**

РФ, Москва, omusikhina@yandex.ru

<sup>1</sup>РФ, Москва, solyanovainna@mail.ru

В настоящее время все большую популярность приобретает геймификация образования, то есть внедрение игровых форм в образовательный процесс, причем этот подход к обучению является эффективным для разных возрастных категорий учащихся, как для детей, так и для взрослых.

Введение элементов игры в образовательный процесс помогает эффективно решать ряд задач, таких, например, как создание дополнительной мотивации учащихся, большая эмоциональная вовлеченность и, как следствие, лучшее усвоение учебного материала.

Квесты, викторины, квизы в формате настольных игр и других форматах с успехом используются преподавателями различных учебных заведений как один из методов преподавания.

Авторами была разработана настольная развивающая игра для детей и подростков под рабочим названием «Вселенная», целью которой является развитие коммуникативных навыков, внимания и мышления, а также повышение мотивации к учебе. С применением данной игры были проведены дополнительные развивающие занятия для воспитанников одного из центров содействия семейному воспитанию г.Москвы, причем авторами была получена положительная обратная связь как от администрации учреждения, так и от воспитанников - участников занятий.

Уникальность данной игры состоит в ее адаптивности под различные учебные задачи и различные возрастные категории учащихся, так как набор элементов и, соответственно, учебных заданий, из которых состоит игра, может меняться или расширяться по мере необходимости, что дает преподавателям широкие возможности по ее применению в образовательном процессе как в средней, так и в высшей школе.

## ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОГО ПЕДАГОГИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Новикова Г.В.

Факультет педагогического образования МГУ имени М.В. Ломоносова, Россия, 119991, г. Москва, Ленинские горы, д. 1 стр. 52, (495) 939-42-81, E-mail: novikg@rambler.ru

Главным вызовом педагогической профессии в настоящее время является огромный разрыв между декларируемыми целями педагогической деятельности и реальностью современной образовательной среды школы и вуза. Несмотря на принятый стандарт профессии педагога, отсутствует единое понимание профессиональных функций педагога, компетентностный подход не дает надежных измерений для оценки готовности педагога к профессиональной деятельности. Дефицит педагогических кадров в школах России неоднократно обсуждался в Российском Союзе Ректоров, по официальным данным этот дефицит составляет от 1% до 10%, в среднем 3,7% [1].

Педагогическое образование страдает от недостатка педагогической практики и необходимости освоения множества теоретических концепций и подходов. Будущие педагоги обязаны изучить различные понятийные системы: кроме общепринятых личностно-ориентированного и компетентностного подходов, в программах обучения представлены системный и системно-деятельностный, аксиологический, культурологический, диалогический, коммуникативный, субъектный и антропологический педагогические подходы. Очень малое внимание уделяется непосредственно дидактике. О необходимости создания целостного образа профессии говорят ректоры педагогических вузов [2]. Даже хорошо подготовленный педагог будет испытывать сложности преподавания предмета школьникам, которые слабо овладели общеучебными умениями и навыками, таких школьников насчитывается 35% [3, С. 10].

### Литература.

1. Холина М. Острота дефицита кадров в большей степени связана с недостатком учителей-предметников. [Электронный ресурс] URL: <https://rsr-online.ru/news/2024/2/20/ostrot-a-deficita-kadrov-svyazana-v-bolshej-stepeni-s-nedostatkom-uchitelej-predmetnikov/> (Дата обращения 10.11.2024)
2. Бологов В.А., Левицкий М.Л., Реморенко И.М., Сериков В.В. Педагогическое образование в контексте вызовов и проблем XXI века: актуальность трансформации // Педагогическое образование в современной России: стратегические ориентиры развития : монография / Южный федеральный университет ; научный редактор Ю. П. Зинченко. – Ростов-на-Дону ; Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2020. 612 с.
3. Основные результаты российских учащихся в международном исследовании читательской, математической и естественнонаучной грамотности PISA<sup>2018</sup> и их интерпретация / Адамович К. А., Капуза А. В., Захаров А. Б., Фрумин И. Д.; Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Институт образования. М.: НИУ ВШЭ, 2019. 28 с. (Факты образования № 2(25)).

## О ВИЗУАЛИЗАЦИИ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПРИЛОЖЕНИЙ МАТЕМАТИКИ В СОВРЕМЕННОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ

Олехова Елена Федоровна

Финансовый университет при Правительстве РФ, Россия, ГСП-3, 125993  
Москва, Ленинградский проспект, 49, oলেখova@yandex.ru

В докладе обсуждается опыт использования в Финансовом университете при Правительстве РФ современных информационных технологий в элементах электронных учебных курсов (ЭУК) на базе LMS Moodle по математике, основанных на визуализации.

Актуальность работы обусловлена широким распространением моделей смешанного и дистанционного обучения в последние годы и использованием ЭУК. В Финансовом университете несколько лет активно используются ЭУК по дисциплинам «Математика» и «Цифровая математика» на базе LMS Moodle для поддержки соответствующих основных дисциплин. Новизна работы заключается в анализе и обобщении опыта разработки электронных курсов, банков вопросов и систем оценивания.

Цель работы заключалась в разработке некоторых элементов ЭУК по математике и тестовых вопросов, использующих геометрическую интерпретацию дифференциального и интегрального исчисления и экономических приложений математики. Тестовые вопросы по математике имеют свои особенности [1, 2] и при их разработке использовались различные модели построения и сложные многоуровневые системы оценивания [2, 3]. В докладе приводятся результаты анализа различных подходов конструирования тестовых вопросов с визуализацией, их преимущества и недостатки.

Опыт использования ЭУК в учебном процессе также показал актуальность разработки тестов различного назначения (теоретических, домашних заданий, контрольных и для самостоятельной работы студентов). Использование элементов визуализации позволяет расширить возможности представления учебных материалов и способствует более глубокому изучению предмета.

Таким образом, анализируя различные подходы к разработке элементов ЭУК и обобщая опыт использования разнообразных инструментов и технологий, появляется возможность более эффективного использования возможностей систем типа LMS Moodle в учебном процессе и разработки более гибких систем оценивания.

### Литература.

1. Олехова Е.Ф. К вопросу о генерации тестовых вопросов по математике в LMS MOODLE // *«Современная математика и концепции инновационного математического образования»*. – М: Издательский дом МФО, 2021. **Т.8**. №1. – С. 360–366.

2. Олехова Е.Ф. О некоторых оценках качества тестовых вопросов// *«Современная математика и концепции инновационного математического образования»*. – М: Издательский дом МФО, 2022. **Т.9**. №1. – С. 272–280.

3. Konnova L.P., Lipagina L.V., Olekhova E.F., Ryllov A.A., Stepanyan I.K. Problems of assessing students' knowledge in mathematics using LMS Moodle // III International Scientific and Practical Conference "Transformation of the Labor Market: Risks, Trust, Prospects of International Communications", SHS Web Conf., Volume 125, 2021.  
<https://doi.org/10.1051/shsconf/202112505011>

## **ОРГАНИЗАЦИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО МАТЕМАТИКЕ СТУДЕНТОВ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ВУЗОВ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ОБРАЗОВАНИЯ**

**Постовалова Г.А.**

Россия, Москва, Ленинградский пр.,49,тел.+79265645981

В нашей стране взят курс на построение цифровой экономики. Осуществление поставленной задачи невозможно без цифровой трансформации образования, без воспитания нового поколения, обладающего необходимыми умениями, навыками, определенными качествами личности, а значит без перехода от массового образования для всех к качественному образованию и всестороннему развитию личности каждого.

Национальная программа «Цифровая экономика» дает толчок для изменений в сфере образования. В Новом Федеральном государственном образовательном стандарте оговаривается необходимость формирования у каждого студента способности управлять собственным обучением. Системное применение ЦТ в обучении позволит обогатить совокупность методов и инструментов учебной работы, повысить ее эффективность и привести к экономии времени как обучающихся, так и обучающихся; совершенствовать различные формы организации учебного процесса, предоставить учащимся возможности развития и удовлетворения познавательных интересов; усилить мотивацию к учению, к самостоятельному выбору образовательной траектории, к личной ответственности учащегося за результаты обучения.

Преподаватели кафедры математики давно начали использовать мощные возможности компьютерных технологий для организации процесса обучения. Создана компьютерная база задач по всем разделам и изучаемым темам, аудиторные и домашние контрольные работы с генерацией вариантов, домашние задания и самостоятельные работы к каждому семинарскому занятию с моментальной оценкой результатов, экзаменационные и зачетные билеты с генерацией индивидуального варианта для каждого обучаемого и оцениванием результата, онлайн-курс "Вспомнить все! Школьная математика для первокурсников!", компьютерный практикум. Разработка и применение компьютерного практикума дала возможность решения более сложных математических задач с использованием компьютера, а также возможность формирования обобщенных методов решения типовых экономических задач. Такая работа позволила улучшить навыки студентов в применении математических инструментов, а также повысить общий уровень их мотивации.

1. Коннова, Л.П.,Липагина, Л.В.,Постовалова, Г.А.,Рылов, А.А.,Степанян, И.К. Адаптивный онлайн-курс по математике:опыт создания и реализации // Бизнес.Образование.Право.-2020.-№1 (50).-С.436-446.

2. Коннова, Л.П.,Липагина, Л.В.,Постовалова, Г.А.,Рылов, А.А.,Степанян, И.К. Особенности создания адаптивного онлайн-курса по математике для первокурсников.//Современная математика и концепции инновационного математического образования.-2019. Т.6.-№1.-С.322-332.

3. Konnova,L., Lipagina,L., Postovalova,G., Rylov,A., Stepanyan,I. Designing Adaptive Online Mathematics Course Based On Individualization Learning.//Education Sciences.-2019. Т.9.-№3.-С.182.

## ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ КООПЕРАЦИЯ МЕЖДУ КЛЕТКАМИ КАК ЕСТЕСТВЕННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

**Потапова Т.В**

Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, НИИ физико-химической биологии имени А.Н. Белозерского. Россия, 119192, г. Москва, Ленинские горы 1, стр.40, факс: (495) 9393181, e-mail: [potapova@belozersky.msu.ru](mailto:potapova@belozersky.msu.ru)

Согласно концепции естественных технологий биологических систем [1], все живые организмы на Земле близки друг другу не только единым генетическим кодом, но и характером протекающих в них процессов: природа не изобретала на каждом эволюционном шагу новые молекулярные механизмы, но бережно и по-хозяйски использовала вновь и вновь наиболее удачные технологии, которые у разных видов могут отличаться некоторыми деталями. Благодаря этому, можно в конкретных экспериментальных исследованиях сосредотачивать внимание на десятках видов-представителей, используя их как модельные объекты. Связь мембранного электрогенеза с энергетикой [2], безусловно, является важнейшей универсальной естественной технологией. При этом, наличие между клетками проницаемых контактов позволяет передавать энергию с помощью электрических токов [3]. Подобного рода локальную «энергетическую кооперацию» следует отнести к универсальной технологии как присущую многоклеточным системам на разных ветвях эволюционного древа жизни [3, 4]. Удобная модель для количественного анализа этого явления - поляризованный верхушечный рост гриба-аскомицета *N.crassa*. Наличие энергетической кооперации с помощью электрической связи через ПК создает в системе живых клеток локальные электрические токи и локальные электрические поля, которые могут влиять на самоорганизацию внутриклеточных структур и на работу генома. Исследовать детали этих процессов также удобно, используя как теоретическую и экспериментальную модель гифы *N.crassa* [4].

### Литература.

1. Уголев А.М. Естественные технологии биологических система. Л.: Наука. 1987. 317 стр.
2. Скулачев В.П., Богачев А.В., Каспаринский Ф.О. Мембранная биоэнергетика. М: Изд-во Моск. Ун-та. 2010. 368 с.
3. Асланиди К.Б., Потапова Т.В., Чайлахян Л.М. Транспорт энергии через высокопроницаемые контактные мембраны. Биол. Мембр. Т. 5. № 6. 1988. Стр. 613 — 620.
4. Потапова Т.В. Мембранная биоэнергетика и разделение труда в системах электрически связанных клеток. Цитология. Т. 63. № 1. 2021. Стр 1-12.

## ФИЛОСОФСКИЕ ПРОГУЛКИ С ДЕТЬМИ ДО 10-12 ЛЕТ

Потапова Т.В., Петрова Ю.В.<sup>1</sup>, Попинако А.В.<sup>2</sup>

Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, НИИ физико-химической биологии имени А.Н. Белозерского, Россия, 119192, г. Москва, Ленинские горы 1, стр. 40, факс: (495) 9393181, e-mail: [potapova@belozersky.msu.ru](mailto:potapova@belozersky.msu.ru)  
<sup>1</sup>ГБОУ «Школа №37» г. Москвы, Россия, 119192, г. Москва, ул. Столетова, д.3  
<sup>2</sup>ФИЦ «Фундаментальные основы биотехнологии» РАН, ИНБИ имени А.Н. Баха, 119071, Россия, г. Москва, Ленинский проспект, дом 33, строение 2

Еще в XIX в. основоположник отечественной начальной педагогики выпускник Московского университета К. Д. Ушинский утверждал, что естествознание совершенно необходимо для умственного развития ребенка, т.к. логика природы есть самая доступная логика для детей — наглядная и неопровержимая [1]. В 2014-2023 гг. в рамках программы «Человек и Природа: первые шаги» НИИ ФХБ имени А.Н. Белозерского МГУ накоплен и опубликован [2 — 4] богатый опыт объединения усилий ученых, педагогов и родителей по научному просвещению детей до 10-12 лет. На базе этого опыта был реализован проект «Семейная школа имени К.Д. Ушинского» [5] в период с апреля по октябрь 2024 г. во внеурочное время на безвозмездной основе в честь 270-летия Московского университета и 200-летнего юбилея К.Д. Ушинского. Благодаря знакомству с работой коллег-философов МГУ на летней школе для учителей — 2024 «Развитие мотиваций научной деятельности у детей до 10-12 лет» [6], в нашу практику вошла такая инновация как философские прогулки. В сентябре семья с детьми, опираясь на составленную учеными карту-схему расположения деревьев и кустарников (37 видов) вокруг Лабораторного корпуса «А» МГУ, собрали гербарии из листьев и выбрали любимые деревья для бесед на общей философской прогулке 21 сентября. После прогулки все с удовольствием работали в творческой мастерской над изготовлением художественных композиций из ягод, листочков, цветов и семян на донышках чашек Петри, смазанных пластилином. Живая природа, окружающая детей во время таких философских прогулок, добавляет много новых каверзных вопросов, что всегда требует срочного совместного поиска взрослым и ребенком правильных ответов и соединяет поколения от 3-летних внучат до бабушек и дедушек в восторге от совместного обсуждения мудрых законов природы.

### Литература.

1. *Ушинский К.Д.* Родное слово. Новосибирск.: Детская литература. 1994. 424 стр.
2. *Потапова Т.В.* Исследование природы вместе с детьми. М.: Лазурь. 2015. 256 с.
3. *Потапова Т.В.* Человек и Природа. Первые шаги. М.: Изд-во МГУ. 2020. 176 с.
4. <http://belozersky.msu.ru/links.chip>.
5. <https://www.belozersky.msu.ru/ru/links/chip/shkola-imeni-ushinskiogo-2024>.
6. <https://www.belozersky.msu.ru/ru/links/chip/otchet-i-sbornik-dokladov-letnej-shkolyi-dlya-uchitelej-ijun-2024>.

## ВНЕДРЕНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В УЧЕБНЫЙ ПРОЦЕСС

Секаева Л.Р.

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Российская Федерация, 420111,  
г. Казань, Кремлевская, 35, к.2, Институт математики и механики имени  
Н.И. Лобачевского, LRSekaeva@gmail.com

Современные средства информационных технологий позволяют не только получать готовую информацию из различных источников, но и проводить сбор и анализ информации, чтобы затем самостоятельно сделать выводы и получить результаты.

Появление новых средств информационных технологий в российском образовании, обусловленных социально-экономическими новациями, вхождением общеобразовательных учреждений в рыночные отношения, систематическим изменением состава и объема учебных дисциплин, а также трансформацией роли преподавателя, требует и новых подходов к организации процесса обучения предмету.

Нововведения в области образования могут быть связаны с различными условиями, в том числе и с использованием информационных технологий. Учитывая возросшие возможности сети Интернет, под информационными технологиями в системе обучения будем понимать совокупность технических средств и возможностей глобальной сети, обеспечивающих непрерывное получение и обработку информации с целью ее использования для расширения знаний студентов. Инновационно-информационные технологии – это методики преподавания и обучения, направленные на использование совокупности средств и методов взаимодействия между преподавателем и обучающимися с помощью информационных технологий и интерактивного оборудования, помогающего в преобразовании информации общего характера в личные знания и умения.

### Литература

1. Секаева Л.Р. Математика. Задачи и упражнения. Часть 1: учебное пособие для вузов / Л.Р. Секаева. – Санкт-Петербург: Лань, 2024. – 192 с. – ISBN 978-5-507-48644-1.
2. Секаева Л.Р. Математика. Задачи и упражнения. Часть 2: учебное пособие для вузов / Л.Р. Секаева. – Санкт-Петербург: Лань, 2024. – 152 с. – ISBN 978-5-507-49036-3.
3. Секаева Л.Р. Математика\_Менеджмент. Сервис. Торговое дело\_1 к, 2 с. <https://stepik.org/course/195221>.
4. Секаева Л.Р. Математика\_Медицинская биохимия\_2к, 4с. <https://stepik.org/course/194580>.
5. Секаева Л.Р. Математика\_Медицинская биохимия\_3к, 5с. <https://stepik.org/195525>.
6. Секаева Л.Р. Математика\_Фармация\_1к, 1с <https://stepik.org/194256>.
7. Секаева Л.Р. Высшая математика\_Архитектура\_2к, 3с. <https://stepik.org/209272>.
8. Секаева Л.Р. Математика. Курс лекций для студентов направления «Медицинская биофизика». Часть 2: учебное пособие для вузов / Л.Р. Секаева. – Санкт-Петербург: Лань, 2023. – 84 с.: ил. – ISBN 978-5-507-46877-5.
9. Секаева Л.Р. Математика. Курс лекций для студентов направления «Медицинская биофизика». Часть 1: учебное пособие для вузов / Л.Р. Секаева. – Санкт-Петербург: Лань, 2023. – 104 с.: ил. – ISBN 978-5-507-46876-8.

## ОСНОВЫ ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ В СТАРШЕЙ ШКОЛЕ

Сеннер С.А., Ширков П.Д.<sup>1</sup>

РХТУ им. Д.И. Менделеева, Россия, г. Москва, senser1976@mail.ru  
<sup>1</sup>ОИЯИ, Россия, г. Дубна, pdshirkov@gmail.com

Стремительное развитие вычислительной техники и систем программирования не снижает уровень требований на качество реализованных в них вспомогательных функций, ориентированных на решение прикладных задач в различных областях знаний и направлений деятельности человека. В тоже время, действующий и постоянно дополняющийся ФГОС в области как среднего (см., например, [1-2]), так и высшего образования требует от выпускников направлений, связанных с прикладным использованием средств математики, понимание не только предметного основания используемых методов и подходов, но и области и границы их применимости.

Описан курс основ прикладной математики, рассчитанный на 60-70 часов учебной нагрузки, как для учащихся старших классов специализированных школ с углубленным уровнем изучения математики, так и для студентов младших курсов инженерных и естественнонаучных специальностей. Содержание курса связано с разработкой алгоритмов и программ, основанных как на методе Монте-Карло, так на классических численных методах, и их тестировании. Курс содержит три раздела:

- Метод Монте-Карло в задачах геометрии (10-15 часов);
- Приближение функций с заданной погрешностью (10-15 часов);
- Приближенные методы интегрирования, решения уравнений и оптимизации (40 часов).

Материал может быть использован, например, в школе, в рамках дисциплин учебного плана «дополнительные главы математики» или «методы решения нестандартных задач», или на кружковых занятиях. Оптимальные сроки – 2е полугодие 10 класса и 1е полугодие 11 класса. Курс может выступить дополнительным и альтернативным направлением развития старшеклассников, не имеющих склонности к олимпиадной деятельности. Кроме того, содержательные идеи курса могут быть использованы для выполнения индивидуальных проектов школьниками в 10 классе.

Подход основан на опыте использования в реальном учебном процессе курсов прикладной направленности для специализированных классов, которые были организованы в 70-80е годы прошлого века при участии наукоёмких организаций, например, таких как ОИЯИ (г. Дубна) и ИПМ АН СССР им. М.В. Келдыша (г. Москва).

### Литература

1. [FGOS-OOO-na-17.02.2023.pdf \(ntf-iro.ru\)](#).
2. Хуторской А.В. Метапредметное содержание в стандартах нового поколения. // «Школьные технологии», 2012, №4. – М.: «Народное образование», 2012. – с. 36-47.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА СТУДЕНТАМИ ЭКОНОМИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ (НА ПРИМЕРЕ ВОЛГГТУ)**

**Симонова И.Э., Лепилкина А.В.**

ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» (ВолГГТУ),  
Россия, 400005, г. Волгоград, проспект им. В.И. Ленина, д. 28  
Тел.: +7 (988) 493-50-47, факс: 24-80-71,  
E-mail: [simonova-vstu@mail.ru](mailto:simonova-vstu@mail.ru)

В работе обсуждаются возможности использования искусственного интеллекта (ИИ) студентами экономических специальностей в вузе. Анализируется опыт применения систем ИИ студентами ВолГГТУ. Проведен сравнительный анализ степени использования студентами различных систем ИИ. Исследованы возможности чат-ботов на основе Chat-GPT при решении различных учебных задач. Для улучшения качества подготовки и обеспечения конкурентоспособности будущих специалистов-экономистов на рынке труда необходимо использовать возможности искусственного интеллекта. Цель работы: выявить наиболее популярные способы использования ИИ студентами экономических специальностей в учебном процессе. В ходе анкетирования, проведенного на платформе Google-forms, выяснилось, что около 93% студентов экономических специальностей используют ИИ практически во всех сферах учебной деятельности: от решения тестовых заданий (около 63%) до проверки собственных знаний (около 48%). Студенты-экономисты чаще всего используют ИИ для выполнения заданий по экономической теории (57.7%) и менеджменту (54.9%).

В ходе анкетирования были определены наиболее популярные Telegram-боты с Chat-GPT. Так как мнения студентов разделились, авторами было проведено дополнительное исследование, которое помогло выявить наиболее полезные для студентов-экономистов Telegram-боты. Ими оказались ChatGPT | Midjourney | Claude | Suno AI — GPT4Telegrambot Inc. и Chat AI Bot - Chat GPT | Midjourney | Claude | Gemini.

### **Литература.**

1. Симонова И. Э., Симонов А. Б., Тарасова И. А. Возможности использования искусственного интеллекта в обучении математике (на примере ВолГГТУ) // *Primo Aspectu*. № 4(60), 2024, С. 90-95.
2. Dr. Mohamed Chitatu. Aspects Of The Use Of Artificial Intelligence In Education – Analysis / *Eurasia Review*. 2024. URL: <https://www.eurasiareview.com/06022024-aspects-of-the-use-of-artificial-intelligence-in-education-analysis/>

## ПРОЕКТНОЕ ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ В МОНТЕССОРИ ШКОЛАХ

Смирнова Н.Н., Смирнов В.Ю., Ширков П.Д.<sup>1</sup>

МИМП, Россия, г. Москва, E-mail, 7282325@gmail.com

<sup>1</sup>ОИЯИ, Россия, г. Дубна, pdshirkov@gmail.com

Как быть учителям-Монтессорийцам, вступающим вместе со своими подопечными в «Джунгли» современного образования и его основу – физику, не имея за плечами соответствующего предметного базиса? Какой математике надо учить будущих выпускников, чтобы они стали востребованными специалистами? Как учителю естествознания и математики не только самому иначе взглянуть на предметное содержание своих дисциплин, но и помочь своим ученикам увидеть в нем не формулы, а смыслы, связи, отражение целостности Вселенной?

А ведь учащимся Монтессорийской системы придется проходить и итоговую аттестацию согласно действующим государственным правовым актам. ФГОС [1] задает вектор движения, но не дает метод, позволяющий решить эти (и не только...) противоречивые задачи, свойственные любой системе образования. Для частичного преодоления этих преград в работе предлагается использовать метод проектного обучения исследовательской деятельности, основанной на методологии моделирования [2]. Такой подход, предполагающий в условиях бережного наставничества со стороны более опытного педагога самостоятельного «открытия» учащимися ключевого предметного содержания дисциплины, не только позволяет участникам процесса обучения освоить основной инструмент познания – моделирование, но и помогает поддержать мотивацию учения, возвращает основным методам предмета их практическую сущность, восстанавливает межпредметные и метапредметные связи [3].

Для подготовки учителей Монтессори образования к использованию проектного подхода для возраста «9-12» и старше на базе Международного Института Монтессори Педагогики организован курс повышения квалификации, в рамках которого будущие наставники проектов разрабатывают содержания прикладных проектов по физике, математике и технологиям. В этом году слушателями были выбраны проектные направления, связанные с созданием собственной метеостанции, с проектированием и созданием конструкции строения, которое может быть перевезено в багажнике семейного автомобиля, с проектированием средства передвижения по воде.

### Литература.

1. FGOS-000-na-17.02.2023.pdf (ntf-iro.ru).
2. Захарьева Н.Л., Хозиев В.Б., Ширков П.Д., «Моделирование и образование». // Журнал «Математическое моделирование», т. 11, № 5, 1999г. – с. 101-116.
3. Хуторской А.В. Метапредметное содержание в стандартах нового поколения. // «Школьные технологии», 2012, №4. – М.: «Народное образование», 2012. – с. 36-47.

## ФИЗИКА ЭВОЛЮЦИИ В ФИЗИКЕ

Сомсиков В.М.

Алма-Ата, КазНУ им. аль-Фараби, vmsoms@rambler.ru

Проблемы организации и эволюции структур - ключевые для физики. Они относятся к физике эволюции, задача которой - изучение механизмов возникновения, развития и распад структур материи в рамках законов физики. Эволюция, наряду с движениями и взаимодействиями - неотъемлемое свойство материи. Но если изучение динамики и взаимодействия объектов материи достигло совершенства, то этого нельзя сказать относительно эволюции. Это связано с огромными проблемами, возникающими на пути ее построения [1,2]. Главные среди них - фрагментарность и противоречивость разделов физики, несогласованность используемых в них методов. Фрагментарность физики, главным образом, заключается в том, что она может быть представлена в виде двух важных разделов. В первом разделе, опираясь на формализмы классической механики решаются задачи динамики взаимодействующих объектов. Но следующая из законов механики обратимость динамики, исключает возможность описания эволюции [3]. Во втором разделе изучается внутреннее состояние тел без учета роли динамики тел в его изменении. Для этого используются методы стат. физики. Они исключают принципы причинности, требование единство мира и его эволюционное происхождение [4]. Отсюда главное противоречие между разделами - обратимость классической механики и необратимость эволюционных процессов. Но процессы эволюции определяются взаимосвязью динамики тел и изменениями их внутренних состояний. Отсюда для ее описания необходимо было устранить это противоречие. Вначале это пытались сделать на основе механизма необратимости, опираясь на положительность показателей Ляпунова для систем и гипотезу о наличии случайных флуктуаций внешних сил [5]. Но такое объяснение противоречит принципу причинности. Это потребовало дальнейшего поиска механизма необратимости в рамках законов физики. Из требования справедливости условия единства физики и выполнения принципа причинности должен существовать детерминированный механизм необратимости в рамках законов физики. То есть, стат. методы описания систем должны следовать из детерминированных законов физики. И такой механизм был предложен [2]. В его основу положено уравнение движения, учитывающее, что работа внешних сил идет не только на движение тела, но и на изменение его внутреннего состояния. Это уравнение открыло возможность построения физика эволюции [2,6].

### Литература.

1. Пригожин И. Познание сложного. – Мир, 1990. 342 с.
2. Сомсиков В.М. Основы физики эволюции. - КазНУ, 2021. 335 с.
3. Голдстейн Г. Классическая механика. - Наука, 1975, 416 с.
4. Landau L.D., Lifshits E.M. Statistical Physics. - Nauka, 1976. 584 p.
5. Заславский Г.М. Стохастичность динамических систем. – Наука, 1984. 273с.
6. Somsikov V.M. The Role of the Structure of Matter in its Dynamics and Evolution. Japan J Res. 2024; V.5 I. 6. 1-10 p.

## УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ПО ВЫСШЕЙ МАТЕМАТИКЕ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Степанян И.К.

Финансовый университет при правительстве Российской Федерации, 125993, Москва,  
Россия, Ленинградский проспект, 49

Цифровая трансформация образования, курс на которую был определен Указом Президента РФ еще в 2020 году, активно набирает обороты. С одной стороны, опыт резкого перехода на дистанционные формы обучения в 2019 году открыл дорогу смешанным формам обучения, электронным учебным курсам, онлайн тренингам и электронным учебным пособиям. С другой стороны, с 2022 года педагогическое сообщество приветствует вектор перехода высшего образования от услуги к получению качественных профессиональных навыков и знаний. И особый акцент делается на дисциплины математического цикла.

Очевидно, что вместе с формами организации учебного процесса значительные изменения должны претерпеть и цифровые учебные материалы по математике. Для выявления оптимальных параметров таких учебников, мы провели опрос студентов первого курса бакалавриата Финансового университета при Правительстве Российской Федерации и составили рейтинг предпочтений наших студентов, присвоив каждому варианту балл от 1 до 6.

Неудивительно, что наиболее предпочтительным для себя студенты выбрали изложение преподавателем. Это еще раз подтверждает мысль о важности роли преподавателя и нежелательности современной молодежи полного перехода к электронным формам обучения. Студенты готовы осваивать новую тему, изучая разобранные примеры и краткие учебно-методические пособия. Такие материалы должны побуждать их к самостоятельной внеаудиторной работе.

Опыт преподавания дисциплин математического цикла в Финансовом университете показал, что эффективно использовать особенности восприятия современного поколения студентов можно и нужно через новые цифровые учебные ресурсы. Их отличительными чертами должны стать:

- краткое изложение теории с визуализацией материала;
- наличие структурно-логических схем по темам;
- онлайн тренинги и тесты, в том числе обучающие, с мгновенной обратной связью;
- использование практико-ориентированного контекста;
- стимулирование самостоятельной работы студентов с использованием актуальных данных из Интернета и конструирования;
- доступность к ресурсам с любого девайса и удобная навигация.

## **ПРИМЕНЕНИЕ ЛИТЕРАТУРНОЙ ФОРМЫ ХОККУ В ПРЕПОДАВАНИИ КУРСА БОТАНИКИ**

**Шумовская Д.А.**

Всероссийский институт научной и технической информации Российской академии наук  
Россия, 125190, Москва, А-190, ул. Усиевича, д. 20; Пушкинский филиал Российского  
биотехнологического университета, Россия, Московская область, 142290, Пуцино,  
просп. Науки, 3

Изложен опыт разработки методического алгоритма занятия «Комплексное изучение растения» в рамках полевой практики в составе сжатого курса «Ботаника» (1 семестр) в Пушкинском государственном естественно-научном институте, впоследствии – филиале РОСБИОТЕХ. В нем сконцентрирован опыт 3-летней работы со студентами по отработке следующих умений и навыков: визуального запоминания, наблюдения и точности описания, передачи отношения к живому. Комплекс применяемых методов: рисование – запоминание; описание – запоминание и передача впечатления/факта; стихотворное описание (ботаническое хокку) – запоминание, передача впечатления/факта, отработка навыка выбора точного слова; развивает умение создать цельное произведение. Одно из занятий полевой практики «Комплексное изучение растения» мы занимаемся исследованием выбранного каждым самостоятельно растения, обычно, травянистого. Сначала студент рисует карандашом форму, потом добавляет цвета, стремясь к точности их передачи, затем пишет о растении небольшое стихотворение – трехстишие из 10-14 слов, иногда получается несколько вариантов.

Рассмотренный алгоритм занятия обрабатывался автором в совместной работе со студентами, вопросы которых помогли улучшить первоначальную идею дополнить традиционный метод рисования изучаемых объектов сочинением малой поэтической формы, чтобы быстрее прийти к цели: найти интересную и актуальную форму передачи научной информации, в процессе самостоятельного освоения которой нарабатывается целый комплекс необходимых навыков и умений.

Сжатый объем курса потребовал точного выбора комплекса методов, реализующего сразу несколько учебных задач: пробудить интерес, пронаблюдать, запомнить, описать. Опыт проведения занятия «Комплексное изучение растения» по разработанному автором алгоритму действий выявил целесообразность ее дальнейшего применения. Комплексное изучение объекта исследования позволяет быстрее и лучше познакомиться с ним, нарабатывать необходимые навыки и умения. Подход к проведению занятия может быть использован при обучении студентов для воспитания уважения к живой природе, развития качеств ученого-натуралиста, как дополнение курса ботаники.

## **OPTIMAL SCHEMES OF PRACTICAL TRAINING FOR BIOTECHNOLOGICAL STUDENTS**

**Gertzen T.A., Lyubimova N. Yu., Lyubimova A.A.**

Perm National Research Polytechnic University, Russia, 614999, Perm Krai, Perm,  
Komsomolsky ave., 29,  
+7(342)9223056178, E-mail: tanger59perm@yandex.ru

Practical training seems to us to be the most important and active part of learning. This type of training allows you to implement both an individual approach to learning and the opportunity to work in small (2-5 people) groups and the entire study group as a whole, that is, it is a fairly flexible tool.

It is relevant not only to search for educational materials and their organization, but also to develop optimal methods, techniques and means of preparing for practical classes that contribute to the active work of all students in the classroom and create motivation for independent homework. This is especially important when reducing school hours.

Therefore, the purpose of this work was to develop and implement schemes for practical tasks to maximize the involvement of biotechnological students in the work and a comprehensive discussion of a particular problem.

For example, the lesson structure may look like this.

The beginning of the lesson is 10-15 minutes – updating the lecture material, working with the summary – in the form of questions and answers. Each student conducts a short "practical summary" during the lesson. Answers questions in writing, makes notes, and drawings. The teacher can simultaneously demonstrate slides on which answers are given and the answers are accompanied by illustrations – a drawing, animation or a real demonstration of the phenomenon. You can even make small videos with your own explanations - this will also be included in the results of the work. Then comes the solution of tasks individually or in groups. All decisions are put on the discussion board.

As an example, this paper considers a scheme for conducting practical classes in a group of biotechnological students on the topic "Thermal radiation". Graduating departments often ask to treat this topic more carefully, to pay attention to the chemical and biological aspect of phenomena. It is when studying this topic that a visual representation of phenomena, the use of pyrometers, is required.

It is important that at the same time it is possible to get away from a set of small "particulars" in the form of individual tasks to a greater degree of generalization (on the board we have a number of situations up to 10 or more at once). And it is already possible to compare, analyze, generalize, that is, to increase the degree of fundamentality.

## **PROBLEMS OF MODERN TEACHER EDUCATION**

**Novikova G.V.**

Faculty of Pedagogical Education M.V. Lomonosov MSU, Russia, 119991, Moscow, Leninsky Mountains, d. 1 p. 52, (495) 939-42-81, E-mail: novikg@rambler.ru

The main challenge of the pedagogical profession today is the huge gap between the declared goals of the pedagogical activity and the reality of the modern educational environment of the school and the university. Despite the accepted standard of the profession of teacher, there is no common understanding of the professional functions of the teacher, the competence approach does not give reliable measurements to assess the readiness of the teacher for professional activity. The shortage of teaching staff in schools in Russia has been discussed repeatedly in the Russian Union of Rectors, according to official data this deficit is between 1% and 10%, on average 3.7% [1].

Pedagogical education suffers from a lack of pedagogical practice and the need to master many theoretical concepts and approaches. Future teachers are obliged to study different conceptual systems: in addition to the generally accepted personality-oriented and competence-oriented approaches, in the training programs are presented systemic and system-active, axiological, cultural, dialogical, communicative, subjective and anthropological pedagogical approaches. Very little attention is paid to didactics. The need to create a holistic image of the profession is said by the rector of pedagogical universities [2]. Even a well-trained teacher will experience difficulties in teaching subjects to schoolchildren who have not mastered general education skills, such pupils account for 35% [3, P. 10].

### **References.**

1. Holina M. The acute shortage of personnel is more related to the lack of subject teachers. [E-mail Resource] URL: <https://rsr-online.ru/news/2024/2/20/ostrota-deficitakadrov-svyazana-v-bolshej-stepeni-s-nedostatkom-uchitelej-predmetnikov/> (Circulation date 10.11.2024)
2. Bolotov V.A. Levitsky M.L., Remorenko I.M. Serikov V.V. Pedagogical education in the context of challenges and problems of the 21st century: relevance of transformation // Pedagogical education in modern Russia: strategic orientations of development : monograph/ Southern Federal University; Scientific Editor Y. P. Zinchenko. - Rostov-on-Don ; Taganrog : Publishing house of the Southern Federal University, 2020. 612 c.
3. Main results of Russian students in the international study of reading, mathematical and scientific literacy PISA 2018 and their interpretation/ Adamovich K. A., Kapuza A. V., Zakharov A. B., Frumin Y. D.; National Research University «Higher school of economics», Institute of education. M.: INU HSE, 2019. 28 c. (Facts of Education 2(25)).



**S7**

**РУССКИЙ НАУЧНЫЙ ЯЗЫК**

**RUSSIAN SCIENTIFIC LANGUAGE**

Руководитель:  
*Марина Юрьевна Сидорова.*

## ЯЗЫКОВАЯ ЛИЧНОСТЬ УЧЕНОГО-ПАЛЕОНТОЛОГА И. А.ЕФРЕМОВА В ИДЕОГРАФИЧЕСКОМ АСПЕКТЕ

Журавлева Н.С.

ФГАОУ ВО «Государственный университет просвещения», Россия, 105005, Москва, ул. Радио, д. 10А, стр. 2., 89267334450, Natasha.zhuravleva99@mail.ru

Одним из методов исследования языковой личности ученого-палеонтолога является Идеографический частотно-грамматический словарь И.А. Ефремова. Денотативно-идеографические сферы словаря расположены по рубрикам Человек, Природа, Наука.

Цель исследования состоит в выявлении репрезентантов научной картины мира ученого-палеонтолога в художественном тексте «космических» романов. Денотативно-идеографические сферы «Наука» и «Общие понятия» словаря языка И.А. Ефремова включают лексико-семантические группы «виды наук», «физические понятия», «химические понятия», «математические понятия», «технические понятия», «сложная техника», «инструмент», «прибор», «оружие», «технические процессы», «объекты строительства», «стройматериалы», «медицина», «время», «количество», «материя», «измерения», «процесс». Данные сферы включают 2072 лексемы в «космических» романах И.А. Ефремова, что составляет 30% номинаций всех объектов ирреальной действительности футурологической модели цивилизации, и 94222 словоупотребления – 57% из всех 200000 словоупотреблений в «космических» романах, что характеризует И.А. Ефремова как писателя-фантаста, целью которого прогнозирование будущего.

Частотно-грамматическая разметка корпуса позволила выделить лексемы с высоким индексом частотности в денотативно-идеографической сфере «Наука». Они разделяются по лексико-семантическим группам следующим образом: физические понятия – *луч, свет, сила, скорость, энергия*; технические понятия – *звездолет, система, сложная техника – машина*; объекты строительства – *дверь, дорога, зал, станция, стена, комната*. Особый интерес представляет денотативно-идеографическая сфера «Общие понятия», в частности лексико-семантическое поле «Процесс», которое содержит более 300 лексем, например, *приземление, прижизнение, принуждение, притупление, притяжение, просачивание, просвечивание, раздробление, сникание, соблюдение* и мн.др. Количество словоупотреблений этой сферы характеризует научное мышление писателя-фантаста. Ядром номинативного поля «космических» романов являются термины.

Методом дистрибутивного анализа охарактеризованы и классифицированы языковые средства научной картины мира И.А. Ефремова. Субstantивы образуют терминосистему (*катализатор, резонанс*), а также включают абстрактную лексику (*взаимодействие, изменение, манипуляция*). Предикаты распределяются по лексико-семантическим группам «состояние», «действие», «положение», «воздействие». Адьективы являются аксиологическим сегментом лексико-семантических полей «Человек», «Природа», «Наука». Семантические признаки выявляют научный тип мышления И.А. Ефремова. Его философские романы направлены на создание модели будущего.

**ВАРИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ УКАЗАНИЯ НА ВРЕМЯ СОБЫТИЯ В  
ИСТОРИЧЕСКОМ ТЕКСТЕ (НА МАТЕРИАЛЕ УЧЕБНИКОВ ПО ИСТОРИИ  
КИТАЯ)**

**Ли Г.**

Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова

Время – важнейшая категория исторического текста. Казалось бы, главной характеристикой времени в нем должна быть точность. Однако наше исследование, проведенное на материале 9 учебников по истории Китая для российских студентов, показывает, что дело обстоит не так однозначно. Иногда важнее, чем точная датировка, для автора текста оказывается последовательность событий, оценка их продолжительности, характеристика интервала между ними. В других случаях отсутствие точной датировки связано с ее неизвестностью (обычно из-за отдаленности событий во времени), что заставляет автора искать различные способы указания на время, позволяющие ему быть не точным, но при этом оставаться в пределах научности. В докладе будут рассмотрены следующие текстовые тактики, с помощью которых историки варьируют точность указания на время событий: (1) сочетание точных и «расплывчатых» указаний на временную локализацию, продолжительность событий, временные промежутки между событиями; (2) важное датированное событие используется как точка, относительно которой организуются другие события без точной датировки; (3) варьирование временного масштаба (шага) повествования (некоторые события локализуются на временной шкале с точностью до часа, другие – с точностью до тысячелетия). Разумеется, чем дальше от нас в истории отстоят события, тем более затруднена точная датировка: повествование об археологическом периоде истории древнего Китая ведется с шагом в тысячелетие (или его часть). В то же время укрупнение временного масштаба бывает связано с повышенной значимостью события или передачей особо быстрого развертывания действий.

## СИНКРЕТИЗМ СОЗНАНИЯ И ТВОРЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ В РУСЛЕ РОДНОГО ЯЗЫКА

Нечипуренко Ю.Д.<sup>1</sup>, Толченникова В.В.<sup>1</sup>

Институт молекулярной биологии им. Энгельгардта РАН, РФ, 119991, Москва,  
Вавилова ул. 32, +74991352311, nech99@mail.ru

<sup>1</sup>НИИ Развития мозга и высших достижений РУДН, Россия, 117198, Москва, ул.  
Миклухо-Маклая д.11, +7 495 787-38-03, tolchennikova\_vv@pfur.ru

Понятия синкретизма (от греч. *Syn* – с, вместе + лат. *Cresco* – расту, увеличиваюсь) в психологии и религии различаются. Если в религии оно обозначает смешение верований и культов и рассматривается как разновидность эклектизма, то в детской психологии синкретизм рассматривается как свойство мышления ребёнка дошкольного возраста. Синкретизм проявляется в тенденции связывать между собой разнородные явления. Детское восприятие выделяет лишь общие контуры воспринимаемого объекта без анализа его частей и свойств. Синкретизм является фактором развития детского мышления, а синкретические связи – основа для связей, соответствующих реальности. В этом смысле синкретизм можно рассматривать как основу творческого мышления и говорится об умении художника смотреть на мир глазами ребёнка. Обычно научное и художественное творчество противопоставляют, как два разных способа описания мира – при помощи формул и моделей и при помощи образов и слов. Однако слова, несущие в себе образы понятий, оказываются общими для учёного и писателя, «художника слова». Живое и творческое сознание оперирует словами и в этом смысле является образным. Российская наука имеет в своём основании фигуру Михаила Ломоносова, который является первым учёным и первым поэтом России [1]. Синкретизм связывают с симультанностью в искусстве – способностью к синхронному использованию в один временной промежуток разнообразных знаний, умений, действий, операций [2]. В своей книге «Ключи от головы» мы привели пример синестезии, когда звуки связаны с красками в восприятии [3]. С другой стороны, синкретизм может помочь представить, как в сознании ребёнка и молодого человека входят абстрактные понятия [4]. Эти представления дают основания утверждению, что научное творчество более плодотворно на родном языке и защита русского языка в науке является важной задачей [5]. Представления о философии языка развёрнуто развиты в книге о смыслах русской культуры [6].

### Литература

1. Юрий Нечипуренко. Помощник царям (жизнь и творения Михаила Ломоносова)». М., Издательство Московского Университета, 2011.
2. Максим Петров. Симультанность в искусстве. Культурные смыслы и парадоксы. М. 2010.
3. Вера Толченникова, Юрий Нечипуренко. Ключи от головы (что учёные знают про мозг). Москва, Арт-Волхонка, 2020.
4. Юрий Нечипуренко. Горстка бобов. М., Б.С.Г.-пресс, 2022.
5. Галина Ризниченко, Александра Дьяконова и Сергей Хрущёв. Семинар «Русский научный язык» Интернет-обозрение «Русская жизнь» <http://ruszhizn.ruspole.info/node/9238>
6. Юрий Нечипуренко. Смыслы русской культуры. Спб Алетейя, 2025.

**ПРОБЛЕМА ФОРМИРОВАНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ТРАЕКТОРИИ  
ОБУЧЕНИЯ ИНОСТРАННЫХ СТУДЕНТОВ  
НА ПОДГОТОВИТЕЛЬНОМ ЭТАПЕ**

**Пичугина Д.А.**

Институт русского языка и культуры МГУ имени М.В. Ломоносова, Россия, г. Москва,  
[dashapi@mail.ru](mailto:dashapi@mail.ru)

Разработка методик обучения иностранных студентов русскому языку и общеобразовательным предметам наряду с выявлением и реализацией способов культурной адаптации и интенсификации учебного процесса представляет актуальную задачу в контексте современного международного образования. Важной ступенью получения высшего образования иностранными студентами в РФ является обучение на подготовительном факультете, в стенах которого закладываются первоначальные знания русского языка и культуры, осуществляется подготовка к поступлению на конкретный факультет МГУ. Проведенный в Институте русского языка и культуры МГУ имени М.В. Ломоносова социологический опрос иностранных студентов о выборе дальнейшей профессии показал, что 51% опрошенных не определились со своей образовательной траекторией и в ближайшем будущем видят себя просто студентами.

В докладе будут представлены некоторые проблемы и заблуждения, касающиеся выбора профессии и формирования образовательной траектории иностранными студентами на этапе предвузовской подготовки. Будут представлены примеры организационных и образовательных действий, способствующих профессиональной ориентации студентов и их осознанному выбору будущей профессии.

## СПЕЦИАЛЬНАЯ КАРТИНА МИРА, ЯЗЫК СПЕЦИАЛЬНОСТИ И ПРОБЛЕМА СУБЪЕКТА

Сидорова М.Ю.

МГУ имени М.В. Ломоносова

“Новая философская энциклопедия” формулирует определение специальной научной картины мира без использования понятия “субъекта”. При этом специальная научная картина мира приравнивается к «картине исследуемой реальности», включающей представления «1) о фундаментальных объектах, из которых полагаются построенными все другие объекты, изучаемые соответствующей наукой; 2) о типологии изучаемых объектов; 3) об общих особенностях их взаимодействия; 4) о пространственно-временной структуре реальности» [Новая философская энциклопедия 2001]. На деле же, при лингвистическом анализе и сопоставлении научных текстов по разным специальностям, выясняется, что категория субъекта - диктумного (действующего) и модусного (воспринимающего, осмысливающего и оценивающего реальность) - занимает в специальных картинах мира центральное место, во многом определяя их специфику. Эта проблема рассматривается в докладе на примере геологии и истории с использованием методов коммуникативно-грамматического и автоматизированного частотного анализа текста. В текстах выявляются отличия субъекта картины мира ряда основных геологических дисциплин (минералогии, литологии, стратиграфии) от субъекта картины мира общей и неорганической химии. Конструирование времени как функция субъекта-ученого выступает как характеристика, объединяющая геологию и историю и ярко проявляющая себя в языковых средствах и приемах построения текстов этих наук. В то же время модусные субъект-геолог и субъект-историк “взаимодействуют” в своих текстах с принципиально разными типами диктумных субъектов, что также определяет специфику соответствующих дисциплинарных моделей мира. Помимо “взаимодействия” с диктумными субъектами - творцами истории, историк вступает в эксплицитный или имплицитный диалог с модусными субъектами истории, тогда как геолог “лишен” этого диалога, хотя и может “имитировать” его в тексте посредством метафор. Изученный нами массив текстов позволяет также предположить, что дисциплинарной спецификой обладает и метаязыковая рефлексия различных научных дисциплин как проявление модусной субъектности ученых.

### Литература.

1. Новая философская энциклопедия. М., 2001.

**ОБУЧЕНИЕ МАТЕМАТИКЕ ИНОСТРАННЫХ СТУДЕНТОВ НА  
ПРЕДВУЗОВСКОМ ЭТАПЕ: «ПОДГОТОВКА К ВСТУПИТЕЛЬНЫМ  
ЭКЗАМЕНАМ» ИЛИ «ИСКУССТВО ОБУЧАТЬСЯ»?**

**Смирнов А.С.**

Институт русского языка и культуры МГУ имени М.В.Ломоносова

С каждым годом растет интерес к российскому образованию. Сегодня в России обучается 355 тысяч студентов, и ожидается, что к 2030 году их число возрастет до 500 тысяч.

Несомненно, предвузовский этап в образовательной траектории студентов-иностранцев – ключевой. В этот период, хотя и минимальный по продолжительности, заложена колоссальная ответственность за будущее студентов, ведь именно здесь начинается их знакомство с Россией и формируется база для дальнейшего университетского пути.

Основные трудности связаны с ограниченными сроками подготовки: 6-8 месяцев, в течение которых необходимо обучить студентов русскому языку и основным дисциплинам, включая математику.

В докладе будут предложены оптимальные методы организации математического образования иностранных студентов на предвузовском этапе, а главной целью ставится не только обеспечение успешного поступления в организациях высшего образования, но и последующее обучение в этих структурах.

**СТИЛИСТИКА НАУЧНОГО ТЕКСТА (НА МАТЕРИАЛЕ  
СОПОСТАВИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗА НАУЧНЫХ СТАТЕЙ НА РУССКОМ,  
СЕРБСКОМ И ГРЕЧЕСКОМ ЯЗЫКЕ)**

**Тресорукова И.В.**

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова

Современный академический дискурс в силу своих объективных и субъективных характеристик весьма тесно связан с культурной принадлежностью автора научного текста. Согласно гипотезе Э. Сепира и Б.Л.Уорфа «логический строй мышления определяется языком. Характер познания действительности зависит от языка, на котором мыслит познающий субъект» (ЛЭС: 443), но именно поэтому эта гипотеза активно подвергается критике, которая исходит из того, что «форма и категории мышления одинаковы у всех народов, хотя язык оказывает известное регулирующее влияние на процесс мышления» (ЛЭС: 443). Неоднократно отмечалось (см. напр. Стоянович, 1999), что на научную сферу общения в целом и на текстовое общение в частности несомненное влияние оказывают социокультурные факторы, и для порождения текста авторам приходится следовать определенным нормам и правилам, составляющим научную традицию порождения текста. Применительно к научной речи представляется важным рассмотреть, действительно ли форма и категории мышления будут одинаковыми в текстах ученых, составленных на разных языках (в данном случае на русском, сербском и греческом языках), и каков универсальный механизм воздействия социокультурных факторов на тексты в научной сфере. При анализе текстов учитываются такие параметры, как проблематика терминологической лексики (заимствования, переводные кальки, транслитерация и пр.), грамматические параметры (морфологические признаки глагола, преимущественный выбор определенных частей речи, структура предложений и пр.) и стилистические особенности статей, составленных на указанных языках. Для анализа привлекаются статьи гуманитарного сектора знаний, опубликованные в период 2000 – 2020 гг.

**Литература.**

1. ЛЭС, 1990 Лингвистический энциклопедический словарь, Москва.
2. Kaplan R.B. 1966 Cultural Thought Patterns on Inter-Cultural Education, Language Learning, 17, pp. 1 – 20.
3. Стоянович А. Научный текст в контексте культуры. Stylistyka XI, 2002. С. 476 – 491.

**АНТРОПОКОСМИЗМ К.Э. ЦИОЛКОВСКОГО: ЛИНГВИСТИЧЕСКАЯ  
РЕКОНСТРУКЦИЯ МИРОВОЗЗРЕНИЯ («НИРВАНА», «ВОЛЯ ВСЕЛЕННОЙ»)**

**Чернейко Л.О.**

Москва, МГУ имени М.В.Ломоносова, филологический факультет

Астрономия, которая, согласно Платону, «заставляет душу взирать ввысь и ведет ее туда, прочь от всего здешнего», в русском космизме в лице одного из главных ее представителей К.Э. Циолковского, напротив, соединила небо и землю, сняв противопоставление понятий «макрокосм» и «микрокосм». Философский дискурс, воплощающий в языке определенное мировоззрение, расширяет и углубляет те представления о космосе, которые характерны для наивной картины мира. Трактаты К. Циолковского представляют интерес и для философии, и для психологии, и для лингвистики оригинальностью концепции человека и космоса. Космическое предназначение человека требует от него земного совершенства.



R1

**К**УЛЬТУРНОЕ ПРОСТРАНСТВО РОССИИ

**R**USSIA CULTURE MEDIA

Руководители:

*Юрий Дмитриевич Нечипоренко, Галина Юрьевна Ризниченко,  
Марина Юрьевна Сидорова.*

## **ОБРАТНАЯ БИОНИКА МИКРОСТРУКТУРЫ В СОВРЕМЕННОМ ОРНАМЕНТЕ КАК ЭЛЕМЕНТ УМВЕЛЬТА**

**Аникина Л.А.**

Творческий Союз Художников России; Творческая мастерская «Ива-нова»; Российская Федерация, Москва, 123242, Волков пер. 7-9 стр 3; тел:8(903)766-91-87; E-mail: ladaivanova@yandex.ru

Творческий проект Обратная Бионика рассматривает ряд культурологических вопросов, в числе которых является семиотика (с греч.: знак, признак) — это общая теория, исследующая свойства знаков и знаковых систем. Которые в результате так или иначе влияют и преобразуют внешнюю среду человека.

Человек в процессе эволюции постоянно расширяет свои представления об окружающем мире. Современный художник наравне с учёными может и должен участвовать в этом процессе, так как постоянное пополнение разнообразия умвельта свойственно человеку вообще.

В процессе эволюции именно человеку доступно с помощью, изобретённых им приборов, создание новых средств для расширения возможностей при пополнении «коллекции» умвельта. Проект ОБ — это творческий инструмент для расширения умвельта современного человека, в руках которого передовые технологии. Сегодня технические возможности электронно-лучевого микроскопа предоставляют высококачественные микрофотографии, что даёт возможность использовать изображения микромира в качестве моделей в изобразительном искусстве. В графической композиции «Пыль и пыльца» (2024г.) в рамках проекта ОБ использованы микрофотографии пыльцы и спор растений. В ходе проекта ОБ эти изображения творчески обработаны художником Л.А. Аникиной и включены в графическую орнаментальную композицию — это является переносом электронной микроскопии в макромир, что само по себе уже пополняет «собрание» современного умвельта с возможным закреплением их в современной знаковой системе с последующим терраформингом, так как это подразумевает поиск саморегулирующихся систем в архитектуре (фасады строений) в утилитарном смысле, а также в декоративно-прикладном искусстве, дизайне и проч.

**К 150-летию УЧЕНОГО А. А. ЧУПРОВА (1874–1926)**

**Ермолаева Е.О., Зеликин Н.В.**

МГУ имени М. В. Ломоносова, Россия, 119991, Москва, Ленинские горы, д. 1,  
8 916 759 2747, [eoermolaeva@yandex.ru](mailto:eoermolaeva@yandex.ru), [n-zl@yandex.ru](mailto:n-zl@yandex.ru)

Александр Александрович Чупров был единственным сыном Ольги Егоровны (1844–1890) и Александра Ивановича (1842–1908) Чупровых. Они все родились в г. Мосальске Калужской губернии. А.И. Чупров (1842–1908), выдающийся экономист и статистик, профессор Императорского Московского университета (ИМУ) и Высших Женских курсов (МВЖК), был сыном протоиерея и выпускником юридического факультета ИМУ. Он оказал большое влияние на карьеру сына и судьбу своих трех дочерей Ольги, Елены, Марии, родившихся в 1869, 1877, 1881 гг. в Москве. Сестры Александра, после смерти отца и стали его семьей. Все они получили в детстве отличное домашнее образование. Александр в старших классах учился в 5-й московской гимназии, где проявил склонность к изучению логики и математики. В 1896 г. он закончил математическое отделение физмат факультета ИМУ, стал доктором государственных наук (университет Страсбурга, 1901 г.) и доктором экономических и политических наук (ИМУ, 1909 г.). В 1902–1917 гг. был доцентом, затем профессором экономического факультета, руководителем кафедры статистики в Санкт-Петербургском политехническом институте, где организовал кабинет и семинар по статистике, ставшие школой многих отечественных ученых. В 1917 г. он был избран членкором Российской Академии наук, летом этого года, традиционно выехав за границу на каникулы, в Россию не вернулся. Он работал и преподавал в Европе, продолжая сотрудничество с коллегами и учениками на родине. Для А.А. Чупрова экономиста и математика, статистика всегда была средством изучения общественных и экономических явлений, актуальных для практики. Биографы А.А. Чупрова [1-2] сделали много для увековечивания его научного наследия. Ранее неизученные письма, хранящиеся в архивном фонде отца и сына Чупровых № 14 Научной библиотеки МГУ и фонде № 2244 Центрального государственного архива Москвы рассказали нам о дружбе Александра с сестрами и его заботе о них на протяжении всей жизни. Ольга получила диплом доктора Женевского университета в области естественных наук, много помогала отцу и брату, занималась семейным архивом Чупровых. Она вышла замуж за историка, впоследствии - профессора МГУ Н.В. Сперанского. Елена была женой немецкого профессора Берлинского университета Р. Хеймонса и всю жизнь его научной ассистенткой. Мария окончила физмат факультет МВЖК, работала в физических лабораториях В. Рентгена в Мюнхенском университете, и у известных профессоров Московского университета. Дочери и сын видели в отце достойный для себя пример ученого и гражданина. и всегда следовали ему. Сам А.И. Чупров постоянно интересовался их работой, заслуженно гордился успехами каждого. Несомненно, что все заложенное в семье помогло им в последующей непростой жизни.

**Литература.**

1. *Четвериков Н.С.* А.А. Чупров. Биография. Архив РАН, ф.1650, Оп.2, № 13, 1926. 45с.
2. *Шейнин О.Б.* А.А. Чупров. Жизнь, творчество, переписка. Берлин-Москва, 2010. 281с.

## О СОПРЯЖЕНИИ НАУКИ И КУЛЬТУРЫ

**Карякин Ю.В.**

Томский политехнический университет

В сообщении излагается опыт аналитического представления понятия НАУКА как части КУЛЬТУРЫ, вложенной в её структурность, раскрываемую в парадигме целостности методом онтогенезного мышления в образовании и науке (ОМОН) [1].

bg Специфичность метода проявляется на фоне обозрения попыток представить ПОНЯТИЕ в парадигме традиционного эмпирического мышления, отражающего одну из двух фаз целостного видения (фазу опытного познания) и демонстрируется в процессе разложения понятия КУЛЬТУРА на ряд иерархически организованных понятий.

bg Процедура аналитического отображения понятия НАУКА изложена в табличной форме поэтапного раскрытия объёма понятия в формате перечня составляющих с использованием трёхкритериального определения, включающего признаки рода, вида и генетического ряда. Представлен также результат разложения как фрагмент дерева понятия КУЛЬТУРА.

### **Литература.**

1. Карякин Ю.В. ПРОЕКТ Преобразование системы образования в соответствии с требованиями III-тысячелетия. <http://www.trinitas.ru/rus/doc/0033/001a/00331825.htm>

## **МУЗЕЙНАЯ ПЕДАГОГИКА: МИФЫ И РЕАЛЬНОСТЬ**

**Пикуненко М.М.**

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Научно-учебный  
Музей земледения МГУ, Россия, 119991, г. Москва, Ленинские горы д.1, Главное  
здание МГУ, тел.: 8(495)93932552; E-mail: pikulenkomarina@mail.ru

Где и когда за рубежом началось формирование основ музейной педагогики в музеях или университетах? Музеи и университеты являются уникальными образовательными учреждениями, образовательная социально-педагогическая функция которых, как одна из основных, стала складываться практически вместе с появлением музейных коллекций.

В Европе с XVII осуществляется формирование университетских коллекций: создаются первые ботанические сады при университетах Падуи (1545), Пизы (1590) и Лейдена (1599). Растения этих садов используются при обучении студентов. В этот же период при университетах Падуи и Лейдена открываются анатомические театры, выполнявшие функцию обучающих музеев, где экспонировались анатомические образцы, восковые модели. В настоящее время по данным ЮНЕСКО в различных странах имеется множество университетских музеев: в Германии — 830, в Австралии — 297, в США — 212, в Великобритании — 175, в Бразилии — 155, в Португалии — 137, в Канаде — 106, в России — 106, в Южной Корее — 96, в Мексике — 77, во Франции — 76, в Нидерландах — 63, в Испании — 62, в Японии — 58, в Швейцарии — 51, в странах Африки — 12. Возникнув как единичные образования, музеи при университетах стали значительным явлением культуры и просвещения.

Современные подходы развивают основные идеи теоретиков образования в музее. Российские и немецкие ученые в начале XX в. активно занимались исследованием образовательной роли музеев, заложили основы представлений о развивающем характере музейной среды и накопили теоретико-практический опыт в области музейной педагогики.

## **ЯЗЫКОВАЯ ЛИЧНОСТЬ СОВРЕМЕННОГО СТУДЕНТА-БИОЛОГА КАК ЛИНГВОКУЛЬТУРНЫЙ ПОРТРЕТ ЭПОХИ**

**Сидорова М.Ю.**

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Языковая личность – это “совокупность способностей и характеристик человека, обуславливающих создание и восприятие им речевых произведений, которые различаются а) степенью структурно-языковой сложности, б) глубиной и точностью отражения действительности, в) определенной целевой направленностью. В этом определении соединены способности человека с особенностями порождаемых им текстов” [Караулов 1987: 3]. Эти способности и характеристики могут быть в разной степени индивидуальны: от приближающихся к уникальным до типовых, отражающих групповые, национально-культурные, социально-исторические особенности. В докладе языковая личность современного студента-биолога рассматривается на материале письменных работ, полученных автором в ходе преподавания курса “Русский язык и культура речи” на биологическом факультете МГУ имени М.В. Ломоносова, а также некоторых видов устной учебной деятельности (включая чтение стихотворений наизусть и устный ответ на экзамене по произведениям художественной литературы). Письменные работы включали “самообследования” (“Моя невербальная коммуникация”, “10 слов и/или выражений, которые меня раздражают” и под.), создание связанных текстов на заданную тему (в том числе по результатам просмотра кинофильмов), рефлексии над содержанием прослушанных лекций. Полученные данные позволяют рассмотреть языковую личность студентов по всем трем направлениям, выделенным Ю.Н. Карауловым: вербально-семантическому (степень владения личностью языком на всех уровнях);

когнитивному (концепты, идеи, понятия, языковая модель мира личности, её тезаурус, культура);

прагматическому/мотивационному (мотивы и цели языковой личности в зависимости от коммуникативной ситуации, сферы, роли и т. п.) [Караулов 1987]. Значительная часть обнаруженных характеристик может рассматриваться как отражающие “языковой портрет эпохи”.

### **Литература.**

1. Караулов Ю.Н. Русский язык и языковая личность М. : Наука, 1987. 262 с.

## АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

- Andreeva I.A. 43  
Averkin A.N. 17  
Batova A.S. 44  
Bugay A.N. 44  
Chugunov A. 57  
Chulichkov A.I. 18  
Degtyareva O.V. 89  
Etezova F.M. 45  
Farkova N.A. 112  
Gertzen T.A. 138  
Gudovich I.S. 113  
Khalilov R.I. 90  
Kim S.E. 46  
Kondratieva N.V. 43  
Lyubimova A.A. 138  
Lyubimova N.Yu. 138  
Mashkovtseva E.V. 45  
Nartsissov Y.R. 45  
Nasibova A.N. 90  
Novikova G.V. 139  
Oreshkin A.I. 18  
Popov E.N. 46  
Shen H. 15, 16  
Smolin V.S. 15, 16  
Tarasova N.A. 114  
Terpugov E.L. 89  
Ustinov N.V. 44  
Vasilyeva I.A. 114  
Vinokurova N.A. 113  
Volkov E.N. 17  
Zyryanov K.S. 18  
Абагурова А.М. 60  
Авакян Л.А. 25  
Аксенова С.В. 63  
Андреева И.А. 20  
Аникина Л.А. 152  
Аристов В.В. 21  
Аристова Е.Н. 22, 23  
Армеев Г.А. 77  
Афанасьев М.Ю. 100  
Бадалов А.А. 61  
Багова А.С. 24, 63  
Бобкова И.А. 101  
Богатырев Р.А. 88  
Боздаганян М.Е. 65  
Большаков Д.И. 96  
Браже А.Р. 93, 94, 95  
Бугай А.Н. 24, 63, 82  
Бувич Т.Л. 71  
Бузмаков М.Д. 29  
Булина Н.В. 25  
Быстров В.С. 25  
Васильева И.А. 110  
Васильева М.А. 82  
Вервейко Д.В. 95  
Верисокин А.Ю. 95  
Винокурова Н.А. 102  
Волкова Е.С. 26  
Вольхин И.А. 62  
Воробьев Н.И. 8  
Генералова А.А. 50  
Герцен Т.А. 116  
Гисин В.Б. 26  
Голицына И.А. 117  
Гостева И.В. 97  
Грачев В.А. 27  
Гудимчук Н.Б. 65, 76  
Гудович И.С. 102  
Дегтярева О.В. 83  
Довбыш С.А. 118  
Дубинина В.В. 103  
Дубинина М.Г. 104  
Душанов Э.Б. 63, 82  
Елисейкин М.М. 9  
Ермаков А.С. 48  
Ермолаева Е.О. 153  
Ершов Н.М. 72  
Журавлева Н.С. 142  
Загубная О.А. 92  
Заречнев В.А. 119  
Зеликин Н.В. 153  
Зырянов К.С. 10  
Ивашкин И.Р. 23  
Ивонцин Л.А. 64

- Каманин Д.В. 120  
Караваева Н.И. 22, 23  
Карякин Ю.В. 154  
Ким С.Е. 28  
Киселева Д.Г. 84  
Коваленко В.В. 50  
Коваленко И.Б. 62, 65, 76, 78  
Комаров В.М. 61  
Комкина Т.А. 105  
Комонов Е.О. 106  
Кондратьев М.С. 61  
Кондратьева Н.В. 20  
Коннова Л.П. 121  
Коробов Н.А. 71  
Краснобаева Л.А. 49  
Красняков И.В. 29  
Кривицкая А.В. 66, 67, 74, 79  
Крупянский Ю.Ф. 50, 75  
Крючечникова А.Н. 93, 94  
Кузнецов М.Е. 67  
Кузнецова М.С. 107  
Кулагин А.Е. 30  
Куприянов В.А. 55  
Лагоша С.В. 95  
Левдик Т.Г. 93, 94  
Леонова М.С. 70  
Лепилкина А.В. 133  
Ли Г. 143  
Липагина Л.В. 122  
Лисицкая Е.В. 123  
Литвиненко Ю.А. 108  
Лихачев И.В. 68  
Логофет Д.О. 51  
Лойко Н.Г. 50  
Ломаченков И.А. 120  
Лукин П.О. 95  
Любимова А.А. 116  
Любимова Н.Ю. 116  
Макарова С.В. 25  
Малинецкий Г.Г. 124  
Мальцев В.В. 109  
Мамаева Н.Ю. 69  
Марков П.Н. 71  
Маторин Д.Н. 54  
Матросов В.В. 96  
Машковцева Е.В. 42, 64, 85  
Метелешко Ю.И. 70  
Мищенко М.А. 96  
Мокин А.Ю. 34  
Москалев П.В. 11  
Моторин Н.А. 77  
Музыка А.А. 21  
Муратов Д.А. 31  
Мусихина О.М. 125  
Мягков А.С. 11  
Надыкто А.Б. 71  
Назаренко Е.С. 71  
Назаренко К.М. 71  
Найштут Ю.С. 27  
Нарциссов Я.Р. 42, 64, 85, 86, 92  
Ненахов Н.Д. 34  
Нечипуренко Ю.Д. 144  
Николаев Н.Э. 31  
Никольский И.М. 12  
Новикова Г.В. 126  
Олехова Е.Ф. 127  
Орехов Ф.С. 65  
Орешкин А.И. 10  
Очков В.Ф. 9  
Павлецов М.М. 32  
Парамонова Е.В. 25  
Пархоменко А.Ю. 82  
Петрова Ю.В. 130  
Пикуленко М.М. 155  
Пичугина Д.А. 145  
Плюснина Т.Ю. 56, 84, 87  
Полежаев А.А. 40  
Полтаракова В.А. 124  
Полюя С.В. 72  
Поляков И.В. 73  
Попинако А.В. 130  
Попов А.П. 52  
Попов Е.Н. 28  
Постовалова Г.А. 128  
Посяева М.Г. 71  
Потапова Т.В. 129, 130  
Пыркина О.Е. 109  
Разинкова А.И. 69  
Ризниченко Г.Ю. 60  
Романов М.А. 55

- |                        |                           |
|------------------------|---------------------------|
| Рубайло А.И. 25        | Трундаев И.В. 111         |
| Ряшко Л.Б. 32          | Уварова Л.А. 38           |
| Савватеев А.В. 33      | Угрозов В.В. 39           |
| Савенкова Н.П. 34      | Устинов Н.В. 24           |
| Сайфулин М.Ж. 35       | Фатеев И.С. 40            |
| Сапожников К.Э. 34     | Федоров В.А. 62, 65, 76   |
| Секаева Л.Р. 131       | Федулова А.С. 77          |
| Семёнов С.В. 25        | Фескин П.Г. 69            |
| Сеннер С.А. 132        | Фурсова П.В. 87           |
| Сидорова М.Ю. 146, 156 | Холина Е.Г. 65, 76, 78    |
| Симонов Б.В. 36        | Холманских Д.Д. 79        |
| Симонова И.Э. 36, 133  | Хренова М.Г. 67, 70, 73   |
| Симурзина Е.П. 52      | Хрущев С.С. 56, 62, 87    |
| Синюков С.А. 37        | Цхай А.А. 55              |
| Смирнов А.С. 147       | Червицов Р.Н. 56          |
| Смирнов В.Ю. 134       | Червицов Р.Н. 84          |
| Смирнова Н.Н. 134      | Чернейко Л.О. 149         |
| Смолин В.С. 13, 14     | Чехлова Т.К. 31           |
| Соколова О.С. 50       | Чистякова Ю.А. 87         |
| Солянова И.А. 125      | Чуличков А.И. 10          |
| Сомских В.М. 135       | Чуфицкий С.В. 56          |
| Степанов А.В. 52       | Шайтан А.К. 69, 77        |
| Степанян И.К. 136      | Шаповалов А.В. 30, 37     |
| Страховская М.Г. 78    | Шаряфетдинова А.С. 77     |
| Стригин М.Б. 53        | Шатров А.В. 41            |
| Строганов А.В. 21      | Шен Х. 13, 14             |
| Сысоев И.В. 96         | Ширков П.Д. 120, 132, 134 |
| Тарасова Н.А. 110      | Широнососов В.Г. 88       |
| Татарникова Д.А. 74    | Шишкова В.Н. 85           |
| Терешкин Э.В. 50, 75   | Шумовская Д.А. 137        |
| Терешкина К.Б. 50, 75  | Этезова Ф.М. 42           |
| Терпугов Е.Л. 83       | Юданов А.Ю. 109           |
| Тодоренко Д.А. 54      | Юртаева А.М. 61           |
| Толченикова В.В. 144   | Якушевич Л.В. 49          |
| Тресорукова И.В. 148   | Ясюк В.О. 97              |

*Научное издание*

## **Математика. Компьютер. Образование**

Симпозиум с международным участием

**Биофизика сложных систем**

**Вычислительная и системная биология**

**Молекулярное моделирование**

Под редакцией

*Г. Ю. Ризниченко и А. Б. Рубина*

**Тезисы**

Выпуск 32

Подписано в печать 10.01.2025. Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>.

Печать цифровая. Усл. печ. л. 9,30. Уч.-изд. л. 10,11.

Гарнитура «Таймс». Бумага для цифровой печати. Заказ № 25-02.

АНО «Ижевский институт компьютерных исследований»,

426061, г. Ижевск, ул. Ворошилова, д. 123.

E-mail: [mail@icd.ru](mailto:mail@icd.ru) Тел./факс: +7 (3412) 50-02-95

Отпечатано в цифровой типографии

АНО «Ижевский институт компьютерных исследований».