

Тридцать первая 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 31



Москва ♦ Ижевск

2024

ТРИДЦАТЬ ПЕРВАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
МАТЕМАТИКА ◊ КОМПЬЮТЕР ◊ ОБРАЗОВАНИЕ

Дубна, 22–27 января 2024 г.

XV ОБЩЕРОССИЙСКИЙ СИМПОЗИУМ С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ
БИОФИЗИКА СЛОЖНЫХ СИСТЕМ
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ И СИСТЕМНАЯ БИОЛОГИЯ. МОЛЕКУЛЯРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Организаторы Конференции:

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Государственный университет «Дубна», Объединенный институт ядерных исследований (ОИЯИ, г.Дубна), Пущинский центр биологических исследований РАН, Институт биофизики клетки РАН, Институт теоретической и экспериментальной биофизики РАН, Институт молекулярной биологии им. А.В. 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. Белотелов, С.В. Бессадкова, Е.В. Борисова, А.Р. Браже, А.Е. Варшавский, Н.А. Винокурова, Н.Г. Есинова, Р.Г. Ефремов, Г.Р. Иваницкий, В.И. Заляпин, Д.М. Каманин, В.Е. Карпов, И.Б. Коваленко, В.М. Комаров, В.В. Коренков, В.Д. Лахно, А.И. Лобанов, Е.И. Маевский, Г.Г. Малинецкий, Н.А. Митин, 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. Соловьева, Т.А. Стриж, Ю.Ю. Тарасевич, Г.В. Трубников, В.Г. Туманян, Л.А. Уварова, М.Н. Устинин, П.В. Фурсова, Д.В. Хренова, Е.Н. Черемисина, С.В. Чернышenko, А.И. Чуличков, А.К. Шайтан, А.В. Шаповалов, А.В. Шатров, Г.Н. Яковенко, Л.В. Якушевич, W. Ebeling, R. Posse.

Оргкомитет:

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

Андрей Борисович Рубин – Председатель Оргкомитета Симпозиума «Биофизика сложных систем: вычислительная биология и молекулярное моделирование», академик РАН, профессор, зав. кафедрой биофизики биологического факультета Московского государственного университета (г. Москва);

Владимир Васильевич Коренков – Сопредседатель Оргкомитета МКО, научный руководитель Лаборатории информационных технологий ОИЯИ (г. Дубна);

Андрей Сергеевич Деникин – Сопредседатель Оргкомитета МКО, исполняющий обязанности ректора Государственного университета «Дубна» (г. Дубна);

Ответственный секретарь – *Юлия Алексеевна Чистякова, Полина Викторовна Фурсова, Сергей Сергеевич Хрущёв*; А.М. Абатурова, А.В. Бобырева, Е.П. Васюченко, Т.П. Гончарова, Е.В. Кочеткова, Л.Н. Краснопольская, И.Б. Коваленко, Ю.Д. Нечипуренко, Т.Ю. Плюснина, В.А. Федоров, Е.Г. Холина.

Адрес Оргкомитета: 119234, Москва, Ленинские Горы, д. 1, стр. 12, МГУ имени 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. Математические теории
- 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 978-5-4344-1012-0

© Межрегиональная общественная организация «Женщины в Науке и Образовании», 2024

Дорогие коллеги и друзья!

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

Конференции МКО проходят ежегодно в подмосковных наукоградах – Дубне (Университет «Дубна» и Объединенный институт ядерных исследований) и Пущино (Центр биологических исследований), в 2024 – очередь Дубны. 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.

На наших конференциях выступали с лекциями и докладами, принимали участие в дискуссиях, общались с участниками многие выдающиеся ученые. Особая роль в формировании наших конференций принадлежит академику, директору Института прикладной математики РАН, одному из основателей науки синергетики Сергею Павловичу Курдюмову, который выступал и активно участвовал в конференциях МКО с 1995 г вплоть до своего ухода в 2004 г. Его 95-летнему юбилею посвящена статья его ученика и продолжателя его дела Георгия Геннадьевича Малинецкого (ИПМ РАН), которой начинается наш сборник тезисов МКО-2024.

К нашему глубокому сожалению, в прошлом году от нас ушла наша коллега и подруга, красавая, умная, смелая женщина, непременная участница всех конференций МКО, председатель Правления Украинской Ассоциации «Женщины в науке и образовании» Надежда Дмитриевна Гернет. Мемориальные материалы о ней помещены в нашем сборнике.

По материалам каждой конференции мы печатаем сборник тезисов, который проходит научное рецензирование. После конференции выходит сборник статей, отобранных по материалам докладов на секции «Анализ и моделирование в экономике и социологии». Избранные статьи по материалам конференции, тематика которых связана с математическим моделированием в разных областях знания, после прохождения рецензирования печатаются в журнале «Компьютерные исследования и математическое 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 XXXI конференции – традиционная: пленарные доклады, лекции, круглые столы, секционные заседания, стендовые доклады. Программы пленарных и секционных заседаний, круглых столов и другая информация представлена на сайте www.mce.su.

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», а также Анну Витальевну Бобылеву за подготовку к публикации на сайте Конференции видеоматериалов докладов.

Мы желаем всем участникам конференции МКО-XXXI интересных докладов, плодотворных дискуссий, хорошего настроения.

Следующая конференция состоится в Центре биологических исследований Пущино 27 января – 1 февраля 2025 г.

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

Галина Юрьевна Ризниченко

СОДЕРЖАНИЕ

Памяти Сергея Павловича Курдюмова.....	6
Памяти Надежды Дмитриевны Гернет	13

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

S1. Математические теории	21
S2. Вычислительные методы и математическое моделирование.....	27
R2. Цифровые платформы, искусственный интеллект, анализ данных	73
S3. Анализ сложных биологических систем: эксперимент и модели.....	85
W1. Вычислительная и системная биология.....	85
W2. Молекулярное моделирование	99
W3. Медицинская и радиационная биофизика.....	133
W4. Моделирование, визуализация и анализ данных в исследовании когнитивных систем	157
S4. Социально-экономические исследования.....	165
S5. Гуманитарное и естественно-научное образование	183
Особенности современного ИТ-образования	209
S6. Музей в современном мире.	215
S7. Русский научный язык	223
R1. Культурное пространство России.....	235
Авторский указатель.....	240



Сергей Павлович Курдюмов

18 XI 1928 – 2 XII 2004

Участник. Ученый. Учитель

Но надо жить без самозванства,
Так жить, чтобы в конце концов
Привлечь к себе любовь пространства
Услышать будущего зов.

Б.Л.Пастернак

От выдающегося ученого обычно остается одно дело,
одна книга и одна фраза.

Д.С.Льбов

Историков обычно упрекают за то, что они вновь и вновь переписывают историю. И это естественно. Их работа состоит именно в этом. Меняется ткань реальности, и мы вглядываемся в прошедшем в то, что раньше казалось не имеющим значения. «Будущее временит прошлое», – часто говорил выдающийся ученый, один из создателей теории самоорганизации и мой учитель – Сергей Павлович Курдюмов. Он родился в 1928 г., и сейчас ему было бы 95 лет. Его фраза кажется странной по форме, но она верна по существу. Мы всматриваемся в прошлое, чтобы лучше осознать настоящее и разглядеть тропинки, ведущие в будущее. «Ученые должны быть спасителями человечества. Они должны показывать людям возможные варианты грядущего, блага и риски, связанные с ними, а общество должно выбирать из этих вариантов дорогу, по которой оно готово пойти», – часто говорил мой учитель. На этом рубеже стоит вспомнить фрагменты жизненной траектории Сергея Павловича, чтобы не ошибиться с выбором пути в будущее.

УЧАСТНИК

Кто-то из великих сказал, что выдающиеся люди сами выбирают тот возраст, в котором они хотят провести большую часть жизни. Сергей Павлович выбрал молодость, с её энергией, активностью, оптимизмом, вдохновляющей улыбкой и ощущением бесконечного времени, которое ждёт впереди и которого хватит на все интересные и важные дела. По-моему, он был на полусотне с лишним конференций «Математика. Компьютер. Образование». Без преувеличения он «зажигал» эти конференции верой в людей, в науку, ощущением, что самое важное и интересное впереди, своими шутками, смехом, улыбкой. Его доклады очень редко укладывались в отведенное под них время: «Надо поскорее ввести коллег в наш театр идей, рассказать им о главных понятиях, появившихся у нас. Может быть, именно это определит будущее!». Так же, как постоянный организатор этих конференций – Галина Юрьевна Ризченко – он считал, что в эти самые «окаянные» годы перестройки и реформ надо поддержать учителей и преподавателей, вдохновить их, дать надежду на перемены к лучшему.

Вечера на этих конференциях существенно отличаются от нынешних. И молодёжь, и классики – С.П.Курдюмов, Д.С.Чернавский, Ю.Л.Климонтович, да и другие – пили чай вместе и обсуждали научные, да и все остальные проблемы. Разница в возрасте, в статусе, в жизненном опыте не играла никакой роли. Когда Сергей Павлович представлялся девушкам и женщинам, он бодро и энергично говорил: «Сергей», не уточняя деталей.

Мнение Сергея Павловича на этих конференциях и многих других площадках воспринималось с глубоким уважением и доверием. И это неудивительно. Суверенитет нашей страны определяется её стратегическими ядерными силами – её ракетно-ядерным щитом. «Стратегическая стабильность» в переводе с дипломатического языка на обычный означает, что в ответном ударе Россия и США могут нанести друг другу неприемлемый ущерб. Создание такого оружия, определяющего историю, потребовало выполнения огромных научно-технических проектов XX в. – Атомного и Космического. В их реализации в крайне сжатые сроки участвовала вся страна – сотни тысяч людей – рабочих, инженеров, руководителей, военных, и, конечно, ученых. Большую роль в этой работе сыграл Институт прикладной математики (ИПМ), который в настоящее время носит имя академика Мстислава Всеволодовича Келдыша. В историю вошла фотокарточка, на которой представлены «три К» – Курчатов, Келдыш, Королев, – научные руководители создания нашего ракетно-ядерного щита. Именно в этом институте Сергей Павлович и проработал всю жизнь, активно участвуя в реализации этих ключевых проектов.

Решение больших, важных для Отечества задач и приводит к появлению выдающихся ученых, к тому, что на глазах стремительно вырастают новые научные дисциплины и направления. Конечно, такая работа, в которой идея одного может определить успех всего коллектива, меняет отношения между людьми.

Сергей Павлович очень любил наш институт и большинство его сотрудников отвечало ему тем же. «Стратегические ресурсы – это не только ракеты, бомбы, территории, миллиарды. Это во многом научные коллективы, которые могут

прорваться в будущее, решить ключевые задачи», – иногда говорил он. Его уважали за справедливость, увлеченность, бескорыстие, умение решать самые сложные вопросы не формально, а по существу. В течение многих лет он был секретарем партийной организации ИПМ, а когда выбирали директора в новые времена, то он намного опередил всех остальных претендентов.

В окаянные 1990-е гг. директорская шапка мономаха была очень тяжела. В течение многих месяцев сотрудники сидели практически без зарплаты, дирекцию заставляли сдавать площади всяким сомнительным конторам. Кроме того, научные сотрудники очень много сделавшие для нашего Отечества, искренне возмущались тем, что наука пускается в распил. На этой мутной волне многие институты канули в лету или разбились на множество научных контор, зачастую конкурирующих друг с другом. Вчерашние сотрудники и друзья становились врагами. В это тяжелое время Сергей Павлович, опираясь на друзей и единомышленников, вопреки всему сумел сохранить Институт, удержать его в роли одного из ведущих научных центров страны, занимающихся первоочередными для России задачами. Конъюнктура меняется, говорятся другие слова, но важность этого Дела, которое сделал Сергей Павлович, осознается сотрудниками ИПМ, руководителями и политиками, которым сейчас приходится решать примерно те же задачи, с которыми 70 лет назад справились в СССР. Может быть, со временем и у историков дойдут руки, чтобы описать этот героический период в развитии нашей науки, техники, армии, всей страны. Дело не в очередных монографиях и диссертациях, а в том, чтобы следующее поколение представляло, что нам удалось сделать в то время, и, наверно, этому поколению удастся пройти похожий путь опять.

УЧЕНЫЙ

Этот космос один и тот же для всех, не создал никто из богов, никто из людей, но он всегда был, есть и будет вечно живым огнем, мерами вспыхивающим и мерами погасающим.

Гераклит

В 1963 г. в реестре открытий СССР (был и такой!) под номером 55 было зафиксировано удивительное открытие, которое для краткости можно назвать «эффектом Т-слоя». Это *первое открытие* в нашей стране, которое было сделано при помощи компьютера, в ходе вычислительного эксперимента. Решая на вычислительной машине уравнения, описывающие плазму, учёные нашли новый физический эффект, представляющий интерес с точки зрения приложений. Позже, в Новосибирске, результаты расчетов подтвердили натурный эксперимент. В коллектив исследователей, сделавших это исследование, которым руководили академики А.Н.Тихонов и А.А.Самарский, входил и Сергей Павлович.

Работа, открывающая новые горизонты, дает крылья её исполнителям, а также заставляет задуматься, куда идти дальше.

Сергей Павлович сделал удивительно точный и глубокий выбор, во многом развивающий его школьные мечты. У Сергея Павловича много книг – от философских трудов и работ, представляющих стратегические прогнозы, до монографий,

посвященных дифференциальным уравнениям. Но если бы надо из них всех было выбрать одну, то я бы назвал следующую: «Мне нужно быть: Памяти Сергея Павловича Курдюмова» [Под ред. З.Е.Журавловой. – М.: URSS, 2010. – 480 с.] Идея создать эту книгу, вбирающую себя дневники Сергея Павловича, которые он вел со школьных времен, его любимые работы, воспоминания о нем и фотографии, принадлежит замечательной ленинградской писательнице Зое Евгеньевне Журавлевой. Она была неизменным участником конференций «Математика. Компьютер. Образование» и редактором замечательной газеты «Госпожа Удача». Её решимость сделать эту книгу о Сергею Павловиче после того, как он умер, была тотальной и непреклонной. Я сотни раз проклинал тот день, когда согласился участвовать во всей этой работе. Если сказать, что у Зои Евгеньевны был трудный характер и неукротимая любовь к творчеству и парадоксам, значит ничего не сказать... Но прошло время, и я вновь и вновь чувствую признательность и благодарность, – сейчас такую книгу уже не соберешь и не сложишь...

Из дневников видно, что Сергею Павловичу была очень близка философия, размышления мудрецов из Древней Греции и Востока. Фразу Гераклита, которая вынесена в эпиграф к этой части, он считал пророческой.

В романе братьев Стругацких «Волны гасят ветер» есть очень точная фраза: «Понять, значит упростить». Или на «научном языке» сделать результаты, полученные на переднем крае исследований, доступными для студентов, только начинающих входить в предмет, построить модели, позволяющие за внешней сложностью увидеть внутреннюю простоту.

Что же это? Посмотрим, как можно было бы упростить мировую историю, выбрав в ней главное. Если таковым считать собственность на средства производства, то мы получим исторический материализм с его социально-экономическими формациями, начиная от первобытнообщинной и кончая коммунистической. Но ведь есть и другая проекция, в которой во главу угла ставится наука в качестве источника развития общества. И в этом есть большой смысл, – прогресс технологий привел к тому, что в XX в. на планете стало больше почти вчетверо, а продолжительность жизни во многих странах увеличилась вдвое. По сути, ученые воплотили мечту Фауста о второй молодости.

Такой взгляд предложил Дэниел Белл в теории постиндустриального развития около полувека назад. Довольно долго она казалась одной из конкурирующих социологических концепций. Однако увеличение числа компьютеров в мире до 6,2 млрд., а повышение степени интеграции элементов на кристалле и рост быстродействия в 10^{18} раз выдвинул этот подход на авансцену, а с ним и другое деление мировой истории. *Традиционная фаза* (до ХХ в.) – человек исследует и покоряет природу. *Индустриальная фаза*, в центре внимания этого периода – машины. *Постиндустриальная фаза* (ХХ в. и далее). В центре внимания этого периода – человек. С ним связаны и главные возможности, и самые серьезные риски, он стал не только объектом, но и субъектом преобразований. Биосферу часто называют первой природой, техносферу – второй, информационную и компьютерную сферу, пространство общения – третьей природой. Что же объединяет все эти сущности? Самоорганизация, – формирование структур, упорядоченности, стратегий без указаний

извне. Вероятно, понятие самоорганизации в XXI в. станет таким же общим, как понятия информации, сознания, движения. В самом деле, если реальность сотворена не в соответствии с неким данным сверху планом, то перед наукой стоит грандиозная задача. Надо объяснить, как в результате самоорганизации сформировалось очень многое — от Вселенной и элементарных частиц, до жизни, сознания, биосфера общества.

Основы теории самоорганизации и были заложены в нашем Отечестве Сергеем Павловичем. В настоящее время теория самоорганизации или синергетика представляет собой междисциплинарный подход, лежащий на пересечении сфер *предметного знания, математического моделирования и философской рефлексии*. Работы научной школы Сергея Павловича получили мировое признание, и, конечно, в заметке не перескажешь содержание сотен книг, обсуждающих проблемы этой области. Вместе с тем вспоминаются слова моего учителя: «Подождите десяток-другой лет, и вы увидите, как синергетика преобразит мир и изменит нашу реальность». Предвидение Сергея Павловича исполнилось, и его идеи сыграли в этом огромную роль. Обратим внимание только на два направления прорыва.

В ИПМ были мощные программистские отделы, создававшие языки программирования, операционные системы, пакеты прикладных программ. Академик А.П.Ершов в 1960-х гг. предсказывал, что через полвека более половины работающих будут программистами.

«Нельзя ли вообще обойтись без программирования, опираясь на самоорганизацию? В мозге человека 86 млрд нейронов, которые время от времени ещё и вымирают. Сознание, память, воля, — результат связей между нейронами, сложившимися в результате самообучения и деятельности. Почему же так не поступить с компьютерами, не «научить учиться» их элементы?!», — иногда говорил он. Тогда, 30 лет назад, этот взгляд казался слишком радикальным, очень далеким от реальности. Но недавняя «весна нейронных сетей», обучение которых основано на самоорганизации, воплотило именно этот подход!

Ученые много лет не могли научить компьютеры играть в го. Если шахматы — это битва, то го — это война. В этой игре более 10^{170} позиций (при числе атомов во Вселенной 10^{82}). Суперкомпьютер разбили на две нейронные сети, сообщили им правила го, не знакомя с партиями, сыгранными людьми. В ходе поединков между собой они совершенствовали свои стратегии, меняя связи между своими элементами. Результатом такого своеобразного «обучения» оказалась самоорганизация. В конце концов, нейросети «сказали», что обучились играть и готовы попробовать свои силы в поединках с людьми. Го — старинная китайская игра. За матчем между чемпионом мира Кэ Цзе и программой AlphaGo 17.05.2017 следили сотни миллионов китайцев. Чемпион проиграл компьютеру три партии и заявил: «В прошлом году я думал, что стиль игры AlphaGo близок к человеческому. Но сегодня я понял, что она играет как бог игры го». Самоорганизация в ипостаси нейронных сетей преобразит мир!

В романе Курта Ваннегута есть такая фраза: «Над чем бы ученые ни работали, у них всё равно получается оружие». Естественно, это относится и к самоорганизации. При проектировании новых систем оружия самым уязвимым и ненадежным элементом

является человек. Нельзя ли обойтись без него, поручив боевые действия компьютерным системам? Однако война – это коллективные действия. Действия одного элемента системы должны определяться тем, что удалось другому. Сергей Павлович считал, что и здесь на помощь придет самоорганизация. И в этом он тоже оказался прав! В настоящее время в военном деле происходит революция, связанная с переходом к «безлюдным войнам». Вспомним о беспилотниках, которых сейчас выпускают сотни тысяч. Но это только начало. Пока беспилотники ведут операторы, но, вероятно, вскоре они смогут действовать автономно, организуя стаи и команды. Представим себе рай «кремневых насекомых», поражающих линии связи, боевую технику, локаторы, инфраструктуры. Большая часть существующего оружия станет в ходе этой революции бесполезным металлом... Было бы очень важно избежать этого нового витка гонки вооружений. И лекарство здесь то же самое – самоорганизация.

Надо договариваться, осознавая, что никакие технические достижения не заменят смыслы и ценности, определявшие развитие цивилизации. Готовы ли мы к этому? Сергей Павлович полагал, что готовы, что здравый смысл возьмет верх. Будущее покажет.

УЧИТЕЛЬ

В науке нет первых и последних – мы все равны перед лицом неизвестного.

Однако есть Учителя, которые заглядывают в будущее и видят чуть дальше, чем другие.

С.П.Курдюмов

Сергей Павлович был очень щедрым человеком, – он был готов обсуждать идеи теории самоорганизации со всеми, начиная со школьников и кончая академиками. Успехам и достижениям учеников он радовался больше, чем своим. Именно это и позволило ему вырастить научную школу, развивающую сегодня его идеи в Болгарии, Великобритании, в США и, конечно, в нашем Отечестве.

На мой взгляд, огромную роль в такой самоорганизации сыграла его жена, Валентина Васильевна. Они вместе кончили физический факультет МГУ, ходили в туристические походы, ездили на конференции и, конечно, принимали коллег и учеников Сергея Павловича у себя дома. Запомнилось постоянное стремление хозяев сытно накормить студентов, аспирантов и молодых сотрудников, которые, по их мнению, всегда были голодны.

Я с удовольствием часами беседую с Валентиной Васильевной об университете 1950-х гг. Это другая реальность. Поражает взаимопомощь в обществе и прекрасное отношение самых разных людей к студентам, надежды на них, осознание, что за ними будущее.

Сергей Павлович артистично читал лекции на Физтехе по одномерным задачам магнитной гидродинамики и раздавал препринты Института, по которым надо было готовиться к экзаменам. Помню свой опыт хождения на его лекции. Он волшебно и вдохновенно прочитал первую лекцию. На вторую пришло несколько ребят, которых

не было на первой. «Если не разобраться в основных идеях и понятиях, то всё дальнейшее будет бесполезно», – воскликнул Сергей Павлович. И он ещё раз прочитал первую лекцию, увлеченно и энергично, но совсем не так, как в первый раз. В следующий раз пришли новые ребята, и я опять прослушал первую лекцию в ином варианте. Как бы мне сейчас хотелось опять послушать эту лекцию...

Сергей Павлович умел слышать зов будущего. Как-то к нам в Институт приехал Герман Хакен. Именно он и назвал в 1970-х гг. теорию самоорганизации «синергетикой» от греческих слов «совместное» и «действие». Хакен рассказал, что в его серии книг по синергетике, которая выпускалась издательством «Шпрингер», через несколько лет будет около ста работ. Сергей Павлович немедленно сообщил: «И у нас будет такая серия!». «Нам есть, что сказать городу и миру», – энергично говорил он мне. После этого он ходил по Институту и настойчиво спрашивал друзей, коллег, знакомых: «Подумай, какую книгу ты напишешь в нашу серию. Это очень важно». Я замечал: «Мы ведь не выпустили пока ни одной книги. О чём мы говорим?». «Не беспокойся! С первой сотней книг всё понятно. Думай про вторую сотню!», – слышал я в ответ.

И действительно, издательство УРСС с 2002 г. выпускает серию книг: «Синергетика: от прошлого к будущему». В 2020 г. вышла 100-я книга в этой серии «Синергетика и прогнозы будущего. Книга 2: Образование. Демография. Проблемы прогноза» [Капица С.П., Курдыумов С.П., Малинецкий Г.Г./Изд. 4. – М.: URSS, 2020]. Начались хлопоты со второй сотней книг в нашей серии. По инициативе Сергея Павловича с 2004 года издается серия работ «Будущая Россия». Есть огромный научный и образовательный портал <https://spkurdyumov.ru>.

После докладов его учеников и коллег Сергей Павлович иногда говорил: «Докладчиком получены интересные результаты. Они могут сыграть важную роль в будущем. И это прекрасно!»

Наверно, это и есть главная фраза Сергея Павловича, которая останется в истории.

Георгий Геннадьевич Малинецкий



Надежда Дмитриевна Гернет

25 XII 1946 – 28 III 2023

Весной 2023 г. ушла из жизни наша многолетняя подруга и соратница Надежда Дмитриевна Гернет – основатель и Президент всеукраинской общественной организации «Украинская Ассоциация «Женщины в науке и образовании».

С конца 90-х годов Надежда Дмитриевна была непременным участником наших конференций «Математика. Компьютер. Образование». Она и ее подруги по Украинской ассоциации выступали с научными докладами, рассказывали о деятельности украинской Ассоциации «Женщины в науке образовании», делились своими проблемами. К сожалению, последние годы она приезжала одна, участие в наших конференциях было запрещено украинскими властями. Но человеческие отношения и дружба сохраняются, несмотря на все преграды.

Ниже приведено изложение истории жизни и творчества Надежды Дмитриевны Гернет, статья научной журналистки Валентины Гаташ (Харьков), посвященная одной из организованных Надеждой Дмитриевной конференций, «**Современные проблемы гуманизации и гармонизации управления**» (2001), а также эссе **Любови Наумовны Краснопольской** «О Друге, ушедшем навек»

Мы помним Надежду Дмитриеву – красивую и смелую женщину, талантливого ученого, замечательного организатора, нашу любимую подругу.

От имени участников МКО и членов Ассоциации «Женщины в науке и образовании

д.ф.-м., проф. МГУ Ризниченко Галина Юрьевна

Надежда Дмитриевна Гернет
(25.12.1946 – 28.03.2023)

Надежда Дмитриевна Гернет родилась 25.12.1946 в г. Константиновка Донецкой области. Её детство прошло в г. Северодонецке, в семье, где все четверо детей продолжили традицию древнего рода Гернет, в котором сложились династии химиков, математиков, физиков — традицию служения науке.

В 1971 г. Н.Д. окончила Харьковский Политехнический Институт по направлению «Динамика полета и управления» и получила специальность инженера-исследователя, разработчика математических моделей управления полетом космических летательных аппаратов.

С апреля 1975 г. она — научный сотрудник Харьковского Национального Университета им. В.Н. Каразина. 1975-1985 — ответственный исполнитель научно-исследовательских работ по проблемам экономических и технических систем-

С января 1986 по декабрь 1998 г. Н.Д. — научный руководитель научно-исследовательских работ по разработке методов, математических и алгоритмических моделей управления техническими и экономическими системами¹. Она занимается разработкой информационной технологии прогнозирования экономического роста национальной и региональной экономики и исследованием влияния интеллектуальной составляющей производительных сил на траекторию экономического роста государства.

С января 1999 по декабрь 2011 Н.Д. — ответственный исполнитель научно-исследовательских работ по проблемам радиационной модификации материалов и радиационного мониторинга, участвует в работах по созданию информационной технологии стратегического анализа и диагностики текущего состояния предприятий.

С января 2012 и до конца своей активной деятельности Надежда Дмитриевна была старшим научным сотрудником НИИ биологии. В эти годы область её научных интересов — разработка информационной технологии комплексной оценки процессов старения живых организмов, разработка балансовой модели клеточного цикла, технология системного подхода к моделированию функционирования и развития живой клетки, концепция АСНИ (автоматизированная система научных исследований) биологических процессов и систем. Она участвовала в разработке информационной технологии для изучения влияния интеллектуального потенциала общества на системные характеристики экономики знаний, а также в разработке информационной технологии прогнозирования и планирования переходных процессов в организационных системах путем моделирования и анализа процессов реформирования социально-экономических систем. В 2015 г. — ответственный исполнитель разработки «Проектного предложения для участия в конкурсе совместных украинско-белорусских научно-исследовательских проектов для реализации в 2016-2017 годах». В 2016 году ответственный исполнитель разработки технического задания работы «Формирование

¹ Системы навигации на основе радиолокационных изображений, информационные системы ПЭО (организация, предоставляемая широкий спектр услуг в сфере управления персоналом), системы формирования эффективной политики машиностроительного завода, разработка математических методов и моделей управления функционированием и развитием предприятия

изображения текущего состояния сложной системы на основе геометрического и спектрального анализа ее интегральных характеристик».

Кроме того, под руководством Н.Д. были разработаны информационные технологии компьютерной диагностики: технической диагностики турбокомпрессоров и турбоагрегатов, медицинской диагностики первичного нарушения кровообращения головного мозга, диагностики нарушений ночного сна.

На протяжении всего периода работы в Харьковском национальном университете Надежда Дмитриевна вела преподавательскую работу: руководство курсовыми и дипломными работами, чтение курсов лекций («Распознавание образов», «Экологическое прогнозирование», «Геоинформационная система»). Она руководила студенческими научными работами, которые многократно становились призерами и победителями различных конкурсов студенческих работ, в том числе международных. Эти работы представлялись на международных научных конференциях. Были разработаны компьютерные обучающие программы «Численные методы», «Экологическое прогнозирование», отмеченные дипломами на областном конкурсе.

С ноября 1999 г. Н.Д. Гернет — основатель и Президент всеукраинской общественной организации Украинская Ассоциация «Женщины в науке и образовании». С 2000 по 2016, будучи сопредседателем организационных комитетов и менеджером, провела 15 Международных научно-практических конференций «Современные проблемы науки и образования» и 10 школ-конференций «Современные проблемы гуманизации и гармонизации управления».

В 2002–2005 гг. она — заместитель главного редактора сборника научных работ «Проблемы науки, образования и управления».

Наряду с интенсивной научной и преподавательской деятельностью, Надежда Дмитриевна находила время и силы для общественной работы. В 2006 г. она участвовала в парламентских слушаниях «Равные права и возможности в Украине: действительность и перспективы», в течение многих лет была членом региональной экспертной комиссии Государственной Аккредитации в Харьковской области. В 2007–2009 гг. активно занималась вопросами обеспечения равных прав и возможностей женщин и мужчин, исследованием бюджетных механизмов самореализации молодежи.

В марте 2004, победив на областном фестивале, Надежда Дмитриевна была удостоена звания «Женщина года».

Она опубликовала более 100 печатных работ, отражающих результаты научных исследований по тематике как профессиональной научной, так и общественной деятельности.

Коллеги Н.Д. Гернет по УАЖНО в своем слове Памяти подчеркнули, что «...**Яркая личность Надежды Дмитриевны сочетала в себе широкий научный кругозор, любовь к поэзии, спорту, душевное тепло, искренность, честность, принципиальность, бескорыстное стремление помочь, умение радовать, творить и создавать даже в самых трудных условиях.**».

Три особенности делают международную научно-практическую конференцию «Современные проблемы гуманизации и гармонизации управления», которая прошла в Харькове, явлением особенно интересным...

Во-первых, ее междисциплинарный характер дал возможность объединить усилия по выработке подходов к управлению специалистов разного профиля как ученых, так и чиновников, и предпринимателей. Во-вторых, она была организована по инициативе общественной организации — всеукраинской ассоциации «Женщины в науке и образовании». И в-третьих, впервые в практике научных форумов его участники были приглашены в Харьков вместе с детьми, которые в рамках специальной программы разработали свой прогноз-проект «Города будущего».

Как известно, за чертой бедности в Украине живет сейчас подавляющая часть населения, разница в величине доходов богатых и бедных увеличивается. С каждым годом численность населения падает из-за высокой смертности и низкой рождаемости. В докладах экспертов Программы развития ООН нашему государству с каждым годом отводится все более низкая рейтинговая позиция. Но вот парадокс — наряду с этим численность работников аппарата управления разных рангов выросла в 2,4 раза...

Цена постсоциалистических реформ в экономике, по мнению участников конференции, оказалась чрезвычайно высокой и ничем не оправданной. А возможности преодоления системного кризиса, в том числе в управлении, используются очень слабо. Из более чем ста докладов и сообщений, заслушанных на конференции, вырисовалась впечатляющая картина проблем, накопившихся на разных уровнях управления: государственного, регионального и муниципального. Главная из них — до сих пор не определены цели развития. Ведь общие слова о процветающей Украине, как и личное выживание, — это не цель.

Как показали расчеты харьковчан, если сохранится нынешний уровень малоэффективного государственного управления и все будет развиваться по действующему сценарию, то общая деградация продолжится. К 2022 году население Украины сократится еще на 6 миллионов человек, а относительный уровень интегрального интеллекта нации снизится на 37% (относительного базового 1992 года). Продолжится снижение материального уровня населения — на 47%, относительного уровня питания — на 34,5%, общего качества жизни — на 36%. Все это — следствие уменьшения производственных и непроизводственных фондов на 37%, которое отражает состояние стагнирующей экономики.

Слишком мрачно? Увы, но жизнь уже подтвердила прогноз этой группы харьковчан, сделанный в 1995 году... Чтобы выйти из сложившейся ситуации, по мнению специалистов, нужно сделать две вещи.

Во-первых, гуманизировать взаимоотношения между управляемыми и управляющими системами. Проще говоря, граждане и управленцы должны взаимодействовать на основе убеждения, что первичным звеном социальной системы любого порядка является обычный человек, а цель управления — улучшение условий его жизни. Население должно своим управленцам доверять. Есть у нас нынче основа для такого доверия? «Нет!» — говорят ученые. Потому что легитимные центры разработки цели и стратегии управления отсутствуют. Механизм принятия решений страдает непрозрачностью, а управленческий аппарат не прогнозирует результаты их внедрения и не анализирует их последствия. Довершает картину полная неопределенность меры ответственности чиновника за то или иное управленческое решение и отсутствие каких-либо критериев оценки его работы.

Во-вторых, нужно гармонизировать управление всей социально-экономической сферой. То есть обеспечить адекватность и сбалансированность работы всех ее структурных элементов с помощью системных методов формирования и реализации политики в области экономики.

Достижение этих двух взаимосвязанных целей — гуманизации и гармонизации управления — станет возможным только в том случае, если социальный проект трансформации нашего общества будет разрабатываться на основе научной методологии. И это возможно, поскольку достижения отечественной школы системных аналитиков известны в мире.

Участники конференции считают целесообразным создать при участии ученых особый центральный орган, главной задачей которого будет разработка Национальной программы развития и тактики ее реализации. Он должен тесно взаимодействовать с различными политическими, профессиональными и общественными организациями, проводить общественные экспертизы планируемыхправленческих решений и их последствий. По их мнению, только такой подход к управлению даст Украине возможность выйти на показатели устойчивого экономического роста. Предложено также создать особый банк данных специалистов разного профиля, которые занимаются проблемами управления.

При стабильном экономическом росте в ближайшие двадцать лет нынешний ВВП на душу населения (около 700 долларов) останется, в лучшем случае, прежним. Достичь уровня, который был у нас в 1992 году, Украина сможет лишь при его удвоении, а нынешнего уровня экономически развитых стран — лет эдак через 50, и то при условии стабильного среднегодового 10-процентного роста ВВП. Вот такой самый оптимистичный из прогнозов.

— Это уже вторая научно-практическая конференция, организованная по нашей инициативе, — говорит президент ассоциации, специалист по управлению сложными системами, Надежда Гернет. — Нас поддержали Харьковская областная государственная администрация, Харьковский горисполком, Украинская федерация ученых, Харьковский национальный университет, Украинская инженерно-педагогическая академия, Харьковский институт управления, Северо-Восточный научный центр НАНУ, Харьковское отделение Института экономики НАН Украины, «Благотворительный фонд в честь семьи Алчевских», Ассоциация женщин Харьковщины «Берегиня». Как видите, ничего специфически женского в программе конференции не было. Дело в том, что мы, женщины, особенно остро ощущаем тревогу за будущее наших детей и поэтому хотели бы мобилизовать интеллект Украины для перелома нынешней ситуации.

Стоит добавить, что во всем мире проблема гуманизации и гармонизации управления объектов любого ранга становится сейчас предметом пристального внимания и ученых, и специалистов центров принятияправленческих решений. Девиз дня нынче формулируется так — «Качество управления определяет качество жизни».

...На заключительное пленарное заседание конференции были вынесены детские проекты, посвященные «Городу будущего». Жизнерадостные, красочные, полные солнца и тепла, они были так далеки от прогнозов взрослых! Сможем ли мы обеспечить нашим детям то будущее, которое они представляют?

Валентина Гаташ

https://zn.ua/SOCIUM/plyus_gumanizatsiya_vsey_strany.html

2001 г., Харьков

О Друге, ушедшем навек...

С Надеждой Дмитриевной Гернет познакомилась на конференциях МКО, в работе которых она принимала активное участие. Но реально дружеские отношения сложились в 2013, когда Н.Д. пригласила меня принять участие в конференции УАЖНО в Одессе. Поездка в Одессу привлекла не только интересной программой, но и возможностью выполнить один долг чести. И тогда, и сейчас благодаря Надежде Дмитриевну за то, что именно она, несмотря на свою огромную занятость на конференции, помогла мне найти в Одессе людей, заинтересованных в восстановлении памяти о Ф. Степаненко, одном из первых директоров Одесского института сельскохозяйственной генетики.

Пишу об этом эпизоде потому, что именно тогда мне открылось: самое главное в человеке по имени Надежда Дмитриевна Гернет — стремление «жить со всеми и для всех». И в этом я неоднократно могла убедиться в последующие годы нашего общения.

До осени 2020 г. это общение было эпизодическим: телефонные звонки по случаю конференций, праздников, острых событий современности, переписка по электронной почте после концерта Жени Лисицкой (дочери Н. Д.) на конференции МКО-2017 в Пущино. Осенью упомянутого года я освоила Вайбер и мы с Н.Д. сначала активно обсуждали на этой платформе подготовку конференции МКО-2021 в формате онлайн, а потом всё-всё, что волновало нас обеих в этой жизни. Сохранилась почти вся наша переписка с 13 января 2021. Почти вся, потому что своё, очень личное, удаляла я сама, а Н. Д. вообще предпочитала голосовое общение, часто отправляла мне что-то интересное или смешное из ТикТока, стихи, статьи, музыкальные клипы, афиши или записи выступлений любимой дочери Жени и её студентов. С сентября прошлого года Надежда Дмитриевна вдруг стала сама удалять некоторые странички нашей переписки.

Мы обсуждали с ней многое, могли позволить себе перескакивать от проблем быта, здоровья, подготовки к конференциям МКО, доклада Жени на конференции в консерватории к глобальным проблемам современности. Мы не всегда совпадали в своих взглядах, оценках текущих событий, могли снова и снова возвращаться к «точкам несовпадения», но, думаю, обе знали, что совпадаем в понимании и переживании самого главного.

Нас объединяло (осмелиюсь сказать — роднило!) многое: наше детство прошло почти в одно и то же время под одним небом: у Надежды Дмитриевны в Северодонецке Луганской области, у меня — в посёлке Белокуракино на Луганщине. Всего 88 км по трассе (а по прямой вообще только 67км!) отделяли нас друг от друга в те благословенные годы! Река моего детства, мелководная Белая, впадает р. Айдар, приток Северского Донца, давшего имя городу, всегда родному для Н.Д. У нас был один День Ангела, мы совпадали в понимании популярности наших имен среди ровесниц. История Слобожанщины (так раньше называлась земля нашего детства) интересовали нас обеих. В беседах об этом, длившихся иногда более часа, мы доходили до времён противостояния гетманов Полуботко и Хмельницкого... Нас объединяла болезнь, происходящее сейчас в родных краях, убеждение в том, что русские и украинцы — братские народы. Да, мы могли и дискутировать по этому вопросу, по-разному понимая ряд аспектов проблемы. Честно говоря, я очень переживала, чувствуя наши несовпадения, понимая, что они слишком задевают, огорчают Надежду Дмитриевну, что она, несомненно, больше знает, понимает современную Украину. Спешила, как правило, написать ей об этом сразу после «дискуссий». Ответы получала

чаще всего на следующий день. Именно в таких случаях особо ярко проявлялось присущее Н.Д. умение слушать, слышать и понимать собеседника, великодушно его прощать, даже если он в чём-то, по её мнению, неправ или просто ошибается, не владея той информацией, которой владеет она сама.

С сентября прошлого года стали возникать помехи в связи, поэтому Н.Д. могла звонить мне и два-три раза в сутки, т.к. разговоры прерывались. К сожалению, в силу семейных обстоятельств я не всегда могла отвечать на ееочные звонки, иногда писала короткое сообщение-ответ, иногда звонила на следующий день уже после полудня, полагая, что именно в это время меньше всего побеспокоишь «ночных людей» (Н.Д. не раз говорила, что относится к этой популяции). Вот, например, её письмо от 23 октября 2021: «Рада Вашей весточке. Я ночной человек. Можно звонить допоздна. В крайнем случае не отвечу сразу, но увижу, что Вы звонили. Мне звоните, когда Вам удобно. Желаю здоровья, радости и успехов везде и во всём... Целую. Надежда».

Когда Н.Д. что-то нравилось из написанного мною, она присыпала «сердечко», большое и яркое, или красивый цветок, или песню. И часто желала «Удачи! Удачи! Удачи! И здоровья! И сил для побед, разных – маленьких и больших!». Н.Д. любила желать удачи! «Ведь удача в жизни так много значит!» — написала она в письме от 28-го ноября 2021 г. Нисколько не преувеличу, если скажу, что каждый наш разговор она непременно завершала таким пожеланием, даже после уже прозвучавших (или написанных) пожеланий «светлых, ярких, мыслей, душевной теплоты».

Душевная теплота – это еще один дар, как и дар мужества и терпения, которыми была наделена эта хрупкая женщина. Не могу не вспомнить, как осенью 2021 года, когда всю мою семью свалил ковид, когда мне было трудно говорить, писать, Надежда Дмитриевна призывала: «Держитесь! Я уверена, что у Вас всё будет хорошо! Я уверена!». Ежедневно присыпала много музыкальных роликов, интересных материалов, анекдотов, всё «для поддержания настроения», — писала она. Трудно словами передать радость моих внуков, с трудом преодолевавших постковидный синдром, после многократного просмотра ролика о шалостях родившейся в зоопарке Харькова обезьянки. А смех, как известно, надежное лекарство! У тёти Нади хватало терпения выслушивать монологи моей малолетней внучки Маши, вполне серьезно обсуждать её радости и огорчения...

В последнее время чувствовалось, что Надежда Дмитриевна устала, измучилась от душевной боли за всё происходящее в Украине... Не случайно же она прислала мне однажды стихотворение Ларисы Рубальской, начинающееся словами «Мне хочется хороших новостей...».

Сегодня хочется повторить слова, написанные ей 24 сентября 2022: «Сердечное спасибо Вам, дарящей и мне частичку своей душевной теплоты, несмотря на все обстоятельства, вернее даже вопреки им! Доброе утро!». Но Надежда Дмитриевна уже их не услышит... Наше, нередко ежедневное общение, оборвалось звонками Н.Д. от 11 марта, потом странное молчание, письмо Жене, от которой узнаю, что «мама в больнице, потихоньку восстанавливается», а потом сообщение Паши Сорокина и коллег Надежды Дмитриевны, что ей, мужественной оптимистке, не удалось сказать болезни любимый свой лозунг «¡no pasaran!» ...

Светлая и вечная ей память!

Л. Краснопольская

P.S. Утром 25 октября 2022 г. Н.Д. прислала как поздравление-пожелание по случаю обычного понедельника стихотворение неизвестной мне поэтессы Юлии Солнечной. В нём есть по-новому сейчас звучащие строчки:

«Уходит прошлое. Его не удержать.
Всё дальше голоса, улыбки, взгляды.
И хочется от боли закричать,
Чтобы вернуть того, кого нет рядом.
<...> Как хочется до слёз все вновь прожить,
Вернуться в прошлое. Хотя бы на мгновение».

Л.К.

S1

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ТЕОРИИ

MATHEMATICAL THEORIES

Руководители:

Елена Николаевна Аристова, Владимир Ильич Заягин,
Владимир Ефимович Карпов, Алексей Иванович Лобанов,
Павел Валентинович Москалёв, Сергей Васильевич Сидоров,
Павел Николаевич Сорокин, Александр Васильевич Шаповалов.

К ВОПРОСУ ОБ ИЕРАРХИИ В ОДНОМ СЕМЕЙСТВЕ ПОЛИНОМИАЛЬНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Андреева И.А.

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Россия, 195251,
Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29, andreeva_ia@spbstu.ru

В двумерном вещественном пространстве фазовых переменных всесторонне изучается иерархическая последовательность динамических систем, порождаемая в ходе исследования базовым классом систем со взаимно простыми полиномами третьей и второй степеней в правых частях уравнений [1, 2]. Определяются и описываются все характерные их особенности в терминах фазовых портретов, строящихся в круге Пуанкаре с применением 1-го и 2-го преобразований Пуанкаре. Устанавливаются коэффициентные критерии топологически различных фазовых портретов [3]. В ходе изучения базовое семейство естественным образом расщепляется на иерархические уровни и подуровни, число которых для различных ветвей такового подразделения варьирует от 3 до 4. Основополагающими принципами подразделения служат упорядоченные в порядке возрастания последовательности корней специальных многочленов, сопоставляемых правым частям уравнений системы, а также факторы единственности либо неединственности продолжений сепаратрис. Для каждого иерархического уровня семейств динамических систем установлено общее число имеющихся у них различных в топологическом понимании фазовых портретов и их виды. Подобные системы имеют широкое применение в математическом моделировании в различных отраслях научного поиска и инженерной деятельности. В ходе работы и для ее целей разработаны специальные методики исследования, которые находят применение в работах данного направления [4, 5].

Литература

1. Andreeva I. Classes of Dynamic Systems with Various Combinations of Multipliers in Their Reciprocal Polynomial Right Parts. *Journal of Physics: Conference Series*, 2090 (2021) 012095, IOP Publishing.
2. Андреева И. А., Ефимова Т.О. О качественном исследовании некоторого семейства кубических динамических систем. *Математические методы в технологиях и технике*. № 6. С. 12 – 15. ISSN 2712-8873.
3. Andreeva I., Efimova T. On the qualitative study of phase portraits for some categories of polynomial dynamic systems. *Studies of Systems, Decision and Control*, Vol. 418. *Cyber-Physical Systems: Modelling and Industrial Application*, pp. 39–50, 2022. Springer.
4. Egorov V., Maksimova O., Koibuchi H., J.P.Rieu J.P., Andreeva I., etc. (12 authors) Stochastic Fluid Dynamics Simulations of the Velocity Distribution in Protoplasmic Streaming. *Physics of Fluids* 32, 121902(2020), <https://doi.org/10.1063/5.0019225>.
5. Andreev A.F., Andreeva I.A., Detchenya L.V., Makovetskaya T.V. and Sadovskii A.P. Nilpotent Centers of Cubic Systems. - *Differential Equations*, 2017 53:8, pp.1003 – 1008.

ТРИГОНОМЕТРИЧЕСКИЕ СУММЫ И ИНТЕГРАЛЫ В МАТЕМАТИЧЕСКОМ АНАЛИЗЕ

Архипова Л.Г.

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,
механико-математический факультет, Россия, 119991, Москва, Ленинские горы, д. 1

Пусть k — натуральное число, E обозначает единичный k -мерный куб, состоящий из векторов $\alpha = (\alpha_1, \dots, \alpha_k)$ с вещественными координатами $\alpha_s, s = 1, \dots, k$, и пусть $f(x) = f_k(x) = \sum_{s=1}^k \alpha_s x^s$ — многочлен степени k . Рассмотрим ряд $h(f) = \sum_{n \neq 0} \frac{e^{2\pi i f(n)}}{n}$, где суммирование распространяется по всем целым n , исключая $n = 0$, и его симметричные частичные суммы вида $h_N(f) = \sum_{1 \leq |n| \leq N} \frac{e^{2\pi i f(n)}}{n}, N \geq 1$.

Используя метод тригонометрических сумм И.М. Виноградова, Г.И. Архипов и К.И. Осколков доказали [1] следующее утверждение о равномерной ограниченности симметричных частичных сумм $h_N(f)$.

Теорема 1. Пусть $k \geq 2$ — фиксированное натуральное число. Тогда для многочлена $f_k \neq 0$ имеем $\sup_{N \geq 1} \sup_{f_k} |h_N(f_k)| = g_k < \infty$. Более того, для каждого многочлена $f_k \neq 0$ последовательность $\{h_N(f_k)\}$ сходится при $N \rightarrow \infty$, так что сумма ряда $h(f_k)$, рассматриваемая как предел ее симметричных частичных сумм $h_N(f_k)$, определена и ограничена всюду на множестве многочленов степени k .

В частности, К. И. Осколков нашел [2], что утверждение теоремы 1 может быть сформулировано в терминах функциональных свойств обобщенных решений задачи Коши для уравнения Шредингера $\frac{\partial \Psi}{\partial t} = \frac{1}{2\pi i} \frac{\partial^2 \Psi}{\partial x^2}, \Psi(x, t)|_{t=0} = f(x)$ с периодическими (период 1) начальными условиями $f(x)$. Он доказал следующее утверждение.

Теорема 2. Пусть $f(x)$ — функция ограниченной вариации на периоде. Тогда существует решение уравнения Шредингера, ограниченное всюду на плоскости $\{x, t\}$.

Г.И. Архипов нашел следующий интересный результат (без доказательства).

Теорема 3. Пусть $u = u(x, t)$ — обобщенное решение задачи Коши уравнения $\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{\partial^3 u}{\partial x^3}, u|_{t=0} = \{x\}$, где $\{x\}$ — дробная часть числа x . Тогда оно существует, ограничено и для всех иррациональных t непрерывно по x . Если $t = a/q, (a, q) = 1$, то при некоторых ограничениях на знаменатель q функция $u(x, a/q)$ имеет только разрывы 1-го рода со скачками $b(q)$ в числе q на периоде.

Доказательство теоремы 3 на основе анализа Фурье дано нами.

Литература.

1. Архипов Г. И., Осколков К.И. Об одном специальном тригонометрическом ряде и его применениях // Матем. сб., 1987, том 176, номер 2, 147–157
2. Осколков К. И. Ряды и интегралы И.М. Виноградова и их приложения // Тр. МИАН СССР, 1989, том 190, 186–221

**КЛАССИФИКАЦИЯ МАТРИЧНО-ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ ОПЕРАТОРОВ
СИММЕТРИИ УРАВНЕНИЯ ДИРАКА В (2+1)-МЕРНОМ ПРОСТРАНСТВЕ
МИНКОВСКОГО**

А.И. Бреев, Н.К. Заря, А.В. Шаповалов

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

Уравнение Дирака в (2+1)-мерном пространстве с нулевой массой используется в моделях, описывающих низкоэнергетические электронные возбуждения в графене [1]. Одним из основных методов построения точных решений линейных уравнений является хорошо известный метод разделения переменных (РП) в уравнениях математической физики, основу которого составляют полные наборы взаимно коммутирующих операторов симметрии. В [2] проблема РП решена для (2+1)-мерного уравнения Дирака с ненулевой массой в пространстве Минковского с помощью полных наборов матрично-дифференциальных операторов симметрий первого порядка. Однако в безмассовом случае определяющие уравнения для операторов симметрии отличаются от массивного случая и поэтому проблема нахождения операторов симметрии в безмассовом случае, требует специального рассмотрения.

В данной работе в рамках проблемы разделения переменных в безмассовом уравнении Дирака проводится классификация матрично-дифференциальных операторов симметрии первого порядка в (2+1)-мерном пространстве Минковского. Классификация операторов симметрии приводит к задаче о классификации конформных векторов Киллинга в (2+1)-мерном пространстве Минковского. С помощью изоморфизма конформной группы и группы $O(2,3)$ конформные векторы Киллинга представляются как элементы алгебры Ли группы $O(2,3)$, классификация которых проводится относительно действия присоединенного представления группы на ее алгебре Ли. Таким образом, классификация конформных векторов Киллинга приводит к линейно-алгебраической задаче классификации кососимметрической матрицы специального вида относительно преобразования подобия матрицами группы $O(2,3)$. В работе представлено решение данной задачи методом нахождения неэквивалентных наборов элементарных делителей и соответствующих жордановых форм.

Литература

1. Castro Neto A. H., Guinea F., Peres N. M. R., Novoselov K. S., Geim A. K. The electronic properties of grapheme// Rev. Mod. Phys. 2009. V. 81, no. 1. P. 109 – 162.
2. Shapovalov A. V., Breev A. I. Symmetry operators and separation of variables in the (2 + 1)-dimensional Dirac equation with external electromagnetic field //Int. J. Geom. Meth. Mod. Phys. 2018. V. 15, no 5. 1850085. 26 pp.

СВОЙСТВА НЕВЯЗКИ КВАЗИКЛАССИЧЕСКИХ АСИМПТОТИК НЕЛОКАЛЬНОЙ КИНЕТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ИОНИЗАЦИИ АКТИВНОЙ СРЕДЫ

С.А. Синюков¹, А.Е. Кулагин², А.В. Шаповалов¹

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

²Томский политехнический университет, Россия, 634050, Томск, пр. Ленина, 30,
Телефон: (3822) 418913, E-mail: aek8@tpu.ru

Метод квазиклассически сосредоточенных состояний, основанный на теории ростка Маслова, является мощным инструментом построения асимптотических решений нелокальных нелинейных уравнений. Метод применялся к ряду уравнений, в частности, эволюционных уравнений типа Шредингера и кинетических уравнений. Поэтому является важной задача исследования невязки и точности данных решений.

В данной работе исследуются свойства невязки асимптотических решений нелокальной модели ионизации активной среды на парах металлов (АСПМ) [1], построенных методом квазиклассически сосредоточенных состояний [2]. Проведен сравнительный анализ асимптотических и численных решений уравнения АСПМ при одинаковых начальном условии и параметрах модели. Сравнение численных и асимптотических решений показало, что при уменьшении асимптотического параметра диффузии асимптотические решения приближаются к численным. Это говорит о справедливости асимптотического метода, примененного в [2] в выбранной области значений параметров модели. Исследование невязки продемонстрировало, что в некоторой области достаточно малых значений параметра D асимптотическое решение имеет точность $O(D^{3/2})$, согласующуюся с оценками асимптотических решений, полученных в [2].

Применение квазиклассического метода для получения асимптотических решений диссипативных задач дает ряд преимуществ. Квазиклассические асимптотики имеют растущую во времени ошибку [3]. Однако для открытых систем с затухающими процессами ошибка будет ограничена сверху, так как невязка убывает, начиная с некоторого момента времени, что проиллюстрировано в работе.

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

Литература

1. Little C.E. Metal vapor lasers: Physics, Engineering and Applications. – Chichester, UK: John Wiley and Sons Ltd., 1998 . 620 p.
2. Shapovalov A.V. Kulagin A.E. Siniukov S.A. Family of asymptotic solutions to the two-dimensional kinetic equation with a nonlocal cubic nonlinearity // Symmetry, **Vol. 14**, № 6, 2022. 577 p.
3. Hagedorn G., Joye A. Semiclassical dynamics with exponentially small error estimates // Comm. Math. Phys., **Vol. 207**. 1999. 439–465 p.

S2

BЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ МЕТОДЫ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

COMPUTATIONAL METHODS AND MATHEMATICAL MODELING

Руководители:

Елена Николаевна Аристова, Владимир Ильич Заягин,
Владимир Ефимович Карпов, Алексей Иванович Лобанов,
Павел Валентинович Москалёв, Сергей Васильевич Сидоров,
Павел Николаевич Сорокин, Александр Васильевич Шаповалов.

Моделирование временных рядов геофизических величин с применением разработанного программного комплекса

Арзангуйян М.Э. Шапкина Н.Е.

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,

физический факультет, Москва, Россия

E-mail: arzangulian.me19@physics.msu.ru

Сегодня во всем мире, как никогда, актуален вопрос изменения климата. Метеостанции по всей стране уже много лет ежедневно считывают такие параметры как температура, концентрация CO₂, давление и т.п. Однако обработка этих данных является достаточно трудоемким процессом, учитывая их количество, а также разнообразие методов работы с ними.

Для решения этой проблемы была разработана программная среда, позволяющая обрабатывать временные ряды метеорологических данных различными способами. В функционал комплекса входят анализ рядов, восстановление потерянных данных и прогнозирование поведения ряда.

В первую очередь среда предназначена для эксплуатации в научных группах, изучающих временные ряды. Однако ею также могли бы пользоваться сотрудники метеорологических станций, которым необходимо здесь и сейчас обрабатывать получаемые данные, без привлечения специально обученных людей.

Среда разработана на языке **Python** с использованием открытых библиотек, в частности **pandas**, **numpy**, **streamlit**, что гарантирует ее работоспособность независимо от внешних обстоятельств, в отличие от ряда аналогичных решений от зарубежных компаний.

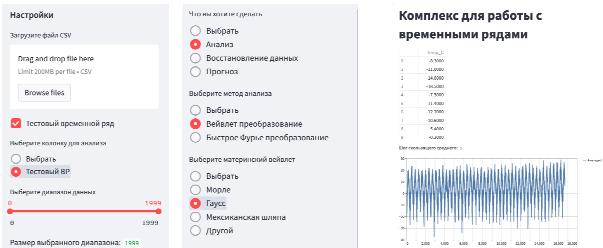


Рис. 1. Элементы интерфейса программного комплекса

Литература

- Газарян В. А. , Курбатова Ю. А. , Овсянников Т. А. , Шапкина Н. Е. // ВМУ. Серия 3. ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ. 2018. No 1. Статистический анализ циклических изменений в рядах динамики метеорологических показателей на юго-западе Валдайской возвышенности.
- Kurbatova J., Tatarinov F., Molchanov A. et al. // Environ. Res. Lett. 2013. No8.045028.

БИКОМПАКТНЫЕ СХЕМЫ ДЛЯ ЧИСЛЕННОГО РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПЕРЕНОСА ИЗЛУЧЕНИЯ В НЕПОДВИЖНОЙ СРЕДЕ

Аристова Е.Н., Караваева Н.И.¹

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

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

Для решения задач переноса излучения в среде обычно используются схемы расщепления по физическим процессам, в которых одним из блоков решения является совместное решение уравнения переноса излучения и уравнения энергии для вещества. В предлагаемом подходе для этого блока используется HOLO алгоритм, использующий двухступенчатое понижение размерности уравнения переноса сначала по угловой переменной, а потом по энергетической. При этом часть высокой размерности (HO – high order) решается в многогрупповом приближении при известном поле температур, после осреднения по углу решается многогрупповая система уравнений квазидиффузии (LO1 – low order 1), а на последнем этапе осреднения решается эффективная одногрупповая система уравнений квазидиффузии (LO2) совместно с уравнением энергии. Построена бикомпактная аппроксимация для каждого из этапов решения поставленной задачи в одномерном плоском слое, обладающая четвертым порядком аппроксимации по пространству. Интегрирование по времени производится с третьим порядком аппроксимации, однако возможно понижение порядка сходимости по времени до второго при использовании эффективных граничных условий для уравнений квазидиффузии. Построен и исследован аналитический тест для блока совместного решения уравнения переноса излучения совместно с уравнением энергии [1]. Предложенные схемы применены для решения первой задачи Флека, которая обычно используется для валидации программ, реализующих численное решение задач переноса излучения в среде.

Литература.

1. Аристова Е.Н., Караваева Н.И. Бикомпактные схемы для HOLO алгоритма решения уравнения переноса излучения совместно с уравнением энергии. Компьютерные исследования и моделирование, Т. 15, № 6 (2023).

**ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ УРАВНЕНИЯ ПЕРЕНОСА С ПЕРЕМЕННЫМ
КОЭФФИЦИЕНТОМ ПОГЛОЩЕНИЯ ПРИ ПОМОЩИ
МОДИФИЦИРОВАННОЙ СХЕМЫ С ЭРМИТОВОЙ ИНТЕРПОЛЯЦИЕЙ**

Аристова Е.Н., Караваева Н.И.¹, Гурченко А.А.¹

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

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

К решению неоднородного уравнения переноса приводит множество задач современной науки и техники, например в области высокотемпературной радиационной газовой динамики и реакторной физики. Существует множество различных схем для решения этого уравнения, одним из вариантов является модифицированная схема CIP (Cubic Interpolation Polynomial) третьего порядка аппроксимации по пространству и времени, предложенная в [1]. В данной схеме используется метод эрмитовой интерполяции, при котором для построения интерполянта учитываются не только значения функции в узлах, но также и их производные. В отличие от изначального метода, где для вычисления производных на новом временном уровне применяется продолженное уравнение переноса, то есть уравнение, записанное для пространственных производных, предлагаемая модификация выполняет замыкание с помощью вычисления средних значений по ребрам ячейки и использования формулы Эйлера–Маклорена. В различных нормах продемонстрирован третий порядок сходимости по времени и пространству указанной схемы для решения неоднородного уравнения переноса с переменным коэффициентом поглощения при решении, выбранном в виде бесконечно гладкой функции. Аналогичные тесты проведены для функций различной гладкости. В точках разрыва коэффициента поглощения предлагается способ выбора значения коэффициента, минимизирующий норму разности численного и аналитического решений. Показано, что наилучшим вариантом является выбор коэффициента поглощения в ячейке, через которую проходит характеристика, выпущенная из узла с неизвестным значением.

Литература.

1. Аристова Е. Н., Овчаров Г. И. “Эрмитова характеристическая схема для неоднородного линейного уравнения переноса”, Матем. моделирование, 32:3 (2020), 3–18

ПРОЕКЦИОННО-ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКИЙ МЕТОД ЧИСЛЕННОГО РЕШЕНИЯ УРАВНЕНИЯ ПЕРЕНОСА НА ТЕТРАЭДРАХ ВЫСОКОГО ПОРЯДКА

Аристова Е.Н., Астафуров Г.О.

Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша, РАН

Предложен метод третьего порядка аппроксимации на сетке из тетраэдров [1], основанный на: А) применении ортогонального проектора; Б) характеристической форме решения уравнения переноса. Установлены оценки точности получаемого численного решения [2]. Проведены тестовые расчеты, подтверждающие теоретический порядок сходимости. Предложен многопоточный алгоритм распараллеливания обхода ячеек, основанный на теории графов. Достигнуто существенное ускорение расчета. Переход к проекционному варианту метода позволил ввести распараллеливание алгоритма обхода, описанного в [3].

Базовой схемой является одномерный метод, основанный на эрмитовой интерполяции. Перенос ее на тетраэдры был сопряжен с потерей точности, когда характеристика почти лежала в плоскости грани. Переход от интерполяционных операторов к проекционным позволил избежать этой трудности. Отметим, что в предложенном методе, также как, например, в разрывном методе Галеркина, не требуется непрерывности численного решения между смежными гранями сетки, что позволяет лучше учитывать существенно разрывный характер решения уравнения переноса. Теоретически и практически доказан третий порядок сходимости.

Литература.

1. Е. Н. Аристова, Г. О. Астафуров, Проекционно-характеристический метод третьего порядка для решения уравнения переноса на неструктурированных сетках // *Матем. моделирование*, том 35, номер 11, год 2023. Стр. 79–93.
2. Г. О. Астафуров, Построение и исследование метода CPP (Cubic Polynomial Projection) решения уравнения переноса // Препринты ИПМ им. М. В. Келдыша, номер 066, год 2022. Стр. 1-56.
3. Г. О. Астафуров, Алгоритм обхода ячеек в характеристических методах решения уравнения переноса // Препринты ИПМ им. М. В. Келдыша, номер 193, год 2018. Стр. 1-24.

ПРИМЕНЕНИЕ КУБИЧЕСКИХ СПЛАЙНОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ УРАВНЕНИЯ ШРЕДИНГЕРА ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ СТРУКТУРЫ АТОМНЫХ ЯДЕР

Бажин А.С.^{1,2}

¹ Государственный университет «Дубна», Дубна, Россия;

² Объединенный институт ядерных исследований, Дубна, Россия.

E-mail: vichshizik@gmail.com

Представлен новый метод решения уравнения Шредингера методом кубических сплайнов [1]. Задача сводится к нахождению собственных значений и векторов матрицы, причем применение сплайн-интерполяции позволяет находить кусочно-гладкие решения даже при не очень малом шаге сетки и не очень большом размере матрицы. Метод применен для решения радиального уравнения Шредингера в оболочечной модели сферических ядер и для решения системы гиперрадиальных уравнений при расчетах энергии и волновой функции основного состояния ядра ${}^9\text{Be}$ в альфа-кластерной модели ($\alpha + \alpha + n$) с помощью разложения по гиперсферическим функциям [2]. Метод реализован на языке C++ с применением библиотек параллельного программирования (OpenMP, NVIDIA CUDA). Рассчитан среднеквадратичный зарядовый радиус ядра ${}^9\text{Be}$ и получено согласие с экспериментальным значением (см., например, [3]).

Литература

1. Марчук Г.И. Методы вычислительной математики. – М.: Наука, 1980.
2. Джисибути Р.И., Шитикова К.В. Метод гиперсферических функций в атомной и ядерной физике. – М.: Энергоатомиздат, 1993.
3. Зарабаев В.И., Деникин А.С., Карпов А.В., Алексеев А.А., Науменко М.А., Рачков В.А., Самарин В.В., Сайко В.В. База знаний NRV по ядерной физике низких энергий, <http://nrv.jinr.ru/>.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФАЗОВОГО ПОВЕДЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ И ИХ СМЕСЕЙ

Бевзо М.О., Исаева А.В.

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, 119991, Российская
Федерация, Москва, Ленинские горы, д. 1, +7 (917) 544-28-70, bevzomo@gmail.com

Задача численного моделирования фазового поведения углеводородов возникает в ряде технологических процессов, связанных с их добычей, переработкой и транспортировкой. Эта задача сводится к поиску параметров фазового равновесия тех или иных чистых веществ и их смесей при заданных условиях. Традиционно для решения этой задачи используются итерационные алгоритмы в сочетании с распространенным в нефтегазовой промышленности уравнением Пенга—Робинсона [1]. В настоящей работе для расчетов был использован метод прямой минимизации энергии Гельмгольца, а в качестве уравнений состояния рассмотрены как «классическое» уравнение Пенга—Робинсона, так и относительно новое уравнение PC-SAFT [2]. Целью настоящей работы является демонстрация возможности расчетов параметров фазовых равновесий углеводородов и их смесей с помощью метода прямой минимизации энергии Гельмгольца совместно с уравнением состояния PC-SAFT, а также сравнение результатов, полученных с помощью выбранных уравнений состояния.

Метод прямой минимизации энергии [3] позволяет свести в общем случае нелинейную задачу поиска минимума функции (энергии Гельмгольца изохорно-изотермической системы) к решению задачи линейного программирования, что обеспечивает модульную и компактную программную реализацию расчетов.

В настоящей работе были проведены расчеты параметров фазового равновесия с помощью вышеописанного метода прямой минимизации энергии Гельмгольца и уравнений состояния Пенга—Робинсона и PC-SAFT для ряда чистых веществ, (метан, этан, пропан, н-бутан и углекислый газ), а также различных их бинарных смесей. Полученные значения параметров были сопоставлены с опубликованными экспериментальными данными. В результате было показано, что уравнение PC-SAFT дает сопоставимую с уравнением Пенга—Робинсона точность расчетов рассматриваемых параметров при применении метода прямой минимизации энергии Гельмгольца.

Литература

1. Брусиловский А.И. Фазовые превращения при разработке месторождений нефти и газа. - Москва: Грааль, 2002. 575 стр.
2. Gross J., Sadowski G. Application of perturbation theory to a hard-chain reference fluid: an equation of state for square-well chains // *Fluid Phase Equilibria* **168**, 2000. Р. 183-199.
3. Исаева А.В., Доброжанский В.А., Хакимова Л.А., Подлачников Ю.Ю. Численное моделирование фазовых равновесий многокомпонентных углеводородных систем с помощью прямой минимизации энергии // *Газовая промышленность* **812**, 2, 2021. Стр. 20-29.

О ЗАПУТАННОСТИ В ФОРМАЛИЗМЕ КВАНТОВЫХ СХЕМ

Боева А.В., Клиничких А.Ф.

Воронежский государственный университет, Россия

Квантовая запутанность – одно из удивительных и загадочных явлений квантовой физики. Она представляет собой корреляцию квантовых систем, при которой изменения, происходящие в одной системе, мгновенно сказываются на другой. Интерес к изучению и применению квантовой запутанности значительно возрос в последние десятилетия [1]. В работе предложены квантовые схемы для генерации состояний с заданной степенью запутанности для многокубитовых систем и алгоритм анализа их характеристик.

Каждой схеме соответствует унитарный оператор U , действие которого определяет изменение состояния системы:

$$U|\Psi_{in}\rangle = |\Psi_{out}\rangle. \quad (1)$$

Запутанность кубита в системе определяется выражением:

$$\tau_A = 4\det(\rho_A). \quad (2)$$

Матрицы плотности системы ρ_N и младшего кубита ρ_A задаются вектором состояния на выходе схемы и результатом нахождения частичного следа:

$$\rho_N = |\Psi_{out}\rangle \langle \Psi_{out}|, \quad \rho_A = tr_{N-1}(\rho_N). \quad (3)$$

Подавая на вход схемы незапутанное состояние, при помощи гейта U можно изменять амплитуды вероятностей кубитов, влияя тем самым на запутанность системы:

$$U_\phi |\phi\rangle = e^{i\phi} |\phi\rangle. \quad (4)$$

На рис. 1, 2 представлены схемы для управления запутанностью через фазу ϕ и графики зависимости запутанности τ и амплитуды вероятности $P(0)$ от фазы.

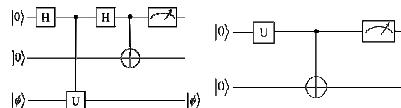


Рис.1: Квантовые схемы для управления запутанностью.

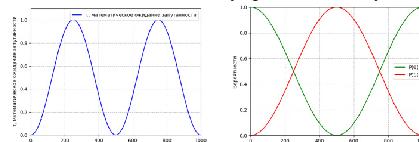


Рис.2: Графики зависимости τ и $P(0)$ от ϕ .

Литература.

1. Валиев, К. А. Квантовые компьютеры и квантовые вычисления // Успехи физических наук. — 2005. — Т. 175, № 31. — С. 3–39.

ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ ПАРАМЕТРОВ ПАДЕНИЯ ПО УГЛОВЫМ НАБЛЮДЕНИЯМ: ОЦЕНКА ГИПЕРБОЛЫ ФИЛЬТРОМ КАЛМАНА

Горицкий Ю.А., Шевченко О.В., Захарова А.И.

Московский Энергетический Институт
Россия, 11250, Красноказарменная, 14,
Goritskiy@yandex.ru, +7 917 510 65 35
shevchenkoov23@gmail.com, +7 903 156 06 60
zakharova2010@yandex.ru, +7 965 184 4121

Задача связана с вопросом о возможности построения углерной системы, которая определяет смещение (относительно наблюдателя) точки падения тела (далее ДТ), свободно движущегося в поле силы тяжести Земли. Можно ли определить место и время падения с достаточной точностью? Среди разработчиков систем существует представление о непригодности угловых измерений (при отсутствии информации о дальности) для получения практически интересных точностей. Однако, если сделать предположение о том, что орбита такова, что место падения находится в окрестности наблюдателя, то возможность появляется.

Анализируются ситуации, когда ДТ движется в поле силы тяжести со скоростью порядка единиц километров в секунду, высоты – сотни километров. Поскольку информация о «ближкой» точке падения угловые измерения несут только на последнем диапазоне наблюдения, для модели движения и наблюдения принятые упрощающие предположения: ускорение свободного падения не зависит от высоты, угловая скорость постоянна, измеряется только угол места (измерения азимута пренебрегаются), движение наблюдателя (из-за вращения Земли) перенесено в плоскость орбиты; модель обоснована в [1] и [2]. На дискретные измерения угла места накладываются случайные ошибки с заданной дисперсией. В принятых условиях тангенс (или котангенс) измеряемого угла выражается отношением двух выражений: линейной функции от времени (с двумя неизвестными параметрами) и выражения для гиперболы (с двумя параметрами). Параметры линейной функции оцениваются без проблем по результатам начального участка наблюдения, вся трудность в параметрах гиперболы (время и место падения). Метод наименьших квадратов приводит к нелинейной системе и сложностям итерационного процесса. Для оценки параметров используется подход фильтра Калмана с элементами линеаризации.

Приводятся результаты расчетов. Возможно получение практически интересных точностей в момент до падения порядка минуты.

Литература

1. Горицкий Ю.А., Тигетов Д.Г., Ануфриев А.М. Двумерная модель для оценки эффективности угловых измерений по эллиптическим орбитам// "Известия РАН. Теория и системы управления", 2021, №2. С.14-24. DOI: 10.31857/S0002338820060025
2. Горицкий Ю.А., Захарова А.И. Оценка потенциальной точности некоторых параметров орбит по угловым измерениям: двумерная модель// "Вестник МЭИ", №5, 2022г. С.133-144. DOI 10.24160/1993-6982-2022-5-133-144

ВОЗМОЖНОСТИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РАЗРУШЕНИЯ ИДЕАЛЬНЫХ УПРУГОПЛАСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ 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

Результаты определения прочностных характеристик стандартных стальных образцов, вырезанных из эксплуатируемых конструкций, оказываются различными в зависимости от времени испытания: после длительной работы прочность образцов, как правило, снижается. Возникает задача: зная прочностные показатели в период эксплуатации, оценить время дальнейшей безаварийной службы конструкции, если известна последующая история загружения системы. Для решения поставленной задачи нельзя воспользоваться теорией идеальной упругопластичности с фиксированной поверхностью текучести. Отказ от поверхности текучести производится двояко. В первом случае рассматриваются модели [1], в которых сплошная среда характеризуется напряжениями и микронапряжениями, связанными с деформациями определяющими соотношениями. Вторая модель (изохронная пластичность) постулирует соотношение «напряжение–деформации» в усложненной интегродифференциальной форме [2]. Можно сохранить идеальную упругопластическую модель, но изменять поверхность текучести при необратимых деформациях [3, 4]. В перечисленных моделях изучено множество конкретных задач, но из-за нелинейного характера разрешающих уравнений не создано общей математической теории. В настоящей работе задача решается в конечномерном по времени приближении, основанном на вариационной постановке и предположении о накоплении дефектов [5, 6]. Если в начальный момент времени коэффициент запаса несущей способности превосходит единицу, то доказывается существование решений вплоть до момента, когда несущая способность исчерпана.

Литература.

1. Новожилов В.В., Кадашевич Ю.И. Микронапряжения в конструкционных материалах, — Л.: Машиностроение, Ленинградское отделение, 1990. 224 стр.
2. Valanis K.C. Fundamental consequences of a new intrinsic time measure. Plasticity as a limit of the endochronic theory // Archives of Mechanics, 32, 1980. p. 171–191.
3. Murakami S. Continuum Damage Mechanics // A Continuum Mechanics Approach to the Analysis of Damage and Fracture, Springer: Verlag, 2012. p. 3–13.
4. Качанов Л.М. Основы механики разрушения, — М.: Наука, 1974. 311 стр.
5. Панагиотулюс П. Неравенства в механике и их приложения. — М.: Мир, 1989. 494 стр.
6. Найштут Ю.С. Обобщенные решения в теории течения идеальных упругопластических тел // Механика твердого тела, № 6, (1993). стр. 74–78.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИСПАРИТЕЛЬНОЙ САМОСБОРКИ НАНОТРУБОК ПРИ ВЫСЫХАНИИ КАПЛИ НА ПОДЛОЖКЕ

Колегов К.С., Водолазская И.В., Есеркепов А.В.

Астраханский государственный университет им. В.Н. Татищева,
лаборатория «Математическое моделирование и
информационные технологии в науке и образовании»,
Россия, 414056, г. Астрахань, ул. Татищева 20а,
Тел.: (8512)24-64-96, E-mail: irina.vodolazskaya@asu.edu.ru

Самосборка наночастиц — перспективный путь к разработке устройств, использующих свойства анизотропных материалов, от электроники до биоматериалов. Контролируемая сборка удлиненных частиц, таких как углеродные нанотрубки, нанопроволоки и ДНК, позволяет осуществлять их преимущественное выравнивание в пространственном направлении. Индуцированная испарением самосборка на твердых поверхностях как способ изготовления высокоорганизованных структур является недорогим по сравнению с технологиями, основанными на использовании внешних сил. Авторы [1] исследовали экспериментально влияние температуры, pH-раствора, начальной концентрации, длины, заряда нанотрубок галлюзита на их выравнивание на краю капли водного раствора. Эксперимент показал, что длинные нанотрубки после процедуры функционализации способны упорядочиваться. Температура, начальная концентрация трубок и pH-раствора являются решающими факторами для самосборки.

В нашей модели предполагается, что нанотрубки достаточно маленькие и не оказывают влияния на течение жидкости. После размещения капли на подложке и ее закрепления возникают компенсационные течения, направленные к краю капли. Поступательное и вращательное движения нанотрубок, находящихся в жидкости, рассчитывалось с помощью уравнений динамики. Диффузия нанотрубок, поступательная и вращательная, моделируется методом Монте-Карло. Радиальная скорость потока рассчитывается с использованием аналитической формулы [2]. Получено, что на выравнивание нанотрубок влияют все три рассматриваемых фактора в совокупности: адvection, диффузия и электростатическое отталкивание. Чем выше величина заряда частиц и скорость потока жидкости, тем сильнее такое выравнивание проявляется.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-79-10216, <https://rscf.ru/project/22-79-10216/>.

Литература

1. Zhao Y., Cavallaro G., Lvov Yu. Orientation of charged clay nanotubes in evaporating droplet meniscus // *Journal of Colloid and Interface Science* **440**, 2015. P. 68–77.
2. Kolegov K.S., Barash L.Yu., Joint effect of advection, diffusion, and capillary attraction on the spatial structure of particle depositions from evaporating droplets // *Physical Review E* **100**, 2019. P. 033304.

ОЦЕНКА ЗАВИСИМОСТИ ВРЕМЕНИ РАБОТЫ АЛГОРИТМОВ ДЛЯ ПОЧТИ-ПЕРИОДИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ОТ ОБЪЁМА АНАЛИЗИРУЕМОЙ ИНФОРМАЦИИ, ПРЕДСТАВЛЕННОЙ ДИСКРЕТНОЙ ФУНКЦИЕЙ С УПОРЯДОЧЕННЫМ АРГУМЕНТОМ

Парамонов А.А.¹, Крынецкий Б.А.²

¹"МИРЭА - Российский технологический университет", Россия,
119454, Москва, проспект Вернадского, д. 78, e-mail: paramonov_a_a99@mail.ru
²"МИРЭА - Российский технологический университет", Россия,
119454, Москва, проспект Вернадского, д. 78, e-mail: boriskr1998@mail.ru

Основное требование, предъявляемое к компьютерной обработке данных с упорядоченным аргументом, состоит в отсутствии влияния методов обработки на результаты измерений. Классические методы анализа периодических компонент нелинейных колебаний, основанных на разложениях в ряды, существенно влияют на получаемые результаты, т.к. предполагают, что исходные данные представлены только компонентами ряда, тогда как автокорреляционные функции не работают на больших временных интервалах. Введённый в [1-3] на основе расстояний в метрических пространствах функционального анализа класс сдвиговых функций в принципе не влияет на исходные результаты измерений, что позволяет определять структурно полный набор содержащихся в результатах измерений почти-периодов.

В [4] был проведён асимптотический анализ алгоритма определения значений почти-периодов в данных с упорядоченным аргументом. Целью данной работы является сравнить теоретические показатели времени исполнения алгоритма от количества входных данных, выявленных в [4], а также выявить зависимости и критические рубежи в ходе работы алгоритма с реальными данными.

В данной работе оценивается время выполнения операций алгоритма, основанного на обобщённой сдвиговой функции [1].

Литература

1. Парамонов А.А., Кузьмин В.И. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021610111 «Сдвиговая функция на основе мультипроцессорной обработки». Дата государственной регистрации 09 января 2023 г.
2. Кизтін V., Gadzaov A., Dzerjinsky R. Methods for data analysis. M.: Издательство «Перо», 2021. 243 с.
3. Кузьмин В.И. Модели и алгоритмы анализа нелинейных колебаний с трендом: монография / В.И. Кузьмин, А.Б. Самохин, В.В. Чердынцев, А.Ф. Гадзаов. М.: МИРЭА, 2015. 94 с.
4. Парамонов А.А., Крынецкий Б.А. Асимптотический анализ алгоритма поиска почти-периодов в данных с упорядоченным аргументом. / Защита информации. Инсайд. – 2023 - № 4'2023.

РЕЗОНАНСНЫЙ ХАРАКТЕР НАСТРОЙКИ УПРАВЛЯЮЩИХ ПАРАМЕТРОВ ОПТИМИЗАЦИОННОГО АЛГОРИТМА ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ЭВОЛЮЦИИ

Курков В.А.¹, Чесалин Д.Д., Шкирина У.А.², Пищальников Р.Ю.

Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук, Россия,

119991, г. Москва, ул. Вавилова 38, V.K27@yandex.ru, rpishchal@kapella.gpi.ru

¹Московский физико-технический институт, Россия, 141701, г. Долгопрудный,

Институтский пр. 9,

²МГУ им. М.В. Ломоносова, Механико-математический факультет, Россия, г. Москва,

119991, Ленинские горы, 1

Дифференциальная эволюция - один из наиболее широко применяемых эволюционных методов оптимизации, эвристическая природа которого позволяет применять его к широкому кругу задач, не вдаваясь в нюансы и подробности исследуемой модели. Нами было разработано программное обеспечение, в котором можно использовать в качестве оптимизируемой функции любую наперед заданную математическую функцию. Также были разработаны узконаправленные процедуры вычислений полуклассических квантовых параметров, необходимых для расчёта оптических свойств органических пигментов и кристаллов [1-3]. В данной работе мы исследовали сходимость алгоритма на наборе тестовых функций (как для унимодальных, так и для мультимодальных), которые представляют неразрешимую задачу для классических способов оптимизации, таких как градиентный спуск или метод наименьших квадратов. В результате был обнаружен резонансный характер возрастания скорости сходимости дифференциальной эволюции при варьировании двух основных параметров алгоритма: F (весовой коэффициент) и Cr (вероятность кроссовера). Данною особенность алгоритма всегда необходимо иметь в виду, так как неоптимальный подбор F и Cr может существенно снизить эффективность оптимизации вплоть до совершенного отсутствия сходимости.

Литература

1. Pishchalnikov, R. Application of the differential evolution for simulation of the linear optical response of photosynthetic pigments // Journal of Computational Physics том **372**, 2018, Стр. 603-615, doi:10.1016/j.jcp.2018.06.040.
2. Pishchalnikov, R.Y.; Yaroshevich, I.A.; Zlenko, D.V.; Tsoraev, G.V.; Osipov, E.M.; Lazarenko, V.A.; Parshina, E.Y.; Chesalin, D.D.; Sluchanko, N.N.; Maksimov, E.G. The role of the local environment on the structural heterogeneity of carotenoid β -ionone rings // Photosynthesis Research, том **156**, номер 1, 2022, Стр. 3-17, doi:10.1007/s11120-022-00955-2.
3. Chesalin, D.D.; Kulikov, E.A.; Yaroshevich, I.A.; Maksimov, E.G.; Selishcheva, A.A.; Pishchalnikov, R.Y. Differential evolution reveals the effect of polar and nonpolar solvents on carotenoids: A case study of astaxanthin optical response modeling // Swarm and Evolutionary Computation, **75**, 2022, 101210, doi:10.1016/j.swevo.2022.101210.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ НЕЛИНЕЙНЫХ ВОЛН В КОЛЬЦЕВОМ КАНАЛЕ

Лапонин В.С., Складчиков С.А., Анпилов С.В., Савенкова Н.П.

МГУ имени М.В. Ломоносова, факультет ВМК, РФ, 119991, Москва, Ленинские горы д. 1, стр. 52, +7 (495) 939-52-55, lap@cs.msu.ru

Изучению ветровых волн посвящено большое количество работ, например [1-6]. Тем не менее, многие вопросы до сих пор остались не выясненными. Так, в настоящее время не достаточно подробно изучены как экспериментально, так и теоретически соотношения между длиной, амплитудой и скоростью таких волн. По этой причине данная работа посвящена изучению указанных соотношений с помощью математического моделирования.

В настоящей работе проведено численное моделирование возникновения и динамики развития нелинейных волн в кольцевом канале с покоящейся жидкостью под действием непрерывного ветра, формирующегося несколькими распределенными по ширине канала источниками с разными мощностями. Были установлены условия формирования 1,2,3 и 4 условно устойчивых нелинейных волн.

При детальном изучении численных результатов, полученных на промежуточных этапах формирования нелинейных волн, было обнаружены следующие факты. На поверхности воды образуются волновые движения, которые начинаются с очень малых капиллярных волн (волны ряби). Далее волны увеличиваются и в таком состоянии волны ряби превращаются в гравитационные, обладающие совершенно другими свойствами, чем капиллярные: в формировании волнового движения существенную роль играет сила тяжести.

Литература.

1. Юэн Г., Лэйк Б. Нелинейная динамика гравитационных волн на глубокой воде. М.: Мир, 1987.
2. Математическое моделирование формирования уединенной волны на поверхности жидкости / Р. Кузьмин, В. Лапонин, Н. Савенкова, С. Складчиков // Инженерная физика. — 2014. — № 8. — С. 19–24.
3. Savenkova N., Laponin V. A numerical method for finding soliton solutions in nonlinear differential equations // Moscow University Computational Mathematics and Cybernetics. — 2013. — Vol. 37, no. 2. — P. 49–54.
4. Computer simulation of vortex self-maintenance and amplification / U. Yusupaliyev, N. Savenkova, S. Shutayev et al. // MOSCOW UNIVERSITY PHYSICS BULLETIN. — 2013. — Vol. 68, no. 4. — P. 317–319.
5. Modeling of vorticle objects created in gatchina discharge / V. Bychkov, N. Savenkova, S. Anpilov, Y. V. Troshchiev // IEEE Transactions on Plasma Science. — 2012. — Vol. 40, no. 12. — P. 3158–3161.
6. Шулейкин В. В. Физика моря. М.: Наука. 1968

ЭФФЕКТЫ ГЕНЕРАЦИИ ПЫЛЕВОГО АЭРОЗОЛЯ ПРИ СОУДАРЕНИИ С ПОВЕРХНОСТЬЮ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ

**Малиновская Е.А., Горчаков Г.И., Карпов А.В., Валуев Г.В.¹, Максименков Л.О.,
Даценко О.И.**

Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, Россия, 119017, Москва,
Пыжевский пер. 3., elen_am@inbox.ru

¹Северо-Кавказский федеральный университет, Россия, 355009, г.Ставрополь,
ул.Пушкина, 1, mail@gvvaluev.ru

Генерация пылевого аэрозоля происходит над аридными территориями при фрагментировании и откалывании в момент соударения с поверхностью частиц [1] размерами порядка 80–500 мкм. При скоростях ветра, превышающих критические значения [2] (около 3,5–5 м/с на высоте 2 м), начинается сальтация – скачкообразное каскадное движение частиц.

С использованием данных полевых измерений на территории подвижных песков (Калмыкия) выявлены следующие эффекты. Всплески концентрации пылевого аэрозоля на высотах от 20 см коррелируют с усилением под влиянием ветра потока скачкообразного движения заряженных крупных частиц над неровной поверхностью. Исключение составляют случаи, когда происходит падение величины электрического поля на 50–100 В/м, когда вовлекаются в движение новые (не участвовавшие в сальтациях) частицы, лежащие на положительно заряженной поверхности. В момент отрыва от крупных частиц пылинок, заряд становится отрицательным. Пылинки удерживаются в слое сальтации электростатическим полем, что объясняет отсутствие скачков в значениях концентрации на высоте 20 см. И корреляция величины потока и концентрации пылевого аэрозоля увеличивается вновь.

В проведённом исследовании рассмотрено изменение характеристик потока сальтирующих частиц, вызванное их электризацией. Вычислительные эксперименты проведены с использованием открытого пакета OpenFOAM (Лагранжево-Эйлеровская турбулентная k-ω-модель) для различных плотностных характеристик. Соответственно, динамика заряженных частиц рассматривается с учётом электризации самой поверхности. При возникновении электрического поля дольше сохраняется влияние заряженных частиц на локальное увеличение турбулентной энергии воздушного потока за препятствиями, что усиливает рассеяние свободного аэрозоля, генерируемого при соударениях.

Исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда - проект №23-27-00480

Литература

1. Schmidt D.S., Schmidt R.A., Dent J.D. Electrostatic force on saltating sand // Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 103(D8), 1998. p. 8997-9001.
2. Бютнер Э.К. Динамика приповерхностного слоя воздуха. - Л.: Гидрометиздат, 1978. с. 156.

ЦИРКУЛЯЦИИ ВОЗДУХА НАД НЕОДНОРОДНО НАГРЕТОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ

Малиновская Е.А., Чхетиани Г.И., Максименков Л.О.

Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, Россия, 119017, Москва,
Пыжевский пер. 3., elen_am@inbox.ru

По данным яркостной температуры поверхности при съёмке участка подвижных песков (Калмыкия, Россия) в инфракрасном (ИК) спектре камерой Flir Tau 2R [1] получено, что максимальная разница температур для разных склонов дюн (солнечной и теневой) составляет около 17.5 °C, колеблется от 4 до 13 °C с пространственной периодичностью 15-20 м. Несколько меньшая разность температур характерна и для элементов микрорельефа – рябь. Известно, что при таких условиях имеют место обменные процессы, циркуляционные движения [2, 3].

Это обстоятельство учтено при постановке вычислительного эксперимента с конвективным перемешиванием над неоднородно нагретой поверхностью (рябь и дюны) с использованием турбулентной модели k- ϵ с приближением Буссинеска (решатель buoyancyPimpleFoam открытого пакета OpenFOAM).

Реализованы вычислительные эксперименты для двух масштабов: 6 двадцатиметровых (дюны) и 6 двадцатисантиметровых (рябь) пластин с температурой нагрева двух типов. Температуры поверхностей теневой и освещенной устанавливались 310 и 325 (320, 315 °K) для масштабов дюн и 310 и 310,5 °K для рябь.

На боковых границах установлены периодические условия, на поверхности условие прилипания, температура воздуха 303 °K. Верхняя граница свободная, учитывается турбулентный теплообмен с верхним слоем, благодаря которому не происходит нагревание области.

Для обоих масштабов выявлены условия возникновения устойчивых конвективных структур высотой 100 м над неравномерно прогретой поверхностью типа дюн 20x20x1 м и высотой 1 м над неравномерно прогретой рябью 20x20x1 см. Ширина структур соизмерима с размерами пластин.

Такие конвективные движения способствуют подъему аэрозоля в безветренных условиях жаркой погоды.

Исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда - проект №20-17-00214.

Литература

1. Медведев А.А., Кудерина Т.М., Чхетиани О.Г., Кудиков А.В., Пинигин Г.В. Анализ внутрисуточной динамики температуры подстилающей поверхности сухостепных ландшафтов на основе данных сверхвысокого разрешения [в печати].
2. Вагер Б.Г., Надежина Е.Д. Пограничный слой атмосферы в условиях горизонтальной неоднородности. – Л.: Гидрометиздат, 1979. 136 с.
3. Чхетиани О. Г., Калашник М. В., Ингель Л. Х. Генерация "теплового ветра" над неоднородно нагретой волнистой поверхностью //Известия Российской академии наук. Физика атмосферы и океана, 2013, Т. 49, №. 2. С. 137-137.

О ВЗАИМОСВЯЗИ ФУНКЦИЙ МОЩНОСТИ И ВЕРОЯТНОСТИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПЕРКОЛЯЦИОННЫХ КЛАСТЕРОВ

Москалев П.В.^{1,2}, Онищенко Л.С.²

¹ Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»,
Россия, 127994, г. Москва, Вадковский пер., 1,
E-mail: moskalefff@gmail.com

² Воронежский государственный технический университет,
Россия, 394006, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84,
E-mail: leoexadler@gmail.com

Помимо структуры окрестности и доли достижимых узлов (связей) p к числу основных параметров в моделях решеточной перколяции также относится закон распределения случайной величины $F_0(p)$, взвешивающей элементы решетки. От этих параметров существенно зависят интегральные характеристики таких моделей: функции вероятности возникновения $w(p)$ и мощности перколяционных кластеров $F(p)$, а также порог перколяции p_c , статистические оценки которого могут быть построены на основе аппроксимации как функции $w(p)$, так и функции $F(p)$.

Для построения аппроксимации выборочных данных $\{w(p_i)\}$, полученных для задачи узлов на квадратных решетках, взвешенных равномерно распределенной случайной величиной $F_0(p) = p$ при $0 \leq p < 1$, часто используют логистические модели вида $w_i = 1/(1 + \exp(-(p_i - p_c)/s)) + \varepsilon_i$, где p_c — параметр сдвига, совпадающий для ряда задач с порогом перколяции. Если допустить, что аппроксимация выборочных данных $\{F(p_i)\}$ возможна на основе логистической модели вида $F_i = p_i/(1 + \exp(-(p_i - p_c)/s)) + \varepsilon_i$, то, развивая выдвинутые в работах [1, 2] гипотезы, можно показать, что такая аппроксимация может быть представлена в виде $F(p|S, p_c) = F_0(p|S)w(p|p_c)$, где $F_0(p|S)$ — достаточно произвольная в общем случае функция распределения случайной величины, взвешивающей узлы перколяционной решетки в интервале допустимых значений долей достижимых узлов $0 \leq p < 1$; $w(p|p_c)$ — также достаточно произвольная сигмоидная функция, адекватно аппроксимирующая вероятность возникновения перколяционных кластеров на рассматриваемой решетке.

Принятие гипотезы о факторизации функции мощности перколяционных кластеров $F(p|p_c)$ открывает исследователям несколько новых возможностей: а) для взаимной верификации алгоритмов формирования выборочных данных $\{w(p_i)\}$ и $\{F(p_i)\}$ в различных задачах теории перколяции; б) для построения альтернативных методов оценки порога перколяции p_c на основе статистического анализа как выборочных данных $\{w(p_i)\}$, так и выборочных данных $\{F(p_i)\}$.

Литература.

1. Moskalev P.V. SPSL: Site Percolation on Square Lattices. – CRAN, 2019. – R package version 0.1.9. – URL: <https://cran.r-project.org/package=SPSL>.
2. 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: 10.1016/j.physa.2020.124657.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДЕЛИ МАКСВЕЛЛА ГАРНЕТТА ДЛЯ РАСЧЁТА СПЕКТРОВ ПРОПУСКАНИЯ КОМПОЗИТНЫХ ПЛЁНОК С МЕДНЫМИ И ЗОЛОТЫМИ 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

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 оптическаяnanoструктура со свойствами, отличными от свойств первоначальной среды. Выбор металла в качестве вещества наночастиц обусловлен тем, что получаемые системы обладают поглощающими свойствами, что влияет на их фотокатализитические свойства и имеет значение при создании солнечных элементов. Оптическими свойствами плёнок можно управлять и, тем самым, улучшать их характеристики. Одним из способов управления свойствами оптических сред является изменение формы применяемых частиц.

В данной работе проведено исследование композитных сред с золотыми и медными наночастицами. Для анализа оптических свойств нанокомпозитов использовалась модель эффективной среды Максвелла Гарнетта с изменяемым фактором деполяризации. В работе представлены выражения для коэффициентов отражения, пропускания и поглощения композитной среды, содержащей наночастицы, имеющие форму эллипсоидов вращения, с отношениями главных осей $1/2, 1, 2$. Объёмная концентрация частиц в плёнке составляла 1%.

Проведён расчёт дисперсионных зависимостей коэффициентов отражения и пропускания плёнок с золотыми и медными наночастицами эллипсоидальной формы в зависимости от различных углов падения излучения и соотношения главных осей эллипсоида вращения.

Полученные в работе зависимости коэффициентов отражения и пропускания композитных сред с золотыми и медными наночастицами различной формы показывают, что область поглощения почти не меняется при замене золотых частиц на медные.

Было выявлено, что использование частиц более вытянутой формы приводит к смещению характеристик в длинноволновую область и увеличению резонансной полосы поглощения.

Расчёты показали, что для композитных сред с наночастицами вытянутой формы увеличение угла падения электромагнитной волны приводит к сдвигу области поглощения и приближению её формы и ширины к соответствующим параметрам аналогичной области на графике для сферических частиц.

АНАЛИЗ И ОПТИМИЗАЦИЯ СПЕКТРОСКОПИЧЕСКИХ ДАННЫХ С ВРЕМЕННЫМ РАЗРЕШЕНИЕМ С ПОМОЩЬЮ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЛАПЛАСА

**Нагаев Е.И., Чесалин Д.Д., Забелин А.А.¹, Саримов Р.М., Гудков С.В.,
Пищальников Р.Ю.**

Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук, Россия, 119991,
г. Москва, ул. Вавилова 38

¹Федеральный исследовательский центр «Пущинский научный центр биологических
исследований Российской академии наук, Россия, 142290, г. Пущино, ул. Институтская, 2

Спектроскопия с высоким временным разрешением является основным экспериментальным методом исследования физико-химических процессов в органических и неорганических молекулярных кристаллах и пигментах, поглощающих в видимом, ультрафиолетовом и инфракрасном диапазонах волн. В общем случае для моделирования оптического отклика, пропорционального χ^3 , необходимо использовать полуklassические теории взаимодействия электронного излучения с веществом. Однако для целого класса объектов исследования (например, органические мономерные пигменты и кристаллы) такие расчёты сложны и требуют серьёзных вычислительных ресурсов. Как следствие, для предварительного анализа экспериментальных данных часто применяется более простой метод, основанный на преобразовании Лапласа, суть которого сводится к представлению измеренных кинетических кривых в виде композиции экспоненциальных компонент. Нами была разработано программное обеспечение, позволяющее проводить оптимизацию с помощью дифференциальной эволюции – эффективного эвристического алгоритма поиска глобального минимума для произвольного типа функций [1]. Работа алгоритма, включающего в себя преобразование Лапласа, процедуру решения дифференциальных уравнений и дифференциальной эволюции, была протестирована на данных, полученных в экспериментах «накачка-зондирование», выполненных на образцах фотосинтетических пигмент-белковых комплексов (фотосистема I и реакционный центр фотосистемы II [2]).

Литература.

1. Chesalin, D.D.; Kulikov, E.A.; Yaroshevich, I.A.; Maksimov, E.G.; Selishcheva, A.A.; Pishchalnikov, R.Y. Differential evolution reveals the effect of polar and nonpolar solvents on carotenoids: A case study of astaxanthin optical response modeling // Swarm and Evolutionary Computation, 75, 2022, 101210, doi: 10.1016/j.swevo.2022.101210.
2. Pishchalnikov, R.Y.; Zabelin, A.A.; Kompanetz, V.O.; Shkuropatov, A.Y.; Razjivin, A.P.; Chekalin, S.V. Excitation energy structure of the photosystem II reaction center: Excitons and charge-separated states // Proceedings of International Conference Laser Optics 2020, ICLO 2020. doi: 10.1109/ICLO48556.2020.9285560

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕАЛИЗАЦИЙ АЛГОРИТМОВ КОНФОРМАЦИОННОГО ПОИСКА

**Назаренко К.М., Коробов Н.А., Назаренко Е.С.,
Марков П.Н., Токарев Д.А., Надыкто 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

Целью данной работы является исследование производительности программных реализаций математических моделей структуры и свойств молекулярных кластеров и точности результатов, получаемых с их помощью.

Моделирование начальной стадии формирования мелкодисперсных аэрозолей предполагает рассмотрение стабильных изомеров структур соответствующего состава. Проводимые для их поиска расчеты по оптимизации геометрических конфигураций, определению термохимических и спектральных параметров представляют собой вычислительно сложную задачу и осуществляются с применением пакетов проблемно-ориентированного ПО, в которых реализованы модели и численные алгоритмы.

В работе проведены вычислительные эксперименты по оценке эффективности параллелизации алгоритмов конформационного поиска в пакетах Gaussian 09E и Оrca 5.0.4 и сравнительный анализ результатов моделирования процесса гидратации серной кислоты квантово-химическими методами, основанными на теории функционала плотности. Исследование показало, что при использовании этих пакетов различия в описании термохимии реакций не превышают химической точности (1 ккал/моль).

На основе полученных данных для повышения производительности конформационного поиска нами предлагается использовать пакет Оrса, который на данной серии расчетов показал существенно более высокую (в 2,25-4,3 раза) производительность и устойчивость результатов оптимизации.

Работа выполнена при поддержке РНФ, грант № 22-19-00794.

БИОФИЗИКА ОРГАНИЗМОВ КАК ОТКРЫТЫХ НЕРАВНОВЕСНЫХ СИСТЕМ И ХАРАКТЕР ИЗМЕНЕНИЯ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ЭНТРОПИИ

Нечипуренко Ю.Д., Карнаухов А.В.¹, Аристов В.В.²

Институт молекулярной биологии им. В.А. Энгельгардта РАН, Москва, Россия.

nech99@mail.ru

¹Институт биофизики клетки РАН - ФИЦ «Пущинский научный центр биологических исследований РАН», Пущино Московской области, Россия

²Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» РАН, Москва, Россия

Понятие энтропии применяется для характеристик биологических структур как открытых систем: как равновесных, так и неравновесных. Развиваются идеи Шрёдингера [1] о возможности стационарного поддержания биоструктуры за счет постоянного притока негэнтропии, подробно рассматривается концепция статистической энтропии применительно к биоорганизмам [2, 3]. Использование статистических и кинетических методов позволило построить ряд моделей биологических систем и изучить некоторые общие свойства таких систем, включая аспекты деградации (старения) [4-5]. Подробно рассматривается модель старения эпителия.

Развитие данных моделей видится по нескольким направлениям. Одна из возможностей – изучение старения генома [6] и его восстановления. Здесь можно привлекать метод и формализм нашего статистического и кинетического подхода. Представляет смысл оценка изменения статистической энтропии артериальной и венозной крови для отдельного органа. Для постановки и решения подобных задач можно использовать представления, разработанные в наших работах [3-5]. Представления о статистической энтропии также позволяют развить модели, описывающие образование бета-амилоидных бляшек [7].

1. Шрёдингер Э. Что такое жизнь с точки зрения физики. М.: РИМИС. 2009.
2. Блюменфельд Л. Проблемы биофизики. М.: Наука. 1984.
3. Аристов В.В., Карнаухов А.В., Левченко В.Ф., Нечипуренко Ю.Д.. Энтропия и информация в описании биосистем // Биофизика. 2022, том 67, № 4, с. 1–8.
4. Aristov V.V. Biological systems as nonequilibrium structures described by kinetic methods // Results in Physics. 2019. V. 13. 102232.
5. Aristov V. V., Karnaughov A. V., Buchelnikov A. S., Levchenko V. F., Nechipurenko Y. D. The Degradation and Aging of Biological Systems as a Process of Information Loss and Entropy Increase // Entropy. 2023, 25, 1067.
6. Карнаухов А.В. и др. Информационная теория старения: основные факторы, определяющие продолжительность жизни // Биофизика. 2017. Т. 62, в. 5, с. 1008–1015.
7. Василенко Е.О., Козин С.А., Митькович В.А., Бучельников А.С., Нечипуренко Ю.Д. Термодинамическая модель образования белковых агрегатов на матрице. Биофизика, 2024, в печати.

УСКОРЕНИЕ ПОИСКА К БЛИЖАЙШИХ СОСЕДЕЙ В ТОЧЕЧНЫХ МНОЖЕСТВАХ

Никольский И.М.

Московский Государственный Университет им. М.В.Ломоносова, ф-т ВМК, каф.

Суперкомпьютеров и квантовой информатики, nikolsky@cs.msu.ru

Облако точек представляет собой набор точек, сканированных с некоторой поверхности . Различные алгоритмы обработки таких наборов точек (фильтрация, сегментация, восстановления поверхности) требуют поиска ближайших соседей для каждой точек. Поскольку поиск соседей может занимать значительную долю общего времени работы прикладной программы, оптимизация алгоритма поиска является ключевым моментом повышения эффективности обработки облака точек.

Одним из способов ускорения поиска соседей является индексация - построение дополнительной ускоряющей структуры, которая позволяет сделать быстрее поиск. Как правило в качестве индекса используется kd-дерево. Однако в работе [1] было указано, что на практике более простой способ - поиск на решётке - может быть не менее эффективен. К сожалению, в этой работе не было проведено сравнения поиска соседей на решётке с какими-либо другими способами индексации.

В данной работе проведено сравнение поиска к ближайших соседей с использованием индексации на решётке и с помощью kd-дерева. Показано, что при определённом количестве ячеек поиск на решётке может быть быстрее. Исследована зависимость эффективность поиска соседей на решётке в зависимости от количества ячеек.

Литература.

1. A.Piegl, W. Tiller Algorithm for finding all k nearest neighbors // Computer-Aided Design Volume 34, Issue 2, 2002, pp 167-172

ЭВОЛЮЦИОННЫЕ АЛГОРИТМЫ ОПТИМИЗАЦИИ

Пищальников Р.Ю.

Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук, Россия,
119991, г. Москва, ул. Вавилова 38

Оптимизационные задачи повсеместно встречаются в науке и технике. Безусловно, очень многие инженеры и ученые нуждаются в надежном алгоритме оптимизации для решения текущих вычислительных задач, которые являются основой их повседневной работы. В идеале эффективный алгоритм глобальной оптимизации должен быть не только простым в использовании, но и достаточно мощным, чтобы надежно сходиться к глобальному оптимуму. Кроме того, время работы программы, затрачиваемое на поиск решения, не должно быть непотребно долгим. Таким образом, по настоящему полезный и эффективный метод глобальной оптимизации должен быть прост в реализации, удобен в использовании, а также надежен и быстр.

Эволюционные методы оптимизации и генетические алгоритмы активно разрабатываются примерно с шестидесятых годов прошлого века. Оба подхода направлены на выработку лучших решений путем рекомбинации, мутации и выживания сильнейших, фактически имитируя дарвиновскую эволюцию. Между эволюционными и генетическими алгоритмами существуют некоторые принципиальные различия. Например, эволюционные алгоритмы являются эффективными оптимизаторами непрерывных функций, в частности, потому, что он кодирует параметры как числа с плавающей точкой и манипулирует ими с помощью арифметических операторов. Генетические алгоритмы, напротив, часто лучше подходят для комбинаторной оптимизации, поскольку кодируют параметры в виде битовых строк и изменяют их с помощью логических операторов.

Алгоритм дифференциальной эволюции с момента появления (1995) заслужил репутацию очень эффективного эволюционного глобального оптимизатора. В основе алгоритма лежит способ выбора пробного мутантного вектора оптимизируемых параметров: чтобы получить пробный вектор, алгоритм добавляет масштабированную разность случайных векторов к третьему, случайно выбранному вектору популяции.

В нашей лаборатории дифференциальная эволюция активно применяется для моделирования оптического отклика фотосинтетических пигментов и белков [1,2].

Литература

1. Pishchalnikov, R. Application of the differential evolution for simulation of the linear optical response of photosynthetic pigments // Journal of Computational Physics том **372**, 2018, Стр. 603-615, doi:10.1016/j.jcp.2018.06.040.
2. Chesalin, D.D.; Kulikov, E.A.; Yaroshevich, I.A.; Maksimov, E.G.; Selishcheva, A.A.; Pishchalnikov, R.Y. Differential evolution reveals the effect of polar and nonpolar solvents on carotenoids: A case study of astaxanthin optical response modeling // Swarm and Evolutionary Computation, **75**, 2022, 101210, doi: 10.1016/j.swevo.2022.101210.

ОЦЕНКА КОНСТАНТЫ СКОРОСТИ РЕАКЦИИ ИЗОМЕРИЗАЦИИ ДИПЕТИДА АЛАНИНА КИНЕТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ МОНТЕ-КАРЛО

Полуян С.В., Ершов Н.М.¹

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

Университетская, д. 19, svpolyan@gmail.com

¹Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Россия, 119991, г.
Москва, ул. Ленинские горы, д. 1,ershovnm@gmail.com

В настоящей работе рассматривается процесс изомеризации дипептида аланина (англ. *alanine dipeptide*) – белковой молекулы, которая часто рассматривается в качестве модельной задачи для исследования динамики цис-транс изомеризации. Структура пептида состоит из одного остатка аланина с модифицированными концами и может быть обозначена как Ac-Ala-NHMe. Необходимо отметить, что название «дипептид аланина» в русскоязычной нотации можно интерпретировать как пептид, состоящий из двух остатков аланина. Однако, поскольку название сформировано исторически [1] и используется в том числе русскоязычными авторами [2], далее под дипептидом аланина (ДА) будет подразумеваться структура, представленная формулой выше.

Структура ДА обладает несколькими степенями свободы, основные из которых – торсионные углы. Используя углы, возможно сформировать поверхность потенциальной энергии и рассмотреть седловые точки, которые соответствуют переходным состояниям, а также локальные минимумы, два из которых соответствуют конечным состояниям (цис-транс). В исследовании рассматривается математическая модель [3], связывающая все наблюдаемые локальные состояния. В указанную модель входят коэффициенты – константы скорости реакции, численно описывающие скорость процесса изомеризации. Целью настоящего исследования является применение кинетического метода Монте-Карло (КММК) для оценки константы скорости. Предметом исследования является КММК и его основные этапы: формирование различных траекторий изомеризации и принципы вычисления константы скорости. Объектом исследования является процесс цис-транс изомеризации ДА.

Исследование принципов работы КММК при использовании силового поля Rosetta позволяет в дальнейшем рассмотреть применение КММК для актуальных задач: оценки констант скорости ассоциации белок-белок и белок-ДНК комплексов.

Литература.

1. P. Rossky, M. Karplus Solvation. A molecular dynamics study of a dipeptide in water // *J. Am. Chem. Soc.* **101**, 1979. P. 1913–1937. DOI: 10.1021/ja00502a001
2. V. Mironov, Y. Alexeev, V. Mulligan, D. Fedorov A systematic study of minima in alanine dipeptide // *J. Comput. Chem.* **40**, 2019. P. 297–309. DOI: 10.1002/jcc.25589
3. D. Chekmarev, T. Ishida, R. Levy Long-Time Conformational Transitions of Alanine Dipeptide in Aqueous Solution: Continuous and Discrete-State Kinetic Models // *J. Phys. Chem. B* **108**, 2004. P. 19487–19495. DOI: 10.1021/jp048540w

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МАГНИТНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ НЕКОТОРЫХ ФИЗИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Полякова Р.В., Коваленко А.Д., Юдин И.П.

ОИЯИ, Дубна 141980, Московская область, E-mail: polykovary@mail.ru

Проектирование и конструирование магнитных систем электрофизических установок требует предварительного математического моделирования. Значение численного моделирования при исследовании магнитных систем определяется не только известными достоинствами вычислительного эксперимента, но и тем, что измерение магнитного поля является трудоемкой и дорогостоящей проблемой. Математическое моделирование дает также возможность исследовать те части конструкции магнита, измерения магнитного поля в которых или крайне затруднены, или даже невозможны. Компьютерное моделирование дает возможность резко уменьшить время анализа поля в магните выбранной конфигурации, повысить точность, сократить стоимость и такого анализа, и самого магнита, т.е. математическое моделирование магнитной системы фактически является инструментом, позволяющим численным путем сделать выбор оптимальной магнитной системы в каждом конкретном случае. На первом этапе конструирования новой магнитной системы желательно иметь возможность быстрого и оперативного моделирования ее с помощью программных средств, которые обладают свойствами "логарифмической линейки", т.е. своей доступностью, простотой использования и достаточной точностью численных расчетов. На втором этапе выбранную за основу конфигурацию магнитной системы необходимо изучить более детально, т.е. проделать более точные численные расчеты как в двумерном, так и в трехмерном случае. Расчеты магнитных полей магнитных систем относятся к классу обратных задач магнитостатики, так как осуществляется фактически поиск оптимальной конструкции токовых элементов и железного ярма для наперед заданного распределения магнитного поля.

В настоящей работе представлена постановка задачи магнитостатики, описание некоторых численных алгоритмов, используемых в математическом моделировании спектрометрических магнитных систем и систем соленоидального типа, а также описание программного обеспечения компьютерного моделирования задачи магнитостатики и результаты численного моделирования магнитных систем, используемых в некоторых физических установках.

Создано программное обеспечение КРММС для математического моделирования широкого класса задач магнитостатики в двумерном случае в декартовых и цилиндрических системах координат. Система программ позволяет накапливать банк данных численных моделей магнитных систем, что позволяет облегчить и значительно ускорить процесс создания и реконструкции магнитных установок. Был разработан программный комплекс MFC - для расчета 3D-распределения поля магнитных систем.

Таким образом, с помощью предложенной процедуры математического моделирования было оптимизировано много важных практических магнитных систем, которые были приняты за основу для реконструкции и создания магнитных систем физических установок NIS, NIKA, EXCHARM, Дельта-Сигма, Маруся (ОИЯИ) и EXCHARM-II на ускорителе канал U70 IPHVE 5Н(Протвино).

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИФФУЗИИ АТОМОВ ИНДИЯ И СЕРЕБРА НА ПОВЕРХНОСТИ КРЕМНИЯ МЕТОДОМ КИНЕТИЧЕСКОГО МОНТЕ-КАРЛО

Продан Д.В.

Сколковский институт науки и технологий, РФ, 121205, Москва,
Большой б-р, д 30, стр. 1, +7-495-280-1481, dmitrii.prodan@skoltech.ru

Технологии выращивания кристаллических структур имеют большое значение при создании современных материалов и наноприборов. Моделирование подобных процессов осложняется стохастической природой движения отдельных атомов при относительно больших пространственных и временных масштабах процесса. Для теоретического описания таких систем традиционно используется метод кинетического Монте-Карло [1].

В рамках данного теоретического исследования рассматривается осаждение атомов металла на поверхность кристаллического кремния. Используя результаты работ по изучению осаждения атомов одного металла [2], автором разработана модель одновременного осаждения двух металлов: индия и серебра.

В модели учитываются такие процессы, как осаждение атомов, диффузия по поверхности, кластеризация атомов с соседними атомами металлов и С-дефектами кремния – образование и рост «островов» – и отделение атомов от островов. Осаджение происходит с постоянной скоростью. Остальные процессы происходят случайно, вероятность событий определяется соответствующим энергетическим барьером, который может быть получен в рамках теории функционала плотности. Исследуются как качественная картина, так и количественные характеристики: плотность островов, средний размер и распределение по размерам. Плотность островов определяется по формуле:

$$N_{isl} = \frac{\theta}{\bar{s}}, \quad (1)$$

где \bar{s} – средний размер островов (количество атомов), θ – степень покрытия поверхности.

Используя разработанный формализм, проведено детальное теоретическое исследование морфологии и динамики роста образующихся атомарных структур при разных температурах. Описаны особенности динамики плотности и среднего размера островов по мере осаждения при разных температурах от 150 до 500К. Проведено сравнение с экспериментальными данными [3].

Литература

1. Sickafus K.E., Kotomin E.A., Uberuaga B.P., Radiation Effects in Solids. - Springer Dordrecht, 2007. 592 стр.
2. Albia J.R., Alba M.A., Non-Arrhenius temperature dependence of the island density of one-dimensional Al chains on Si(100): A kinetic Monte Carlo study // *J. Vac. Sci. Technol. A* **33**, номер 2, год 2015. Стр. 021404.
3. Sobotík Anisotropic alloying: Formation of atomic scale trellis on the Si(100)-(2 × 1) surface // *Surf. Sci.* **677**, год 2018. Стр. 8-11.

**РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ РАСЧЁТА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЯ
ПРЕЛОМЛЕНИЯ ВОЛНОВОДА ПО ИЗМЕРЕННЫМ КОЭФФИЦИЕНТАМ
ЗАМЕДЛЕНИЯ ВОЛНОВОДНЫХ МОД**

Пустовалов А.В., Равин А.Р.¹, Чехлова Т.К.¹, Николаев Н.Э.¹

РТУ МИРЭА. +7 (916) 418-74-06 a1p3@mail.ru

¹РУДН

Градиентные оптические волноводы находят широкое применение в устройствах фотоники, таких как модуляторы переключатели, волноводные лазеры и др. К их достоинствам следует отнести низкие потери, простотустыковки с оптическим волокном, а в случае волноводных лазеров и локализация поля в активной среде при одномодовом режиме распространения [1].

Для исследования параметров волноводного слоя и проведения расчетов полей волноводных мод необходимо решить обратную задачу определения параметров волновода на основе измеренных коэффициентов замедления. Эта задача была решена в вариационной постановке, где целевая функция минимизируется для уменьшения различий между расчетными и измеренными значениями.

Существуют два основных подхода к решению этой задачи. В первом случае, когда волновод поддерживает большое количество мод, целевая функция составляется как сумма квадратов отклонений для каждой поддерживаемой моды. Здесь решение заключается в подборе параметров структуры волновода для выбранной модели распределения показателя преломления.

Во втором случае, когда волновод поддерживает только одну-две моды, измерения коэффициентов замедления проводятся при различных временах диффузии. С использованием соответствующих математических моделей диффузационного процесса можно определить соответствующие параметры.

В самой задаче минимизации целевой функции используются типовые методы, встроенные в систему математического моделирования, для достижения оптимального соответствия между расчетными и измеренными коэффициентами замедления.

Эти методы позволяют не только исследовать структуру волноводов, но и предоставляют инструменты для оптимизации их параметров, основанные на измеренных данных, что важно в контексте создания эффективных устройств фотоники [2,3].

Литература.

1. Jia Y., Chen F. Compact solid-state waveguide lasers operating in the pulsed regime: a review [Invited] // Chin. Opt. Lett. 17 (2019).
2. Hertel, P., Menzler, H.P. Improved inverse WKB procedure to reconstruct refractive index profiles of dielectric planar waveguides. Appl. Phys. B 44, 75–80 (1987)
3. Kin Seng Chiang, Chi Lai Wong. Refractive-index profiling of single-mode graded-index optical planar waveguides by the inverse Wentzel-Kramers-Brillouin method with improved accuracy, Optical Engineering 44(5), 054601 (2005)

КВАЗИДВУМЕРНЫЕ ТУРБУЛЕНТНЫЕ СТРУКТУРЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНИКИ ЭРБУ

Рыскаленко П.Р., Малиновская Е.А.

ГБОУ г.Москвы «Школа №814» Россия, 119005, г.Москва, ул.Матвеевская, 34, корп.2

Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, Россия, 119017, Москва,

Пыжевский пер. 3., elen_am@inbox.ru

При турбулентном движении жидкой или газообразной среды возникают структуры разного размера, которые визуально видны в различных физических процессах: обтекание поверхностей, пылевые структуры при извержении вулкана и т.д. Математической структуры турбулентности на небе для соотношений цветов и расстояний соответствующие гипотезе Колмогорова определены на картинах Ван Гога [1, 2].

Для анализа возникновения и размеров структур на поверхности жидкости с перемешиванием красок использовалась техника Эрбу. Краски наносятся на поверхности воды с последующим переносом изображения на бумагу.

Для цифрового варианта рисунков выбраны области с явным узором в форме вихря. Для азимутальных средних, радиально о центра структуры, как в [2], проведен статистический анализ изменения насыщенности цвета от расстояния, построены спектральные функции, для них определены показатели степени.

Проведены три типа экспериментов для движения частиц краски: под влиянием разности температур и горизонтального воздушного потока, а также с использованием перемешивания.

Для конвективных движений при установлении разности температур между центральной областью (около 100°C) и охлажденным до 0°C раствором. В результате тепловых волн, равномерно распределенная по поверхности краска структурируется, фрагментируется. Структуры также дают степенной спектр с показателями, меняющимися от -3 до -1.

Воздушный поток со скоростью от 3 до 3,6 м/с над раствором жидкости в прямоугольной емкости способствует появлению одного или двух крупных вихрей, состоящих из более мелких вихрей. Получены структуры со степенями близкими к -1 – -0,7. Для обтекания модели поверхности за холмом для области рециркуляции степень вирируется от -1,2 до -0,8.

Перемешивание реализовано с использованием вращающихся лопастей вентилятора у поверхности. Степени варьируются от -1,4 до -0,9.

Литература.

1. Aragón J. L. et al. Turbulent luminance in impassioned van Gogh paintings //Journal of Mathematical Imaging and Vision. – 2008. – T. 30. – №. 3. – C. 275-283.
2. Ma Y. et al. Hidden Turbulence in van Gogh's //arXiv preprint arXiv:2310.03415. 2023.
3. Beattie J., Kriel N. Is The Starry Night Turbulent? //arXiv preprint arXiv:1902.03381. – 2019.

ПОИСК ЛОКАЛЬНОГО МАКСИМУМА ИНДИКАТОРНОЙ РАБОТЫ МЕТОДАМИ НЕЛИНЕЙНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ С ОГРАНИЧЕНИЯМИ ТИПА НЕРАВЕНСТВ

Савенкова Н.П., Мокин А.Ю., Измайлова В.Р.

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,
ф-т 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: s02220400@gse.cs.msu.ru

Проводится поиск локального максимума индикаторной работы дизельного двигателя

$$L_i(\pi_k, \varepsilon, n_1, \lambda_{z'}, \rho, n_2) = \pi_k P_0 V_h \varepsilon^{n_1} \left(\frac{1 - \varepsilon^{1-n_1}}{(1-n_1)(\varepsilon-1)} + \frac{\lambda_{z'} \rho (1 - (\frac{\varepsilon}{\rho})^{1-n_2})}{(n_2-1)(\varepsilon-1)} + \lambda_{z'} \frac{\rho - 1}{\varepsilon - 1} \right).$$

Здесь P_0 и V_h - постоянные величины, равные атмосферному давлению и рабочему объему цилиндра двигателя. Параметры $\pi_k, \varepsilon, n_1, \lambda_{z'}, \rho, n_2$ являются переменными величинами с известными диапазонами допустимых значений и обозначают степень повышения давления в компрессоре, степень сжатия, показатель адиабаты сжатия, степень повышения давления после сжатия, степень предварительного расширения, показатель адиабаты расширения соответственно.

В целях повышения адекватности математической модели двигателя предлагается добавить ряд ограничений в виде двойных неравенств на давление в конце сжатия p_c , температуру в конце сжатия T_c , максимальное давление цикла p_z , давление в конце расширения газов p_b , максимальную температуру цикла T_z .

При этом перечисленные выше величины нелинейно выражаются через переменные функционала индикаторной работы, а именно: $p_c = p_0 \pi_k \varepsilon^{n_1}$, $T_c = T_a \varepsilon^{n_1-1}$, $p_z = p_0 \pi_k \varepsilon^{n_1} \lambda_{z'}$, $p_b = \pi_k p_0 \lambda_{z'} \rho^{n_2} \varepsilon^{n_1-n_2}$, $T_z = \frac{\rho \lambda_{z'} T_c}{\mu}$, где T_a и μ - заданы.

Полученная задача оптимизации является нелинейной и невыпуклой. Для ее решения используется метод последовательного квадратичного программирования SLSQP [1]. Выполнено распараллеливание алгоритма решения задачи и проведена серия расчетов с различными начальными приближениями.

Анализ результатов показывает, что величины полученных параметров соответствуют заявленным характеристикам современных дизельных двигателей мировых производителей и позволяют спроектировать их отечественный аналог.

Литература.

- Измайлова А.Ф., Соловьев М.В. Численные методы оптимизации. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. 320стр.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УПРАВЛЯЮЩИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА АЛЮМИНИЯ

Савенкова Н.П., Удовиченко Н.С., Сапожников К.Э., Ненахов Н.Д.

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

Проводится математическое моделирование основных параметров управления (криоплитовое отношение, выход алюминия по току, потери выхода алюминия по току) процесса электролиза алюминия, которые используются в АСУТП промышленного производства. Математическая модель электролиза алюминия [1] учитывает во взаимосвязи все основные физико-химические процессы, протекающие в электролизной ванне, и позволяют рассчитывать во времени поверхности раздела сред металл- электролит, газ-электролит, а также концентрации основных ионов, выделяющихся в результате химических реакций, происходящих в процессе электролиза алюминия.

Авторами предлагается следующая модификация уравнения Нернста-Планка, которое используется для расчёта ионов натрия, фтора, алюминия и их солей:

$$\frac{\partial C_i}{\partial t} = D_i \cdot \operatorname{div}(\operatorname{grad}C_i + \frac{z_i F}{RT} C_i \operatorname{grad}\phi) - \operatorname{div}(C_i \nu).$$

где C_i – концентрация i -ого иона/катиона, D_i – коэффициент диффузии i -ого иона/катиона, z_i – заряд i -ого иона/катиона, F – постоянная Фарадея, R – универсальная газовая постоянная, T – температура, ϕ – потенциал электростатического поля, $v(x, y, z)$ – скорость ионов в точке рабочего пространства.

Модифицированное уравнение учитывает распределение скоростей в рабочем пространстве ванны, которые рассчитываются вычислительным комплексом, реализующем математическую модель электролиза алюминия.

Уточняются расчёты по эмпирической и модифицированной авторами полуэмпирической формулам значений параметров выхода по току и потерь выхода по току на основе данных, полученных вычислительным комплексом [1].

Литература.

1. Калмыков А.В. Математическое моделирование влияния процессов тепломассопереноса на МГД-стабильность алюминиевого электролизёра — Москва: Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова. Факультет вычислительной математики и кибернетики. Кафедра вычислительных методов. Диссертация. 2017. 137 стр.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОМАССОПЕРЕНОСА В ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ ЦИРКУЛЯЦИОННОЙ СИСТЕМЕ

Сахаров П.С., Исаева А.В.

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, 119991, Российской Федерации, Москва, Ленинские горы, д. 1, +7 (925) 322-34-55, sakharovp@mail.ru

Устойчивое развитие сталкивается с тремя важнейшими проблемами: быстрый рост населения, нехватка энергии и постоянно растущее загрязнение окружающей среды. Поэтому в настоящее время растет интерес к реализации проектов в сфере геотермальной энергетики [1].

Для полезного использования тепла геотермальных ресурсов сооружают геотермальные циркуляционные системы (ГЦС) [1]. ГЦС включает как минимум две скважины: нагнетательную и добывающую. Между скважинами путем стимуляций увеличивается проницаемость пород либо впервые создается проницаемая область. Через нагнетательную скважину закачивается теплоноситель, который выносит тепло на поверхность при выкачивании его из добывающей скважины, где тепло уже может быть использовано [2].

В настоящей работе путем численного моделирования изучается эффективность ГЦС. Рассматривается упрощенная двумерная модель тепломассопереноса в пласте между скважинами. Эволюция тепла происходит под влиянием двух механизмов: конвективного переноса тепла и теплопроводности самой горной породы. Скорость течения жидкости (теплоносителя) в порах описывается законом Дарси, изменение давления жидкости описывается с помощью уравнения неразрывности потока сжимаемой жидкости [3]. Решение полученной системы уравнений проводилось численно, для чего была написана программа в среде GNU Octave, с помощью которой изучалась эволюция полей давления и температуры в ГЦС.

Литература

1. Shyi-Min Lu. A global review of enhanced geothermal system (EGS)// Renewable and Sustainable Energy Reviews **81** (2018) 2902–2921
2. Li, S., Wang, S., Tang, H. Stimulation mechanism and design of enhanced geothermal systems: A comprehensive review // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2022. V. **155** (111914)
3. Lei, Z., Zhang, Y., Cui, Q. et al. The injection-production performance of an enhanced geothermal system considering fracture network complexity and thermo-hydro-mechanical coupling in numerical simulations // Sci Rep **13**, 14558 (2023).

ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ УРАВНЕНИЙ КВАНТОВОЙ МЕХАНИКИ С СИНГУЛЯРНЫМ ПОТЕНЦИАЛОМ

Семенов С.В.

Национальный исследовательский центр "Курчатовский Институт",

Sergei_Semenov@inbox.ru

Задача об определении уровней энергии и волновой функции для связанного состояния квантовомеханической системы рассматривается при исследованиях в области атомной и ядерной физики, квантовой химии, физики элементарных частиц. Так как аналитическое решение возможно только для нескольких потенциалов, то необходимо развивать численные подходы. Наиболее эффективным методом, широко применяемом во всем мире, является трехточечный рекуррентный метод Нумерова [1]. При этом необходимо решить проблему сингулярности в начале координат, которой обладают многие потенциалы, входящие в радиальные уравнения. Например, в [2] с этой целью используется модификация схемы конечных разностей для вычисления второй производной искомой функции при нулевом радиусе. В докладе предложен способ учета сингулярности на основе полиномиальной экстраполяции. Развитый подход позволяет определить спектр масс мезонов в кварковой модели [3]. Показано, что данный способ приводит к увеличению точности и быстродействия вычислительного метода.

Литература.

1. Нумеров Б.В. Труды Центральной Астрофизической Обсерватории, 2, 188 (1933)
2. E. Buendia and R. Guardiola, J. Comput. Phys., 60, 561 (1985)
3. Семенов С.В., Хрущев В.В., Ядерная физика, т. 56, вып. 5, стр. 218 (1993)

О МЕХАНИЗМЕ ВОЗБУЖДЕНИЯ КРУПНОМАСШТАБНЫХ ФЛУКТУАЦИЙ

Сидоров С.В.

Россия, 117570, Москва, ул. Красного Маяка, 11, 3, 200,
тел.: 8 985 941 18 01. E-mail: sidorov26sv@mail.ru

Большой интерес представляют флуктуации, длина волны которых значительно больше, чем характерный микроскопический масштаб (межмолекулярное расстояние в жидкостях и длина свободного пробега в газах), а время затухания которых превышает время установления локального равновесия в малых объемах с большим числом частиц. О величине таких флуктуаций свидетельствуют оценки, показывающие, что наблюдаемые в слоях крупномасштабные флуктуации сравнимы по величине с размерами самого слоя. Окончательного ответа на вопрос о появлении таких флуктуаций пока нет [1].

В работе численно рассмотрены решения уравнение Бюргерса

$$\frac{\partial w(x,t)}{\partial t} + w(x,t) \frac{\partial w(x,t)}{\partial x} = \mu \frac{\partial^2 w(x,t)}{\partial x^2} \quad (1)$$

с комплекснозначной функцией $w(x,t) = u(x,t) + iv(x,t)$ и с комплексным коэффициентом динамической вязкости, определяющим реологические свойства среды.

Решение уравнения (1) в приближении плоской бегущей волны показало, что в рамках представленной модели существуют условия, обеспечивающие возбуждение крупномасштабных флуктуаций микроскопическими статистическими флуктуациями. Эти условия определены как для сильно разреженной газовой среды, так и для конденсированной среды. При этом крупномасштабные возмущения имеют волновой характер и ограничены во времени и в пространстве. Форма возмущений зависит от начальных условий, от локального коэффициента вязкости и может иметь вид уединенной волны, волны переключения или волнового пакета.

Результаты работы позволяют понять механизм образования развитой турбулентности в жидкости и в газе [2].

Литература

1. Зубарев Д.Н., Морозов В.Г., Репке Г. Статистическая механика неравновесных процессов, в 2-х томах// М.: Физматлит, т. 2-й, 2002, 296 с.
2. Рыбаков Ю.П., Сидоров С.В. Об одной гидродинамической модели турбулентности\ <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=53863453>.

**КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТРАНСПОРТА
МГНОВЕННЫХ НЕЙТРОНОВ ДЕЛЕНИЯ В МУЛЬТИМОДУЛЬНОМ
НЕЙТРОННОМ ДЕТЕКТОРЕ НА БАЗЕ ЖИДКОГО СЦИНТИЛЛЯТОРА**

Сидорова О.В.^{1,2}, Зейналов Ш.С.¹

¹ОИЯИ, Россия, Дубна sidorova@jinr.ru

²Университет «Дубна», Россия Дубна

Исследование свойств МНД имеет важное значение в изучении процесса деления ядер, так как МНД несут информацию о степени возбуждения делящегося ядра [1,2]. Для детального изучения массово-энергетических распределений (МЭР) фрагментов деления и процессов эмиссии МНД при делении ядер ^{235}U , ^{237}Np и ^{239}Pu , вызванного резонансными нейтронами и спонтанном делении ^{252}Cf , был сконструирован нейтронный детектор (НД), состоящий из 32 модулей детектирования МНД, изготовленных фирмой SIONICS (Nederland). Испускание МНД вызывается делением урана-235. Пучок резонансных нейтронов, созданный на установке IREN Объединенного института ядерных исследований (ОИЯИ), облучает двойную ионизационную камеру с сетками Фриша и урановой мишенью, расположенной на общем катоде. В процессе облучения образуются фрагменты деления (ФД) и МНД. МНД регистрируются детектором МНД. Для каждого события деления регистрируется следующая информация: временная метка, углы испускания ФД, кинетические энергии ФД и информация о форме импульсов. Детектор МНД способен обнаружить МНД и отделить их от фонового гамма-излучения путем анализа формы импульсов. Мульти-модульная структура детектора МНД имеет преимущество благодаря более высокой эффективности регистрации МНД, но многократные рассеяния нейтрона в нейтронном детекторе могут имитировать ложную множественность. В этой связи, возникает необходимость определения доли событий многократного рассеяния с использованием компьютерного моделирования процесса миграции нейтронов в детекторе [3]. Для этого мы создали компьютерный код, который генерировал 20 сценариев по 500000 событий эмиссии МНД в каждом. В результате проведенных расчетов было установлено, что систематическая погрешность из-за многократного рассеяния в наших исследованиях МНД не превышает уровня 5%:

$$N^{real} \approx 0,95 \cdot N^{visible},$$

где $N^{visible}$ – число вспышек, зарегистрированных нейтронным детектором, N^{real} – реальное число нейтронов, зарегистрированных системой.

Литература

1. Nifenecker *et al.* Nuclear Physics // **131**, 2, 1969. Стр. 261-266.
2. Hambsch F.-J. *et al.* Nuclear Physics // **491**, A, 1989. Стр. 56 – 90.
3. Allen Downey. *Physical Modeling in MATLAB* // Needham: Green Tea Press, 2009, 166.

ПУЛЬСАЦИИ ГЛАЗА И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ГИДРОДИНАМИКУ ТЕЧЕНИЙ ВНУТРИГЛАЗНОЙ ЖИДКОСТИ

Складчиков С.А., Лапонин В.С., Анпилов С.В., Савенкова Н.П.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова», Факультет вычислительной математики и кибернетики 119991, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 52, факультет ВМК

Изучение анатомического строения стекловидного тела (СТ) и его влияние на гидродинамику в глазе происходит уже более 300 лет. Внедрение новых красителей и усовершенствование оборудования позволило исследователям высказывать новые предположения, однако вплоть до настоящего времени СТ признано одной из малоизученных структур. Не изучена роль данной структуры и ее влияние на гидродинамику процессов в глазе.

В данной работе показано, что сложная структура СТ, а также пульсация кровеносных сосудов существенно влияет на динамику внутрглазной жидкости, роль которой в жизни глаза чрезвычайно многогранна. Для исследования этого влияния используется аппарат трехмерного математического моделирования, ввиду сложности, а в некоторых случаях невозможности проведения натурных экспериментов.

Литература.

1. Алексеев И.Б., Белкин В.Е., Самойленко А.И. и др. Стекловидное тело. Строение, патология и методы хирургического лечения - Новости глаукомы – 2015 - №1(33) – с.12-14.
2. Складчиков С.А., Савенкова Н.П., Высокайлло Ф.И., Аветисов С.Э., Липатов Д.В., Новодережкин В.В. / 4D-исследование вихревых движений жидкостей внутри глаза // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Серия «Естественные науки», Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана (М.), № 5, с. 73-88
3. Laponin V.S., Skladchikov S.A., Savenkova N.P., Novoderezhkin V.V. / Investigating the causes of glaucoma: mathematical modeling of the hydrodynamics of fluid outflow through schlemm's canal // Computational Mathematics and Modeling, издательство Consultants Bureau (United States), том 29, № 2, с. 146-152
4. Bychkov V.L., Anpilov S.V., Savenkova N.P., Stelmashuk V., Hoffer P. / On modeling of “plasmoid” created by electric discharge // Journal of Physics: Conference Series, IOP Publishing ([Bristol, UK], England), том 996, с. 012012-012012

О ПРОГНОЗИРОВАНИИ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ НА ОСНОВЕ МЕТОДА СКОЛЬЗЯЩЕГО ОКНА И НЕЙРОТЕХНОЛОГИЙ

Слипченко А. В., Мазуров М. Е.

Российский Экономический Университет им. Г. В. Плеханова Россия,
115054, Москва, Стремянный пер. 36,
Тел.: (916) 190-25-15. E-mail: mazurov37@mail.ru

Известно большое количество методов прогнозирования стационарных временных рядов (СВР), содержащих статистические закономерности. Для прогнозирования нестационарных временных рядов (НВР) указанные методы не пригодны ввиду отсутствия статистических закономерностей для этих НВР [1, 2].

Для прогнозирования нестационарных временных рядов предложено использовать метод скользящего окна, позволяющий определять структурные составляющие временного ряда аттракторы или характерные фигуры. Аттрактор из найденного множества, близкий к фигуре временного ряда в последнем окне, используется для прогнозирования НВР. Установлено, что достоверность прогнозирования прямо пропорциональна количеству однотипных аттракторов временного ряда. Для сравнения движущихся окон - участков временных рядов используется автокорреляционная функция. Функция автокорреляции для j -го окна рассчитывается по формуле

$$\sigma_j = \frac{\sum_{i=1}^m (U(n-l+i)*U(i+j))}{\sqrt{\sum_{i=1}^m (U^2(n-1+i))*\sum_{i=1}^m (U^2(i+j))}}$$

где $i=1,..m$; $j=1,2,..(n-m)$.

Разработано программное обеспечение на языке Python определения аттракторов нестационарного временного ряда с последующим использованием аттракторов для прогнозирования. Работа программного обеспечения реализована при прогнозировании временных рядов различных видов: урожайности зерновых: пшеницы, ячменя, овса; при прогнозировании финансовых временных рядов «Сбербанка», «Газпрома», курса нефти «Brent». Результаты вычислительного эксперимента показывают эффективность использования метода скользящего окна для прогнозирования НВР в слабоструктурированных социально-экономических системах.

Литература

1. Мазуров М. Е. Идентификация математических моделей нелинейных динамических систем: монография. - М.: ЛЕНАНД, 2019. 284 стр.
2. Мазуров М. Е. О прогнозировании финансовых временных рядов с помощью метода самоорганизованной критичности // «Экономика, статистика и информатика». Вестник УМО. №3. 2014. Стр. 153–157.

ЭФФЕКТИВНАЯ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ СЕТЕЙ СЛУЧАЙНЫХ РЕЗИСТОРОВ, СОЗДАННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗБИЕНИЯ ПУАССОНА – ВОРОНОГО

Тарасевич Ю.Ю., Водолазская И.В., Есеркепов А.В.

Астраханский государственный университет им. В.Н. Татищева,
лаборатория «Математическое моделирование и
информационные технологии в науке и образовании»,
Россия, 414056, г. Астрахань, ул. Татищева 20а,
Тел.: (8512)24-64-96, E-mail: irina.vodolazskaya@asu.edu.ru

Прозрачные проводящие электроды являются ключевыми компонентами для различных термо- и оптоэлектронных устройств.

Имитировать металлические бесшовные сети можно с помощью разбиения Вороного, считая ребра многоугольников проводниками. Хотя такие сети в среднем изотропны и однородны, локальные колебания концентрации ребер n_E неизбежны. В работах [1,2] были получены аналитические выражения для эффективной электропроводности сети через среднюю концентрацию и среднюю длину ребер.

Учитывая функцию распределения концентрации ребер и свойства разбиения Вороного, была получена формула для эффективной электропроводности:

$$\sigma_{\text{eff}} = \sigma_0 w t \left\{ \frac{n_E}{6} \left[1 + \frac{I_{-\frac{3}{4}}\left(\frac{n_E}{4}\right) + I_{\frac{3}{4}}\left(\frac{n_E}{4}\right)}{I_{-\frac{1}{4}}\left(\frac{n_E}{4}\right) + I_{\frac{1}{4}}\left(\frac{n_E}{4}\right)} \right] \right\}^{1/2}, \quad (1)$$

где I – модифицированная функция Бесселя; $w t$ – площадь поперечного сечения, σ_0 – удельная электропроводность материала ребер. Аналитическая зависимость (1) дает лучшее приближение, чем [1,2], к результатам расчета модельных сетей на основе разбиения Пуассона–Вороного.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-21-00074, <https://rsrf.ru/project/23-21-00074/>.

Литература

1. Kumar A., Kulkarni G.U. Evaluating conducting network based transparent electrodes from geometrical considerations // *J. Appl. Phys.* **119**(1), 2016. P. 015102.
2. Tarasevich Yu.Yu., Vodolazskaya I.V., Eserkepov A.V., Akhunzhanov R.K. Electrical conductance of two-dimensional composites with embedded rodlike fillers: An analytical consideration and comparison of two computational approachesازование // *J. Appl. Phys.* **125**(13), 2019. P. 134902.

МЕЖСЛОЙНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ БИСЛОЙНОЙ ГАЗОРАДЕЛИТЕЛЬНОЙ МЕМБРАНЫ

Угрозов В.В.

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

Исследование фундаментальных механизмов лимитирующих газоперенос через композиционные мембранны (**КМ**), интенсивно разрабатывающихся в последнее годы , чрезвычайно актуально для повышения эффективности мембранных процессов газоразделения. Простейшим вариантом КМ является бислойная мембрана, состоящая из полимерного высокоселективного слоя малой толщины, нанесенного на поверхность подложки, из полимерного материала с высокой газопроницаемостью.

Выполненные в последние годы ряд экспериментальных исследований газопереноса через КМ и их анализ, указывают, что они не могут быть адекватно описаны в рамках известной модели газопереноса через КМ (модель «последовательных сопротивлений»), в которой сопротивление мембранны газопереносу определяется , как сумма диффузионных сопротивлений мембранных слоев КМ.

В данной работе впервые предположено, что на границе двух мембранных слоев может возникать дополнительное сопротивление массопереносу (которое в дальнейшем будет называться **межслойное сопротивление (МС)**), подобное известному тепловому сопротивлению, возникающему на границе двух сред при переносе тепла и впервые экспериментально обнаруженного П.Л. Капицей. Предложена модель газопереноса через бислойную мембрану с учетом межслойного сопротивления [1]. Получено аналитическое выражение проницаемости бислойной мембранны с учетом данного сопротивления, которое является обобщением известного уравнения модели «последовательных сопротивлений». Показано, что межслоевое сопротивление может заметно влиять на проницаемость и селективность газопереноса через бислойную мембрану. Установлено, что даже в случае малого диффузионного сопротивления газопереносу подложки мембранны, ее сорбционные и кинетические параметры влияют на проницаемость и селективность бислойной мембранны.

Полученные результаты работы могут быть применены для описания массопереноса через композиционные мембранны, используемые не только в газоразделении, но и в других мембранных процессах.

Литература

1. Угрозов В.В. //Мембранны и мембранные технологии. В печати.

НОВЫЙ ВИД ВОЛН-УБИЙЦ

Устинов Н.В.

Объединенный институт ядерных исследований, Лаборатория радиационной биологии,
Россия, 141980, г. Дубна, ул. Жолио-Кюри 6, E-mail: ustinovnv@jinr.ru

Изучение волн-убийц в различных областях физики вызывает большой интерес исследователей на протяжении уже многих лет (см. обзор [1] и литературу там же). Были предложены различные механизмы, объясняющие появление этих волн. Возникновение волн-убийц чаще всего рассматривается на основе механизмов модуляционной неустойчивости и суперпозиции волн. В обоих случаях формирование волн-убийц происходит на фоне волнового поля, что нашло отражение в определениях этих волн [1].

В настоящем докладе для случая двумерного многокомпонентного обобщения системы уравнений Ядзимы–Ойкавы [2, 3] представлен новый вид волн-убийц. Отличительной особенностью волн этого вида является то, что их образование происходит при отсутствии фоновых волн. Кроме того, эволюция рассматриваемых волн носит двумерный характер. Порождающим механизмом волн-убийц этого вида является нелинейная фокусировка. Метод получения решений двумерного многокомпонентного обобщения системы уравнений Ядзимы–Ойкавы в виде волн-убийц нового вида и их свойства представлены в [4].

Полученные результаты могут стимулировать дальнейшие исследования волн-убийц. Представляется важным распространить подход, приводящий к этому виду волн-убийц, на другие модели различного физического контекста, описывающие волновые взаимодействия.

Литература

1. Слюняев А.В., Пелиновский Д.Е., Пелиновский Е.Н. Морские волны-убийцы: наблюдения, физика и математика // УФН, том **193**, номер 2, 2023. Стр. 155–181.
2. Kanna T., Vijayajayanthi M., Lakshmanan M. Mixed solitons in (2+1) dimensional multicomponent long-wave–short-wave system // Phys. Rev. E, **Vol. 90**, No. 4, 2014. Art. no. 042901 (15 pages).
3. Сазонов С.В., Устинов Н.В. Двумерная динамика солитонов в условиях резонанса Захарова–Бенини // Изв. РАН. Сер. Физ. том **82**, номер 11, 2018. Стр. 1496–1499.
4. Ustinov N.V. New type of rogue waves // <https://arxiv.org/abs/2310.17254>.

ХИМЕРНЫЕ СОСТОЯНИЯ В ОДНОМЕРНОЙ СИСТЕМЕ НЕЙРОНОВ С СУПЕРДИФФУЗИОННОЙ СВЯЗЬЮ

Фатеев И.С., Полежаев А.А.

Физический институт имени П.Н. Лебедева РАН, Россия, 119991, Москва, Ленинский проспект, д. 53, Тел.: (913)236-30-42, E-mail: i.fateev@lebedev.ru

Химерные состояния являются одними из самых интригующих континтуитивных динамических явлений, обнаруженных в последние годы. Они представляют собой состояния с согласованным существованием синхронизированных и рассинхронизированных элементов. В задачах коллективной активности взаимодействующих осцилляторов, в частности нейронов, химерные состояния довольно быстро заняли основополагающую роль. Сейчас, химеры могут быть отождествлены с режимами, возникающими в коре головного мозга. Считается, что они связаны с обработкой визуальной информации, пространственным ориентированием и многими другими когнитивными процессами.

В работе рассматривается двух- и трех-компонентная система реакционно-супердиффузионных уравнений, основанная на нелинейных функциях модели Хиндмарш-Роуз, описывающая динамику цепочки взаимодействующих нейронов. В качестве оператора, ответственного за нелокальный тип взаимодействия между элементами, был использован дробный оператор Лапласа, формирующий супердиффузионный кинетический механизм.

Для различных показателей дробного оператора Лапласа продемонстрировано, что в данной системе возникают химерные состояния. Проанализирована их взаимосвязь с некоторыми параметрами нелинейных функций модели Хиндмарш-Роуз. В двухкомпонентной системе с супердиффузией по обеим компонентам рассчитаны зависимости как силы инкогерентности, так и фактора синхронизации от параметров нелокальности (показателей дробного Лапласиана). Показано, что при определенных комбинациях параметров, ответственных за нелокальность и нелинейные особенности активации точечных подсистем, глобальная рассинхронизация в системе реализуется быстрее. В отличие от двухкомпонентной, в трехкомпонентной системе наблюдалась большее разнообразие в динамике химер, в зависимости от характерных параметров, определяющих динамику третей, медленно эволюционирующей компоненты. Наконец, в работе показано, что в рамках полного математического задания дробного оператора Лапласа, формирующего глобальный тип взаимодействия между элементами, с нулевыми граничными условиями, в системе со временем может реализоваться инкогерентный фронт, предопределяющий возможность образования химер в вышеописанных системах с нелокальным типом взаимодействия [1].

Литература.

1. Fateev I., Polezhaev A. Chimera states in a chain of superdiffusively coupled neurons //Chaos: An Interdisciplinary Journal of Nonlinear Science T. 33, №. 10, 2023.

ВЫЧИСЛЕНИЕ ТЕПЛОВОГО ПОТОКА В ЗАДАЧЕ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ С КУСОЧНО-ПОСТОЯННЫМ КОЭФФИЦИЕНТОМ

Ходалицкий Д.Н., Мокин А.Ю., Савенкова Н.П.

Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова, ф-т ВМК, каф. ВМ,
Россия, 119991, г. Москва, ул. Ленинские горы д.1, стр. 52, 2-й учебный корпус
s02230544@gse.cs.msu.ru

В работе рассматривается нестационарное уравнение теплопроводности с переменным коэффициентом теплопроводности и граничными условиями смешанного типа

$$\begin{cases} \frac{\partial u}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(k(x) \frac{\partial u}{\partial x} \right), & 0 < x < L, t > 0, \\ u(0, t) = u_0(t), \left(k \frac{\partial u}{\partial x} \right)(L, t) + \alpha(u(L, t) - u_{\text{вн}}) = 0, & t \geq 0, \\ u(x, 0) = \phi(x), & 0 \leq x \leq L, \end{cases} \quad (1)$$

где $\phi(x) = K \left(u - u_0(0) \right) \int_0^x \frac{ds}{k(s)}$, $K = \left(\frac{1}{\alpha} + \int_0^L \frac{ds}{k(s)} \right)^{-1}$ - решение соответствующей стационарной задачи

$$\begin{cases} \left(k(x)u'(x) \right)' = 0, & 0 < x < L, \\ u(0) = u_0(0), \quad k(L)u'(L) = -\alpha(u(L) - u_{\text{вн}}). \end{cases}$$

Методом разделения переменных получено решение задачи (1) в виде функционального ряда

$$u(x, t) = u_0(t) + K \left(u - u_0(t) \right) \int_0^x \frac{ds}{k(s)} - \sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{k(0)X'_n(0)}{\lambda_n} \int_0^t u'_0(\tau) e^{-\lambda_n(t-\tau)} d\tau \right) X_n(x),$$

где λ_n и X_n – решение задачи Штурма-Лиувилля

$$\begin{cases} -(k(x)X'(x))' = \lambda X(x), & 0 < x < L, \\ X(0) = 0, \quad k(L)X'(L) + \alpha X(L) = 0. \end{cases}$$

Проведено исследование по выбору числа гармоник функционального ряда, необходимых для определения величины потока в точке $x = 0$ с заданной точностью.

Результаты вычислений демонстрируются наглядными примерами, имеющими конкретную физическую интерпретацию.

Задача (1) моделирует процесс теплообмена с окружающей средой через композитную теплоизоляцию толщины L . При этом точка $x = 0$ соответствует внутренней поверхности теплоизоляции, а точка $x = L$ – внешней поверхности. Качество теплоизоляции определяется величиной теплового потока в точке $x = 0$. Поэтому результаты проведенных исследований имеют большое прикладное значение при моделировании процесса теплообмена в промышленной электролизной ванне, стенки которой имеют многослойную теплоизоляцию.

АСИМПТОТИКА ПРЕДЕЛЬНЫХ СОСТОЯНИЙ И ПАДЕ – АППРОКСИМАЦИЯ ПЕРЕХОДОВ В НЕЛИНЕЙНЫХ АВТОКОЛЕБАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

Шатров А.В.

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Россия, 195251,
г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29, тел. +7(911)-150-72-07,
avshatrov1@yandex.ru

В докладе представлены результаты экспериментального исследования процесса осаждения слоя эритроцитов при анализе РОЭ. Результаты визуализации этого процесса демонстрируют колебательный характер осаждающегося слоя на границе «эритроциты – плазма крови». В данном сообщении представлены результаты моделирования динамической системы, представляющей процесс формирования и осаждения форменных элементов крови (ФЭК), образующихся при осаждении эритроцитов в пробирке Панченкова. Нелинейные динамические системы (ДС) являются обобщением большого класса реальных физических задач, возникающих при математическом моделировании. Наличие нелинейной зависимости между амплитудой колебаний и периодом (частотой) при наличии малого параметра является признаком автоколебательных систем. В нашем случае можно определить два основных фактора, действующих на слой эритроцитов: сила тяжести и силы коагуляции, приводящие к формообразованию сгустков – ФЭК. При этом малым параметром является отношение времени формообразования к времени осаждения ФЭК. В качестве модельной ДС рассматривается уравнение Ван дер Поля. Уравнение Ван дер Поля является базовой моделью системной динамики и в контексте асимптотического анализа этой модели выполнены, например работы [1-3]. Основополагающей из них является статья А.А. Дородницына [1], в которой впервые получено приближенное решение для периода автоколебаний. Подробное обоснование и уточнение метода рассмотрено в книге [2]. В работе [3] проведены численные исследования модели Ван дер Поля с использованием Паде-аппроксимаций, при этом основное внимание в этих работах уделяется вопросам сходимости на основе анализа расположения в комплексной ϵ -плоскости нулей и полюсов диагональных аппроксимаций Паде. В данной работе представлены результаты расчета периода и амплитуды автоколебаний, полученные путем соединения асимптотик при малых и больших значениях параметра ϵ с помощью Паде-аппроксимант. Полученное решение в аналитической форме является пригодным для параметра ϵ на интервале (0, 6).

Литература

1. Дородницын А.А. Асимптотическое решение уравнения Ван дер Поля // ПММ 11:3, 1947. Стр. 313–328.
2. Мищенко Е.Ф., Розов Н.Х. Дифференциальные уравнения с малым параметром и релаксационные колебания, - Наука, М., 1975 стр. 248
3. Суэтин С.П. Численный анализ некоторых характеристик предельного цикла свободного уравнения Ван дер Поля // Совр. пробл. матем., вып. 14, 2010. Стр. 3–57

АППРОКСИМАЦИЯ СПЕКТРОВ ПОГЛОЩЕНИЯ ГАУССОВЫМИ ФУНКЦИЯМИ, ОПТИМИЗИРОВАННАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ЭВОЛЮЦИЕЙ

Шкирина У.А.¹, Чесалин Д.Д., Курков В.А.² Пищальников Р.Ю.

Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук, Россия,
119991, г. Москва, ул. Вавилова 38, shkirinauliana@gmail.com, rpishchal@kapella.gpi.ru
¹МГУ им. М.В. Ломоносова, Механико-математический факультет, Россия, г. Москва,
119991, Ленинские горы, 1

²Московский физико-технический институт, Россия, 141701, г. Долгопрудный,
Институтский пр. 9,

Гауссовые функции являются ключевыми для описания множества физических процессов и явлений. В частности, они применяются при моделировании спектров поглощения органических и неорганических молекул. В простейшем случае спектр может быть аппроксимирован одиночной гауссовой функцией, определяемой всего тремя параметрами. Однако в большинстве случаев спектр поглощения описывается более комплексной формой линии, и его аппроксимация требует использования большего числа гауссовых функций. Процедура подбора параметров в таком случае требует существенных затрат, в результате чего возникает потребность в использовании эволюционных алгоритмов, таких как дифференциальная эволюция. Нами было разработано программное обеспечение, позволяющее успешно оптимизировать процесс аппроксимации [1,2]. Особенностью оптимизационного алгоритма является необходимость настройки внутренних параметров алгоритма и стратегии выбора мутантных векторов, влияющих на скорость сходимости. Используя в качестве экспериментальных спектров смоделированные, мы провели анализ устойчивости алгоритма. Оказалось, что для некоторых стратегий дифференциальной эволюции параметры, обеспечивающие быструю сходимость, находятся в достаточно узком диапазоне. Таким образом, предварительное тестирование стратегий является необходимым, прежде чем алгоритм будет обрабатывать реальные экспериментальные данные.

Литература

1. Pishchalinikov, R.Y.; Yaroshevich, I.A.; Zlenko, D.V.; Tsoraev, G.V.; Osipov, E.M.; Lazarenko, V.A.; Parshina, E.Y.; Chesalin, D.D.; Sluchanko, N.N.; Maksimov, E.G. The role of the local environment on the structural heterogeneity of carotenoid β -ionone rings // *Photosynthesis Research*, том 156, номер 1, 2022, Стр. 3-17, doi:10.1007/s11120-022-00955-2.
2. Pishchalinikov, R. Application of the differential evolution for simulation of the linear optical response of photosynthetic pigments // *Journal of Computational Physics* том 372, 2018, Стр. 603-615, doi:10.1016/j.jcp.2018.06.040.

**HIGH-ORDER PROJECTION-CHARACTERISTIC METHOD FOR NUMERICAL
SOLVING OF THE TRANSPORT EQUATION ON TETRAHEDRA**

Aristova E.N., Astafurov G.O.

Keldysh Institute of Applied Mathematics, RAS

A third-order approximation method on a tetrahedron grid is proposed, based on: A) the use of an orthogonal projector; B) the characteristic form of the solution of the transfer equation. Estimates of the accuracy of the numerical solution have been established. Test calculations confirming the theoretical order of convergence have been carried out. A multithreaded cell bypass parallelization algorithm based on graph theory has been proposed. A significant acceleration of the calculation has been achieved. The transition to the projection version of the method allowed to introduce parallelization.

The basic scheme is a one-dimensional method based on Hermitian interpolation. It's direct implementation to tetrahedra was associated with a loss of accuracy when the characteristic almost lay in the plane of the face. The transition from interpolation operators to projection ones avoided this difficulty. Note that in the proposed method, as well as, for example, in the discontinuous Galerkin method, the continuity of the numerical solution between adjacent faces of the grid is not required, which makes it possible to better take into account the essentially discontinuous nature of the solution of the transport equation. The third order of convergence is theoretically and practically proved.

**THE REGULARIZATION METHOD BY A.N. TICHONOV
AND THE RICHARDSON METHOD IN THE MATHEMATICAL
MODELING OF SOME MAGNET SYSTEMS**

Polyakova R.V., Kovalenko A.D., Yudin I.P.

Joint Institute for Nuclear Research
E-mail: polykovarv@mail.ru

A nonlinear magnetostatic inverse problem is investigated for a case when it is needed to create a required magnetic field using conductors which coordinates vary on condition that current value is equal in all the conductors. It is known that the same problems fall under the category of noncorrect problems. Mathematical statement of this type of nonlinear magnetostatic inverse problems is given. The proposed numerical algorithm using the regularization method by A.N.Tikhonov permits to overcome comparatively easily the difficulties connected with badly conditioned equation systems to which usually the magnetostatic inverse problems reduce. This algorithm allows one to calculate the existing winding geometry of superconducting dipole ironless magnet which ensures a magnetic field homogeneity up to 10^{-5} within a rectangular aperture. Magnetic field distribution which is created by wires of an infinitely thin cross section being positioned near magnetic field surfaces and providing magnetic field index correction in the working region of accelerator is calculated by the mirror reflection method. Some expressions by which it is possible to calculate magnetic field gradient of arbitrary set of correcting wires are given. Current magnitude in correcting wires for 10 GeV JINR synchrophasotron magnetic field index corrections under field level about 0.023 T are calculated and optimized by the regularization method. Design, optimization and construction of magnetic systems is a complex engineering and physical issue. Mathematical modelling of magnetostatic problems allows us to make easy and accelerate the process of research on physical properties of a specific magnetic system. In particular, the mathematical simulation provides a way for studying those segments of the magnet where it is quite difficult and even impossible for making measurements (for example, in the core or very thin constructions). Thus, it is the mathematical modelling that provides a way for finding an optimal configuration of the magnet in each particular case. It should be noted that in the course of modelling a specific magnetic system some problems related to the peculiarities of its design arise. This is connected particularly with the choice of an optimal calculated grid for the boundary problem of magnetostatics. It is the problem that arose for the authors of this work, because the magnetic system considered is of small size and has a very thin gap. As a result, various variants of the magnetic system with a round aperture have been investigated numerically, various configurations of the system have been proposed for realization. In the process of numerical modeling of a superconducting magnetic focusing system, additional control of the approximation accuracy according to Richardson of the condition $u(\infty) = 0$ was performed on the basis of the above method using extrapolation with respect to the parameter R^{-1} .

R2

ЦИФРОВЫЕ ПЛАТФОРМЫ, ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ, АНАЛИЗ ДАННЫХ

DIGITAL PLATFORMS, ARTIFICIAL INTELLIGENCE, DATA ANALYSIS

Руководители:

Владимир Васильевич Кореньков, Евгения Наумовна Черемисина.

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ВИЗУАЛЬНЫХ ТРАНСФОРМЕРОВ В КЛАССИФИКАЦИИ ОФТАЛЬМОЛОГИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

Волков Е.Н.¹, Аверкин А.Н.¹

¹ Государственный университет «Дубна»,
Институт системного анализа и управления, Кафедра системного анализа и управления,
Россия, 141982, Дубна, ул. Университетская, д. 19, E-mail: envolkoff1998@yandex.ru

С каждым годом расширяются возможности использования технологий искусственного интеллекта в диагностике различных заболеваний – эта тенденция также имеет место в офтальмологии, где использование искусственных нейронных сетей различных типов вывело диагностику заболеваний на совершенно новый уровень. Традиционно, для анализа офтальмологических изображений, а именно снимков ретинальной камеры, использовались свёрточные нейронные сети (СНС), что было показано во многих работах [1]. Однако, появление в 2020 году моделей визуальных трансформеров, основанных на усовершенствованном механизме внимания, дало значительных прирост в точности классификации и сегментации при анализе медицинских изображений [2, 3].

Несмотря на то, что в анализе офтальмологических изображений применений трансформеров всё ещё уступает СНС, отдельные исследования [4, 5] показывают их перспективы в этом направлении. Созданная архитектура модели визуального трансформера для задачи классификации глаукомы и диабетической ретинопатии, по фундус-снимкам, показывает высокий результат на тестовой выборке ($F1=0,83$; $AUC=0,89$), что говорит о возможностях улучшения результата как путём тонкой настройки сети, так через создания ансамбля моделей в дальнейших исследованиях.

Литература

1. E. N. Volkov and A. N. Averkin, "Possibilities of Explainable Artificial Intelligence for Glaucoma Detection Using the LIME Method as an Example," 2023 XXVI International Conference on Soft Computing and Measurements (SCM), Saint Petersburg, Russian Federation, 2023, pp. 130-133. DOI: 10.1109/SCM58628.2023.10159038.
2. Zhang Y., Wang J., Gorroz J. M. et al. Deep Learning and Vision Transformer for Medical Image Analysis // Journal of Imaging. MDPI AG, 2023. Vol. 9, № 7. P. 147. DOI: 10.3390/jimaging9070147.
3. Azad R., Kazerouni A. et al. Advances in Medical Image Analysis with Vision Transformers: A Comprehensive Review //arXiv preprint arXiv:2301.03505. – 2023.
4. Yu S., Ma K., Bi Q. et al. Mil-vt: Multiple Instance Learning Enhanced Vision Transformer for Fundus Image Classification //Medical Image Computing and Computer Assisted Intervention–MICCAI 2021: 24th International Conference, Strasbourg, France, September 27–October 1, 2021, Proceedings, Part VIII 24. – Springer International Publishing, 2021. – P. 45-54. DOI: 10.1007/978-3-030-87237-3_5.
5. Sun R., Li Y., Zhang T. et al. Lesion-aware Transformers for Diabetic Retinopathy Grading // Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. – 2021. – P. 10938-10947.

ГЕОДАННЫЕ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В ЗАДАЧАХ УПРАВЛЕНИЯ ТЕРРИТОРИЯМИ

Любимова А.В., Горюнова Е.А.

Государственный университет "Дубна"

Информационные ресурсы и системы играют важную роль в управлении развитием территории, поскольку они обеспечивают сбор, обработку, анализ и распространение данных и знаний, которые необходимы для эффективного принятия решений.

Для управления территории применяются информационные системы и технологии. Одной из систем являются географические информационные системы (ГИС), которые предоставляют возможность работы с пространственными данными или геоданными. ГИС используются для сбора, хранения, анализа и визуализации географических данных. Они могут помочь в принятии решений на основе геоданных. Геоданные это информация, которая связана с определенными географическими координатами или местоположением, они включают в себя пространственные и атрибутивные данные. Геоданные могут включать такую информацию, как объектах, субъектах территории, границы, сельское хозяйство, градостроительство и другие. Геоданные имеют широкий спектр задач управления территориями, а их полученные геоданные могут быть интегрированы с другими типами данных, чтобы обеспечить более глубокое понимание ситуации и возможности для принятия обоснованных решений для управления и развития территории.

Геоданные можно использовать для создания карт, показывающих, где существуют различные условия и параметры территорий. Основой организации геоданных является пространственно-временная информация. Геоданные являются не просто данными, а представляют собой систему данных и информационных ресурсов. Геоданные дополняют и интегрируют другие данные и их использование как инструмента для принятия решений по управлению развитием территории. Параметры территорий определяют специфические характеристики и особенности данной территории. Геоданные характеризуют специфические характеристики и особенности территории для управления и развития территорий. Геоданные позволяют оценить потенциал территории для дальнейшего развития. Адресно-территориальная привязка информации, используемой для управления и развития территорий, способствует эффективному применению ГИС-технологии для анализа и поддержки принятия управленческих решений.

Использование геоданных позволяет повысить эффективность управленческих решений, обеспечить прозрачность и открытость информации, а также поддерживать адаптивность и устойчивость развития территории. Адресно-территориальная привязка информации, используемой для управления и развития территорий, способствует эффективному применению ГИС-технологии для анализа и поддержки принятия управленческих решений.

МЕТОДЫ И МОДЕЛИ ЭФФЕКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Немчанинова С.В., Минзов А.С.¹

Государственный университет «Дубна», 141982, Московская обл., Дубна, ул.

Университетская, 19, +79175156807, sobylova94@gmail.com

¹Государственный университет «Дубна», 141982, Московская обл., Дубна, ул.

Университетская, 19, +79265650570, 926-565-0570@mail.ru

Активное внедрение информационных технологий во все сферы деятельности нашего общества и реализация национальной программы цифровой экономики привело к значительному росту числа информационных систем.

Практический опыт применения различных информационных систем показал, что далеко не всегда они используются эффективно, подвержены различного рискам со стороны внутренней и внешней среды функционирования, отказам технических и программных средств и уязвимостью их к киберугрозам. Последствия реализации этих рисков для государства и общества могут быть значительными, особенно это касается ИС управления критическими информационными инфраструктурами и социально значимыми объектами [1]. Отсюда и возникает необходимость исследования методов и технологий управления наиболее важными рисками для повышения эффективности функционирования этих ИС.

Понятие «непрерывность бизнеса» (business continuity) рассматривается как «стратегическая и тактическая способность организации планировать свою работу в случае инцидентов и нарушения ее деятельности, направленной на обеспечение непрерывности деловых операций на установленном приемлемом уровне» [2]. Общие подходы к созданию системы обеспечения непрерывности функционирования ИС были изложены в нормативном документе [3]. Стандарт построен на основе известных практик и выполнен форме рекомендаций. Такой подход не позволяет детализировать отдельные вопросы, связанные с конкретным выбором мер защиты, восстановления, управления и контроля состояния ИКТ. Ещё одна особенность этого стандарта заключается в том, что он распространяется и на системы менеджмента информационной безопасности. В стандарте реализован риск-ориентированный подход для определения приоритетов инцидентов, однако используемая методология рисков решает только одну задачу – установить приоритеты рисков на основе достаточно грубых классификаций в форме лингвистических переменных. Применение механизмов нечетких множеств не обеспечивает доверия к результатам, так как полученные значения параметров риска нельзя ни с чем сравнить и нет методов оценки их погрешности. Это не позволяет решать задачи, связанные с оценкой эффективности риск – ориентированных методов восстановления ИКТ и их оптимизации.

Таким образом, существующий уровень методического обеспечения непрерывности функционирования информационных систем не позволяет автоматизировать эти процессы из-за отсутствия параметрических моделей управления информационными рисками и неопределенности исходных данных.

Литература.

1. Постановление Правительства РФ от 29 декабря 2021 г. N 2531 "Об утверждении Правил ведения перечня отечественных социально значимых информационных ресурсов".
2. ГОСТ Р 53647.22009: Менеджмент непрерывности бизнеса
3. ГОСТ Р ИСО/МЭК 27031-2012. Информационная технология. Методы и средства обеспечения безопасности. Руководство по готовности информационно-коммуникационных технологий к обеспечению непрерывности бизнеса.

**ВЛИЯНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ НА ПРОЦЕСС НАПИСАНИЯ ДИПЛОМНЫХ
РАБОТ СТУДЕНТАМИ**

Ушанкова М.Ю.

Государственный университет Дубна

В докладе раскрывается опыт преподавателя, заметившего резкий рост процента оригинальности выпускных квалификационных работ студентов. Это может быть связано с использованием нейронных сетей при подготовке текста работы. Анализ выборки показал 10% рост оригинальности.

ГИС - КЛЮЧЕВАЯ ЦИФРОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ СОВРЕМЕННОГО МИРА

Черемисина Е.Н., Любимова А.В., Суханов М.Г.

Государственный Университет "Дубна"

Сегодня геоинформационная система (ГИС) является незаменимым инструментом сопровождения управленческой деятельности во многих отраслях науки и производства. С помощью геоинформационных технологий создаются базы и хранилища геоданных, обеспечивающие функционирование государственной и региональной инфраструктуры пространственных данных, разрабатываются цифровые двойники территорий, реализуются ситуационные центры для целей регионального управления, решаются задачи комплексного геомоделирования на основе инновационных методов интегрированного анализа разноуровневых и разномасштабных данных. В докладе рассматриваются современные технологические подходы к реализации прикладных геоинформационных проектов и цифровых платформ, обеспечивающих наглядное представление и оперативный анализ геоданных. Акцентируется внимание на необходимости подготовки специалистов, владеющих современными геоинформационными технологиями и способных применить их для решения задач системного анализа и информационно-аналитического сопровождения в сфере отраслевого управления.

ПРИМЕНЕНИЕ ОБЪЯСНИТЕЛЬНОГО ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ АТАК НА НЕЙРОННЫЙ СЕТИ

Шевченко А.В.¹, Аверкин А.Н.^{1,2}

¹Университет «Дубна», Институт системного анализа и управления,
Россия, 141982, Московская обл., г. Дубна, ул. Университетская, д. 19,

Тел.: +7 (914) 625-00-47,

E-mail: leviathan0909@gmail.com

²ФИЦ «Информатики и управления» РАН

Россия, 12733, г. Москва, ул. Вавилова, д. 19,

Тел.: +7 (910) 422-71-82,

E-mail: averkin2003@inbox.ru

В базовом функционале многих широко применяемых нейросетевых технологий понятия объяснимости, интерпретируемости и прозрачности первоначально не заложены, отчего алгоритмы принятия тех или иных решений для конечного пользователя остаются “черным ящиком”. Вместе с тем при исследовании математических свойств подобных плохо интерпретированных нейросетевых технологий, особенно глубоких нейросетей, была отмечена их неустойчивость в зависимости от входных данных и возможность модификации входных данных, в результате обработки которых нейронные сети дают ложно-положительные или ложно-отрицательные выводы. Проведя манипуляции с входными данными нейронную сеть можно вывести из строя, заставив выдать заведомо неуместное или опасное решение. В тоже время широкая интеграция нейронных сетей в различные критические области применения дает возможности для атак на системы искусственного интеллекта. Результатом таких атак может стать не только материальный и финансовый ущерб, но и возникнуть угроза жизни и здоровью человека.

Над решением задачи объяснимости процесса принятия решения нейронными сетями в настоящее время работает множество проектов и регулярно публикуются их результаты, например, по проекту DARPA [1], и многочисленные статьи по объяснительному искусственному интеллекту [2, 3, 4], проводятся конференции.

Наиболее рациональным путем решения задачи является необходимость дать пользователям нейронных сетей не только возможность оценивать релевантность алгоритма и результата его работы, но и оценивать достоверность ответа путем косвенных методов их анализа. Сомнение реализуется, не только как вероятностная оценка соответствия, но и как набор параметров, позволяющих указать на значительное количество близких к этому ответу классификаций. Конечная визуализация результатов оценки должна производиться в доступном понятном для оценивающего эксперта формате. Для этого должны быть разработаны интерфейсы с внутримодельными и с пост-фактумными объяснениями, позволяющие интерпретировать результаты, полученные искусственной нейронной сетью.

Литература.

1. Gunning D, Vorm E, Wang JY, Turek M. DARPA's explainable AI (XAI) program: A retrospective // Defense Advanced Research Projects Agency. Applied AI Letters, Volume 2, Issue 4, 2021
2. Guidotti R, Monreale A, Ruggieri S, Turini F, Pedreschi D, Giannotti F. A Survey Of Methods For Explaining Black Box Models // Cornell University, Computer Science, Computers and Society, 2018
3. Keppel J, Liebers J, Auda J, Gruenfeld U, Schneegass S. ExplAInable Pixels: Investigating One-Pixel Attacks on Deep Learning Models with Explainable Visualizations // MUM '22: Proceedings of the 21st International Conference on Mobile and Ubiquitous Multimedia, 2022
4. Аверкин А.Н. Объяснимый искусственный интеллект как часть искусственного интеллекта третьего поколения // Всемирный Конгресс, «Теория систем, алгебраическая биология, искусственный интеллект: математические основы и приложения», 2023

GIS AS THE KEY DIGITAL TECHNOLOGY OF THE MODERN WORLD

Cheremissina E.N., Lyubimova A.V., Sukhanov M.G.

Dubna State University

Today, the geoinformation system (GIS) is an indispensable tool for supporting management activities in many branches of science and production. With the help of geoinformation technologies, geodata databases and repositories are being created to ensure the functioning of the state and regional spatial data infrastructure, digital doubles of territories are being developed, situational centers are being implemented for the purposes of regional management, complex geomodeling tasks are being solved based on innovative methods of integrated analysis of multi-level and multi-scale data. The report examines modern technological approaches to the implementation of applied geoinformation projects and digital platforms that provide visual representation and operational analysis of geodata. Attention is focused on the need to train specialists who possess modern geoinformation technologies and are able to apply them to solve problems of system analysis and information and analytical support in the field of industry management.

METHODS AND MODELS FOR EFFECTIVE INFORMATION SYSTEMS RISK MANAGEMENT

Nemchaninova S.V., Minzov A.S.¹

Dubna State University, 19 University St., Dubna, Moscow Region, 141982, Russia,
+79175156807, sbobylova94@gmail.com

¹Dubna State University, 19 University St., Dubna, Moscow Region, 141982, Russia,
+79265650570

Active implementation of information technologies in all spheres of our society and the implementation of the national program for the digital economy have led to a significant increase in the number of information systems.

Practical experience in using various information systems has shown that they are not always used effectively, are susceptible to various risks from the internal and external operating environment, technical and software failures, and vulnerability to cyber threats. The consequences of these risks for the state and society can be significant, especially for critical information infrastructure and socially significant objects. Hence, there is a need to study methods and technologies for managing the most important risks to improve the efficiency of these information systems.

The concept of "business continuity" is considered as the "strategic and tactical ability of an organization to plan its work in case of incidents and disruptions to its activities, aimed at ensuring the continuity of business operations at an acceptable level." General approaches to creating a system for ensuring the continuity of information system operations have been outlined in a regulatory document. The standard is based on known practices and is presented in the form of recommendations. This approach does not allow for detailed consideration of specific issues related to the selection of protection, recovery, management, and monitoring measures for ICT. Another feature of this standard is that it also applies to information security management systems. The standard implements a risk-oriented approach to incident prioritization. However, the risk methodology used only solves one task: establishing risk priorities based on relatively coarse classifications in the form of linguistic variables. The use of fuzzy set mechanisms does not provide confidence in the results because the obtained risk parameter values cannot be compared with anything, and there are no methods for assessing their error. This prevents solving tasks related to evaluating the effectiveness of risk-oriented ICT recovery methods and their optimization.

Thus, the existing level of methodological support for the continuity of information system operations does not allow for the automation of these processes due to the lack of parametric management models for information risks and uncertainty in the initial data.

References.

1. Decree of the Government of the Russian Federation dated December 29, 2021 No. 2531 "On the Approval of the Rules for Maintaining a List of Domestic Socially Significant Information Resources."
2. GOST R 53647.22009: Business Continuity Management.
3. GOST ISO/IEC 27031-2012. Information technology. Security techniques. Guidelines for information and communication technology readiness for business continuity.

APPLYING EXPLAINABLE ARTIFICIAL INTELLIGENCE TO PROTECT AGAINST ATTACKS ON NEURAL NETWORKS

Shevchenko A.V.¹, Averkin A.N.^{1,2}

¹University "Dubna", Institute of System Analysis and Management,
Russia, 141982, Moscow region, Dubna, st. Universitetskaya, 19,
Tel.: +7 (914) 625-00-47,

E-mail: leviathan0909@gmail.com

²FRC "Informatics and Control" RAS
Russia, 12733, Moscow, st. Vavilova, 19,
Tel.: +7 (910) 422-71-82,
E-mail: averkin2003@inbox.ru

The basic functionality of many widely used neural network technologies does not initially include the concepts of explainability, interpretability and transparency, which is why algorithms for making certain decisions remain a “black box” for the end user. At the same time, when studying the mathematical properties of such poorly interpreted neural network technologies, especially deep neural networks, their instability depending on the input data and the possibility of modifying the input data were noted, as a result of the processing of which the neural networks give false positive or false negative conclusions. By manipulating the input data, the neural network can be disabled, forcing it to produce a solution that is obviously inappropriate or dangerous. At the same time, the widespread integration of neural networks into various critical application areas provides opportunities for attacks on artificial intelligence systems. The result of such attacks can not only be material and financial damage, but also pose a threat to human life and health.

Many projects are currently working on solving the problem of explainability of the decision-making process by neural networks and their results are regularly published, for example, under the DARPA project [1], numerous articles on explainable artificial intelligence are published [2, 3, 4], and conferences are held.

The most rational way to solve the problem is the need to give users of neural networks not only the opportunity to evaluate the relevance of the algorithm and the result of its work, but also to evaluate the reliability of the answer through indirect methods of their analysis. Doubt is realized not only as a probabilistic assessment of conformity, but also as a set of parameters that make it possible to indicate a significant number of classifications close to this answer. The final visualization of the assessment results must be made in an accessible format that is understandable to the assessing expert. To achieve this, interfaces with in-model and post-hoc explanations must be developed to allow interpretation of the results obtained by the artificial neural network.

References.

1. Gunning D, Vorm E, Wang JY, Turek M. DARPA's explainable AI (XAI) program: A retrospective // Defense Advanced Research Projects Agency. Applied AI Letters, Volume 2, Issue 4, 2021
2. Guidotti R, Monreale A, Ruggieri S, Turini F, Pedreschi D, Giannotti F. A Survey Of Methods For Explaining Black Box Models // Cornell University, Computer Science, Computers and Society, 2018
3. Keppel J, Liebers J, Auda J, Gruenfeld U, Schneegass S. ExplAInable Pixels: Investigating One-Pixel Attacks on Deep Learning Models with Explainable Visualizations // MUM '22: Proceedings of the 21st International Conference on Mobile and Ubiquitous Multimedia, 2022
4. Аверкин А.Н. Объяснимый искусственный интеллект как часть искусственного интеллекта третьего поколения // Всемирный Конгресс, «Теория систем, алгебраическая биология, искусственный интеллект: математические основы и приложения», 2023

POSSIBILITIES OF USING VISUAL TRANSFORMERS IN THE CLASSIFICATION OF OPHTHALMOLOGIC DISEASES

Volkov E.N.¹, Averkin A.N.¹

¹ Dubna State University, Institute of System Analysis and Management,
Department of System Analysis and Management, 141982, Russia,
Dubna, 19, Universitetskaya str., e-mail envolkoff1998@yandex.ru

The possibilities of using artificial intelligence technologies in diagnostics of various diseases are expanding every year. This tendency also takes place in ophthalmology, where the use of artificial neural networks of various types has brought the diagnostics of diseases to a whole new level. Traditionally, convolutional neural networks (CNN) have been used to analyze ophthalmic images, namely retinal camera images, as has been demonstrated in many papers [1]. However, the advent of visual transformer models in 2020, based on an improved attention mechanism, has yielded significant gains in classification and segmentation accuracy in medical image analysis [2, 3].

Although transformer applications are still inferior to CNN in analyzing ophthalmic images, selected studies [4, 5] show their promise in this direction. The created architecture of the visual transformer model for the task of glaucoma and diabetic retinopathy classification, based on fundus images, shows a high result on the test sample (F1-0.81; AUC-0.87), which indicates the possibility of improving the result both by fine-tuning the network and by creating an ensemble of models in further studies.

Литература

1. E. N. Volkov and A. N. Averkin, "Possibilities of Explainable Artificial Intelligence for Glaucoma Detection Using the LIME Method as an Example," 2023 XXVI International Conference on Soft Computing and Measurements (SCM), Saint Petersburg, Russian Federation, 2023, pp. 130-133. DOI: 10.1109/SCM58628.2023.10159038.
2. Zhang Y., Wang J., Gorriz J. M. et al. Deep Learning and Vision Transformer for Medical Image Analysis // Journal of Imaging. MDPI AG, 2023. Vol. 9, № 7. P. 147. DOI: 10.3390/jimaging9070147.
3. Azad R., Kazerouni A. et al. Advances in Medical Image Analysis with Vision Transformers: A Comprehensive Review // arXiv preprint arXiv:2301.03505. – 2023.
4. Yu S., Ma K., Bi Q. et al. Mil-vt: Multiple Instance Learning Enhanced Vision Transformer for Fundus Image Classification //Medical Image Computing and Computer Assisted Intervention–MICCAI 2021: 24th International Conference, Strasbourg, France, September 27–October 1, 2021, Proceedings, Part VIII 24. – Springer International Publishing, 2021. – P. 45-54. DOI: 10.1007/978-3-030-87237-3_5.
5. Sun R., Li Y., Zhang T. et al. Lesion-aware Transformers for Diabetic Retinopathy Grading //Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. – 2021. – P. 10938-10947.

S3/W1

**ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ И
СИСТЕМНАЯ БИОЛОГИЯ**

**CALCULATIONAL AND
SYSTEMS BIOLOGY**

Руководители:

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

**ОСОБЕННОСТИ СТАДИЙ ПЕРЕНОСА ЭЛЕКТРОНОВ В КОМПОНЕНТАХ
МЕМБРАНЫ ТИЛАКОИДА НА ШКАЛЕ ВРЕМЕНИ ОТ ПИКОСЕКУНД ДО
СОТЕН СЕКУНД ПО РЕЗУЛЬТАТАМ МОДЕЛИРОВАНИЯ ИНДУКЦИИ
ФЛУОРЕСЦЕНЦИИ И Р700 РЕДОКС ИЗМЕНЕНИЙ С УЧЕТОМ ПЕРЕХОДА
СОСТОЯНИЙ ДЛЯ МИКРОВОДОРОСЛИ И ЦИАНОБАКТЕРИИ**

Беляева Н.Е., Булычев А.А., Ермаченко В.А.¹, Ризниченко Г.Ю., Рубин А.Б.

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Биологический ф-т, каф. Биофизики, 119234, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 12, natalmurav@yandex.ru
¹ТОО «Нео-Экологи», 050060, Республика Казахстан, г. Алматы, ул. Ходжанова, 2/2

Отличия ОЛРСМТ паттернов сигналов индукции флуоресценции (ИФ) для лабораторных культур микроводорослей и цианобактерий особенно выражены на шкале времени от микросекунд до минут [1]. Для образцов фитопланктона неизвестны примеры измерений ОЛРСМТ кинетики ИФ [2]. Однако сигналы длительной световой индукции связаны с более широким кругом процессов в мембранах тилакоидов, чем изучаемые от микросекунд до 10-20 секунд [2, 3]. При освещении образца после темновой адаптации в состоянии компонент тилакоидной мембранны (ТМ) происходит ряд изменений, ведущих к балансу потоков переноса зарядов в ТМ при данном потоке света. Решения модели тилакоидной мембранны (модель Т-М) дают динамику состояний в переходах темнота - свет, если параметры модели Т-М найдены путем фитирования хода ИФ по данным эксперимента, например, для интервала освещения от микросекунд до 100 секунд [3]. Задание реакций фотосистем 2, 1 (ФС2, ФС1) позволяет изучить переходы «открытые – закрытые реакционные центры» ($Q_AQ_B \rightarrow Q_A^+Q_B^{(2)}$), параллельные быстрому окислению ФС1 на временах микро- и миллисекунды для сравнения с результатами анализа одновременно ОЛР фазы нарастания ИФ и редокс переходов Р700 [4]. В интервале от микросекунд до 5 мин нами фитированы ОЛРСМТ паттерны ИФ водоросли *Scenedesmus obliquus* и цианобактерии *Synechocystis* sp. РСС 6803 при расчете редокс переходов Р700 у *Scenedesmus* и фитировании A_{810} сигнала *Synechocystis*. Решения модели Т-М дали динамику компонент ТМ на стадиях энергизации мембранны тилакоида (рН люмена, рН стromы, электрический потенциал), ведущих к максимуму генерации АТФ при $t \sim 100$ мс. Для $100 \text{ мс} < t < 1 \text{ с}$ ЭТЦ максимально заполнена электронами, включая гемы Цит *b/f* комплекса. Генерация NADPH редокс эквивалента максимальна при $t \sim 1 \text{ с}$, а стационар продукции АТФ и NADPH получен при $t > 50 \text{ с}$. В целом, адаптация системы ТМ к свету приводит к регуляторным изменениям в динамике процессов за счет смены режимов циклического и линейного потоков, усиления диссипации возбужденных состояний, обратимого переноса мобильных антенн между ФС1 и ФС2 (переход состояний 2→1). Измерения ОЛРСМТ кинетики могут дать паттерны, характеризующие состояние фитопланктона.

Литература.

1. Papageorgiou et al. 2007. The fast and slow kinetics of chlorophyll *a* fluorescence induction in plants, algae and cyanobacteria: a viewpoint. Photosynth Res 94:275–290
2. Хрушев и др. (2021) Выявление токсического воздействия тяжёлых металлов на фитопланктон... Теоретическая и прикладная экология. 2021. 2, 134-141
3. Belyaeva et al. 2022. Dynamics of *in vivo* membrane processes ... Biophysics 67(5):712-729
4. Schansker et al. (2003) Characterization of the 820-nm transmission signal paralleling the chlorophyll *a* fluorescence rise (ОЛР) in pea leaves. Funct Pl Biol, 2003, 30, 785-79

ХАОТИЧЕСКАЯ И СТОХАСТИЧЕСКАЯ ДИНАМИКА В ГЕННЫХ ЦЕПЯХ С ЗАПАЗДЫВАЮЩЕЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ

Бузмаков М.Д., Браун Д.А.

Пермский национальный исследовательский политехнический университет,
Россия, 614013, Пермь, ул. Профессора Поздеева 11, +7 (342) 2-391-414,
maxim.buzmakov97@gmail.com, DABracun@pstu.ru

Живые системы функционируют благодаря белковым полям, которые синтезируются в результате экспрессии и участвуют в генной регуляции. Детерминистское описание этих процессов с помощью дифференциальных уравнений является недостаточным для понимания, так как типично число белковых молекул, вовлекаемых в регуляцию, сравнительно мало. Это приводит к сильным флуктуациям концентраций белка в системе, которые вызываются шумом химических реакций, а также межклеточным различием [1].

В последнее время исследователей привлекают модели малоразмерных систем генной регуляции, которые демонстрируют хаотическое поведение. В работе [2] утверждается, что минимально возможной моделью является одногенная система с двумя запаздывающими обратными связями. Одна из них является положительной, а вторая – отрицательной.

В данной работе предлагается ещё более простая система генной регуляции, чем в [2], а также рассматривается проявление детерминированного хаоса при стохастическом описании. Для проведения численного анализа используется модифицированная версия алгоритма Гиллеспи на случай немарковских процессов [3]. Отличие от классического варианта кроется в создании стека для реакций, которые должны произойти спустя заранее определенное время запаздывания. Производство белка происходит и при открытом, и при закрытом состояниях оператор-сайта. Однако, во втором случае оно существенно уменьшается. В модели присутствует параметр, который регулирует работу положительной обратной связи. Описанная выше модель при определенных значениях параметров демонстрирует детерминированный хаос.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (грант № FSNM-2023-0003).

Литература

1. Bratsun D., Volfson D., Hasty J., Tsimring L. Delay-induced stochastic oscillations in gene regulation // Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. **Vol. 102**, No. 41, 2005. P. 14593–14598.
2. Glass D.S., Jin X., Riedel-Kruse I.H. Nonlinear delay differential equations and their application to modeling biological network motifs // Nat Commun **Vol. 12**, 2021. Art. 1788
3. Браун Д.А., Бузмаков М.Д. Репрессилатор с запаздывающей экспрессией генов Часть II. Стохастическое описание // Компьютерное исследование и моделирование Т. 13., №. 3, 2021, Стр. 587-609.

**ОЦЕНКА ГЕТЕРОГЕННОСТИ АНТЕННЫ И АКТИВНОСТИ
КИСЛОРОДВЫДЕЛЯЮЩЕГО КОМПЛЕКСА ФОТОСИСТЕМЫ II МЕТОДАМИ
МАТЕМАТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА**

Дегтерева Н.С., Плюснина Т.Ю., Хрущев С.С., Червицов Р.Н., Антал Т.К.,
Ризниченко Г.Ю., Рубин А.Б.

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Биологический ф-т,
каф. Биофизики, Россия, 119992, Москва, Ленинские горы, МГУ, телефон (495)9390289
E-mail: degterevans@mail.ru

Изменение абиотических факторов окружающей среды может вызывать реакцию стресса у фотосинтезирующих организмов, приводя к включению ряда защитных адаптивных механизмов. Происходят изменения на генетическом, морфологическом и клеточном уровнях. Однако, зачастую, эти изменения являются лишь оптимизацией функционирования организма в новых условиях и не носят острого стрессового характера. Анализ структуры и активности фотосистемы 2 (ФС2) – компонента фотосинтетической электрон-транспортной цепи, позволяет выявлять степень воздействия этих факторов и исследовать механизмы адаптации к ним.

В работе используется комплексный математический анализ кривых индукции флуоресценции хлорофилла а, обработанных 3-(3,4-дихлорфенил)-1,1-диметилмочевиной (DCMU) с помощью математической модели, параметров ЛР-теста и рассмотрения разности кривых, полученных в различных условиях. Детальная математическая модель переходов между состояниями ФС2 редуцирована на основе существующей иерархии времен и включает в себя 3 дифференциальных уравнения. Для оценки гетерогенности ФС II используется комбинация из 4-х редуцированных моделей, отражающих центры с активными и неактивными КВК, а также центры с различным размером антенны. Рассмотренный подход к редукции детальной модели процессов переноса электрона в ФСII позволяет получить трехуровневую модель, достаточную для описания всех процессов, отраженных на кривой индукции флуоресценции образцов, обработанных DCMU. Был проанализирован ряд индукционных кривых, полученных для пяти видов водорослей: Chlorella, Scenedesmus, Ankistrodesmus, Pleurochloris, Stichococcus, выращенных при двух интенсивностях света 8 и 16 Вт/м². Образцы предварительно обработаны DCMU. Была проведена комплексная оценка соотношения центров с различным размером антенн (альфа- и бета-центров), а также определена доля активных и неактивных КВК.

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ №22-11-00009.

ГИПОТЕЗА ГИПЕРВОССТАНОВЛЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ

Ермаков А.С.

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

В 1970-90е годы, благодаря работам нескольких исследовательских коллективов из США и СССР, становится понятно, что механические силы и напряжения играют важную роль в организации биологического морфогенеза и функционирования живых систем (Belousov, 2008). Механические силы и напряжения, действуя на эмбриональные ткани, вызывают в них пассивные деформации, что, в свою очередь, влияет на работу сократительных систем в клетках и приводит к активным клеточным перестройкам (Belousov, 2008).

К началу 1990-х формируется концепция, согласно которой эмбриональное развитие можно представить, как серию сменяемых друг друга пассивных деформаций и активных перестроек. Ключевым пунктом этой гипотезы, получившей название «Гипотезы гипервосстановления механических напряжений», становится представление о том, что процессы, направленные на восстановление механических напряжений, идут с некоторым перехлестом, проскаакивая мимо точки равновесия (Belousov et al., 2006; Belousov, 2008).

Авторы гипотезы предположили, что механическое воздействие вызывает в эмбриональных тканях клеточные и цитоскелетные перестройки, направленные на компенсацию этого воздействия. Однако, такого рода изменения не только компенсируют воздействия, но и действуют с перехлестом и, в свою очередь, оказывают механическое воздействие на ткани зародыша.

Основные положения гипотезы гласят: 1) Механические напряжения влияют на живые ткани; 2) Живые клетки и ткани могут порождать механические напряжения; 3) Пассивные и активные напряжения взаимодействуют через живые структуры в ходе развития. 4) Порождаемые тканями активные механические напряжения направлены на компенсацию механического воздействия на ткани. 5) В ходе развития живые системы могут “проскаакивать” через точку равновесия

Литература.

1. Belousov L.V., Luchinskaya N.N., Ermakov A.S. Glagoleva N. S.. Gastrulation in amphibian embryos, regarded as a succession of biomechanical feedback events // Int. J. Dev. Biol. 2006. V. 50. № 2–3. P. 113–122.
2. Belousov L.V. Mechanically based generative laws of morphogenesis // Phys. Biol. 2008. V. 5. № 1:015009.

ДЕСТРУКТОРЫ НЕФТИ: КОМПЬЮТЕРНАЯ РЕКОНСТРУКЦИЯ И СУБСТРАТНАЯ СПЕЦИФИЧНОСТЬ

Кондратьев М.С., Бадалов А.А., Хечинашвили Н.Н., Комаров В.М., Самченко А.А.,
Пунтус И.Ф.

Институт биофизики клетки Российской академии наук - обособленное подразделение
Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Федеральный
исследовательский центр «Пущинский научный центр биологических исследований
Российской академии наук» Адрес: 142290, г.Пущино Московской области,
Институтская, 3, ИБК РАН

До сих пор в глобальной экономике активно используется переработка жидких углеводородов, из-за чего случаются катастрофические разливы нефти и ее производных. Например, в нашей стране при ежегодной добыче нефти в 500 млн. тонн, около 15 млн. тонн попадает в окружающую среду из-за утечек во время транспортировки. Примерно 75% состава нефти составляют углеводороды, среди которых наиболее токсичными являются полилипидные ароматические углеводороды. Микроорганизмы играют основную роль в их деградации в природе. В результате ферментативных процессов происходит освобождение углерода из ароматических структур с последующим его включением в биологический круговорот. В аэробных условиях разрушение ароматических углеводородов происходит благодаря диоксигеназам, расщепляющим ароматическое кольцо. Однако, эти ферменты действуют, только если в ароматическом кольце есть две гидроксильные группы в орто- или пара- положении относительно друг друга. Введение одной или двух гидроксильных групп в ароматическое кольцо – один из первых этапов биодеградации ароматических соединений – реализуется благодаря ферментам из класса флавиновых монооксигеназ. Многочисленные генетические исследования показали, что самый распространенный ген этих ферментов в штаммах флуоресцирующих псевдомонад – это ген салицилатгидроксилазы, который и стал объектом нашего исследования. В литературе известно очень мало пространственных структур этих нефтедеструкторов, хотя знание их позволяет не только исследовать полноатомные фермент-субстратные комплексы, но и моделировать процессы катализитических актов, что важно с точки зрения фундаментальной и прикладной науки.

Мы провели сравнение FASTA-последовательности фермента с известной структурой (5EVY) и других секвенированных аналогов на основе гомологии. Затем с помощью метода гибкого докинга получены основные комплексы с типичными субстратами (замещенные производные салицилата), которые ранее были изучены нами экспериментально. Исследуя структуру ферментов, мы выявили точки для замены аминокислот среди периферических аминокислот этих белков, что позволит создать ферменты с повышенной термостабильностью.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВИХРЕВЫХ ДВИЖЕНИЙ В ПРОЦЕССЕ КОЛЛЕКТИВНОГО ПОВЕДЕНИЯ ЖИВЫХ ОРГАНИЗМОВ

Костарев К.В., Браун Д.А.

Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Россия,
614013, Пермь, ул. Профессора Поздеева, д. 11, Тел.: +7 (342) 2-391-283,
KVKostarev@ptsu.ru

Коллективное поведение позволяет живым существам успешно решать разнообразные задачи: защита от опасностей, эффективное использование доступных ресурсов и приспособление к изменениям окружающей среды. Известным примером механизмов коллективного поведения является биоконвекция, которая наблюдается в растворах с анаэробными бактериями. Инстинктивное движение бактерий по градиенту кислорода приводит среду к фазовому переходу второго рода, запускающему макроскопическое упорядоченное движение элементов среды. Биоконвекция встречается не только у бактерий. В данной работе исследуется адаптационное поведение императорских пингвинов (лат. *Aptenodytes forsteri*) во период зимовки в Антарктиде. Экспериментальные наблюдения авторов [1] показывают, что критически низкие температуры и шквальный ветер побуждают сотни особей собираясь в плотные группы, внутри которых устанавливается комфортная температура. Когда пингвины формируют плотные группы, внутри них возникает циркуляция птиц от края толпы к её центру и обратно.

Мы предлагаем математическую модель данного явления, которая опирается на гипотезу о том, что эффективная подъемная сила в стае генерируется градиентом температуры. Особи представлены в виде совокупности дискретных тел, взаимодействующих друг с другом в соответствии с эффективным потенциалом, вид которого зависит как от физических эффектов, так и от социо-физических процессов в стае. Модель с индивидуальной динамикой элементов может воспроизвести большинство наблюдаемых явлений в стаях императорских пингвинов. Например, продемонстрирован фазовый переход к вихревому движению при понижении температуры внешней среды. Поведение пингвинов сходно с явлениями в гранулированной среде, в которой также могут существовать разные агрегатные состояния. В среду внедряется контролируемый агент, который способен выступать в качестве катализатора или ингибитора процесса самоорганизации. Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (грант № FSNM-2023-0003).

Литература

1. Richter S., Gerum R., Winterl A., Houston A., Seifert M., Peschel J., Fabry B., Le Bohec C., Zitterbart D. P. Phase transitions in huddling emperor penguins // *J. Phys. D Appl. Phys.* 2018. Vol. 51. No. 21. 214002.

МНОГОУРОВНЕВОЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МОРФОГЕНЕЗА ЭПИТЕЛИАЛЬНЫХ ЛИСТОВ

Красняков И.В., Браун Д.А., Костарев К.В.

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

Несмотря на значительный прогресс в понимании поведения эпителиальных клеток *in vivo*, остаётся слабо изученным вопрос упаковки клеток в развивающейся ткани. Например, в работе [1] авторы наблюдали клеточную сетку, состоящую из клеток различных диаметров в лимфоме Ходжкина. Канцерогенез является частным случаем морфогенеза. В работах [2, 3], посвящённых изучению механизмов эпителиальной ткани эмбриона мушки дрозофилы при морфогенезе наблюдается схожая картина эпителиальной сетки, в которой присутствуют клетки-пузыри. В первой работе [2] исследуются механические аспекты развивающегося эпителиального листа крыла мушки дрозофилы. Во второй работе [3] было исследовано поведение клеток, которое управляет морфогенезом фолликулярного эпителия *Drosophila* во время расширения и удлинения яйцевых камер на ранней стадии. Относительно похожий паттерн наблюдается и в других экспериментальных работах. Причины его возникновения остаются неясны.

Несмотря на большое количество и многообразие исследований развития эпителиальных тканей методами *in silico*, в литературе редко встречается упоминание о клеточной сетке с клетками-пузырями.

В работе мы представляем хемомеханическую математическую модель морфогенеза эпителиальной ткани. Введённый нами потенциал учитывает не только эластичность периметра и площади, а также и эластичность внутренних углов клетки. В работе 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. Hannig J., Schafer H., Ackermann J., et al. Bioinformatics analysis of whole slide images reveals significant neighborhood preferences of tumor cells in Hodgkin lymphoma // PLoS Computational Biology, Vol. 16, 2020. Art. e1007516.
2. Guillot C., Lecuit T. Mechanics of epithelial tissue homeostasis and morphogenesis // Science, Vol. 340, 2013. P. 1185–1189.
3. Finegan T.M., Na D., Cammarota C., et al. Tissue tension and not interphase cell shape determines cell division orientation in the *Drosophila* follicular epithelium // The EMBO Journal, Vol. 38, 2019, Art. e100072.

СТРУКТУРА КОНДЕНСИРОВАННОЙ ДНК В БАКТЕРИЯХ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДАХ СТРЕССА

**Крупнянский Ю.Ф., Генералова А.А., Коваленко В.В., Лойко Н.Г.¹, Терешкин Э.В.,
Моисеенко А. В.², Терешкина К.Б., Соколова О. С.², Попов А.Н.³**

ФИЦ Химическая Физика им. Н. Н. Семенова, РАН, 119991, Москва, Косыгина 4,
Тел.:(495) 939 73 00, e-mail: yufk@chph.ras.ru

¹ФИЦ «Фундаментальные основы биотехнологии» РАН, Россия, Москва

²МГУ им. М. В. Ломоносова, Биологический факультет, Россия, Москва

³ European Synchrotron Radiation Facility, Grenoble Cedex 9, France

Активно растущие клетки поддерживают динамический, далекий от равновесия порядок посредством метаболизма. При стрессе голодаания или при воздействии аналога аутоиндуктора анабиоза (4-гексилрезорцинола) клетки переходят в состояние покоя (практически полное отсутствие обмена веществ) или даже в мумифицированное состояние (полное отсутствие метаболизма). В состоянии покоя клетки вынуждены использовать физические механизмы защиты ДНК. Методом рентгеновской дифракции синхротронного излучения и просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ) изучена архитектура ДНК в покоящемся и мумифицированном состоянии клеток. Дифракционные эксперименты указывают на появление упорядоченная организация ДНК. ПЭМ позволила визуализировать тип упорядочения ДНК. Обнаружены внутриклеточные нанокристаллические, жидкокристаллические и свернутые нуклеосомоподобные структуры ДНК. Структура ДНК внутри клеток в анабиотическом состоянии покоя и состояние покоя (стресс голодаания) совпадают (образуют нанокристаллические структуры). Данные позволяют сделать предположение об универсальности конденсации ДНК с белком Dps для покоящегося состояния независимо от типа стресса. Мумифицированное состояние сильно отличается по структуре от состояния покоя (не имеет упорядоченности внутри клетки).

ВЛИЯНИЕ ПРОТИВОМИКРОБНОГО ПРЕПАРАТА ЦИПРОФЛОКСАЦИНА НА ЭНЕРГОПРЕОБРАЗУЮЩИЕ ПРОЦЕССЫ ФОТОСИНТЕЗА ЗЕЛЕНОЙ МИКРОВОДОРОСЛИ *SCENEDESMUS QUADRICAUDA*

Маторин Д.Н., Яковлева О.В., Тодоренко Д.А., Антал Т. К.¹, Алексеев А.А.²

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Биологический ф-т,
Россия, 119234, г. Москва, ул. Ленинские горы 1, стр.12,

E-mail: matorin@biophys.msu.ru

¹Псковский государственный университет, 180000, Россия, г. Псков, площадь Ленина 2

²Северо-восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова, Россия, 677000, г. Якутск, ул. Белинского 58

В условиях нарастающей антропогенной нагрузки проблема охраны окружающей среды приковывает внимание исследователей во всем мире. Ципрофлоксацин – фторхинолоновый антибиотик второго поколения, проявляющий широкий спектр действия против аэробных грамотрицательных и грамположительных бактерий. Ципрофлоксацин во всем мире широко используется в лечении людей, а также в ветеринарии и аквакультуре и может попадать в окружающую среду [1]. Этот антибиотик широко использовался в эпидемии коронавируса для подавления побочных бактериальных инфекций. Механизм действия его заключается в том, чтобы препятствовать синтезу ДНК путем связывания с ДНК-гиразой и, таким образом, предотвращать репликацию.

Изучено действие ципрофлоксацина на культуру зеленых пресноводных микроводорослей *Scenedesmus quadricauda*. При добавлении в среду антибиотика при концентрациях 10 мг/л и выше наблюдалось значительное снижение числа клеток по сравнению с контролем. Анализ параметров флуоресценции показал изменения в энергопреобразующем процессе фотосинтеза клетки *Sc. quadricauda* при воздействии ципрофлоксацина. У клеток микроводорослей уменьшаются максимальный квантовый выход фотосистемы 2 (F_v/F_m), максимальная относительная скорость транспорта электронов (ETR_{max}), коэффициент максимальной утилизации световой энергии (α), эффективность транспорта электронов (ϕ_{E_0}) и индекс производительности (PI_{ABS}), а также увеличивается рассеивание энергии (DI_0/RC). Показано также, что ципрофлоксацин усиливает светочувствительность микроводорослей, но не ингибирует процесс восстановления фотосинтетической активности после фотоокислительного стресса в отличие от известного антибиотика хлорфеникола, который ингибирует ресинтез пластидных белков и, соответственно, восстановление активности фотосинтеза, связанной с ресинтезом D1 белка. Для мониторинга фотосинтеза водорослей в водоемах предлагаются чувствительные параметры – PI_{ABS} и ϕ_{E_0} .

Литература.

1. Маторин Д.Н., Яковлева О.В. Фотолюминесценция растений. - М.: Альтекс, 2019. 256 стр.

**ПАРАМЕТР ПЕРЕМЕЩЕНИЯ КЛЕТОК-АГЕНТОВ КАК ГЛАВНЫЙ ФАКТОР
ФОРМИРОВАНИЯ РЕЖИМА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ МОДЕЛЬНОЙ
ПОПУЛЯЦИИ ФИТОПЛАНКТОНА В ДВУСЛОЙНОЙ СРЕДЕ**

Фурсова П.В., Ризниченко Г.Ю., Погосян С.И.

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Биологический
факультет, Москва, Россия

Для осуществления жизнедеятельности клеткам фитопланктона необходимы свет и питательные вещества. Их доступность можно регулировать с помощью перемещения, однако, далеко не все группы фитопланктона способны к активному движению. Кроме того, некоторые природные водные системы обладают четко выраженной двуслойной структурой. Например, для краевых северных морей характерно наличие двух практически неперемешиваемых слоев воды с разной плотностью и соленостью. Возникает естественный вопрос: как поддерживаются в стационарном состоянии популяции водорослей в такой системе? В литературе описано вертикальное перемещение макроколоний диатомей за счет плавучести, регулируемой посредством газовых пузырьков, проводилось исследование влияние турбулентности на фотосинтез фитопланктона на основе кинетической теории макроскопических частиц. Однако в этих работах не принималось в расчет четкое разделение среды на слои с разными характеристиками.

В специализированной интегрированной среде разработки NetLogo (<http://ccl.northwestern.edu/netlogo/>) разработана агентная модель динамики численности популяции диатомовых водорослей, обитающих в двуслойной среде. Правила поведения агентов, функциональные зависимости и значения параметров, использованные в модели, описаны в работе [1].

Модельные эксперименты показали влияние поверхностной освещенности на характер поведения общей численности популяции, а также распределения агентов между группами. Кроме того, существенным фактором оказалось расстояние, на которое агент смещается в случайному направлении в каждый момент времени. Проведенные численные эксперименты показали, что увеличение расстояния, на которое смещаются клетки, в условиях благоприятной поверхностной освещенности приводит к снижению общей численности клеток в сравнении с аналогичным экспериментом в отсутствии значительных перемещений. В условиях более высокой поверхностной освещенности общая численность клеток, перемещающихся на большие расстояния, становится выше, поскольку они оказываются в меньшей степени подверженными фотодеструкции. Динамика численностей каждой из групп также изменяется: при благоприятной поверхностной освещенности максимумы численностей верхних и нижних клеток сменяют друг друга так же, как при пониженной освещенности и несущественных перемещениях. Исследование выполнено в рамках научного проекта государственного задания МГУ №121032500060-0.

Литература.

1. Фурсова П.В., Ризниченко Г.Ю., Конюхов И.В., Погосян С.И. Агентная модель динамики численности популяций диатомовых водорослей краевых арктических морей в летний период (гипотеза) // Океанология. 2023. Т. 63, № 5. С. 1-11.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СТАЦИОНАРНОГО ПОТОКА ЭЛЕКТРОНОВ В ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОЙ ЭЛЕКТРОН-ТРАНСПОРТНОЙ ЦЕПИ

Хрущев С.С., Плюснина Т.Ю., Ризниченко Г.Ю., Рубин А.Б.

Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова, Биологический факультет, каф. биофизики, Россия, 119991, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 12,
styx@biophys.msu.ru

Фотосинтез является основным процессом, обеспечивающим существование жизни на Земле. В процессе фотосинтеза энергия солнечного света трансформируется в энергию химических связей. Первичными процессами фотосинтеза является разделение зарядов в реакционных центрах фотосистем 1 и 2. Образующиеся короткоживущие ион-радикалы запускают цепь электронного транспорта (ЭТЦ), и в результате целого ряда последовательных окислительно-восстановительных реакций образуются сравнительно стабильные соединения НАДФН и АТФ, участвующие во множестве биохимических процессов. Снижение скорости потока электронов в ЭТЦ приводит к уменьшению эффективности процесса фотосинтеза в целом. Для выявления факторов, влияющих на скорость стационарного потока электронов в фотосинтетической ЭТЦ в режиме постоянного освещения предложено использовать математический аппарат функций отклика. Редокс-центры фотосинтетической ЭТЦ объединены в крупные трансмембранные комплексы, взаимодействующие между собой с помощью мобильных переносчиков электрона. В стационарном режиме мы рассматриваем эти комплексы как находящиеся в равновесии с пулами мобильных переносчиков. В состоянии равновесия все происходящие в комплексе процессы могут быть описаны по закону действующих масс как реакции первого порядка. Основное кинетическое уравнение для вероятностей нахождения комплекса в каждом из возможных состояний также имеет первый порядок, его параметрами являются константы скорости элементарных реакций и концентрации мобильных переносчиков, которые также рассматриваются как постоянные. Решая соответствующую систему линейных уравнений, мы находим \bar{p} – распределение вероятностей нахождения комплекса в каждом из возможных состояний. Знание этого распределения позволяет нам рассчитать скорость стационарного потока электронов через комплекс. Для любой элементарной реакции в комплексе мы можем определить её скорость, вычислив скалярное произведение \bar{p} и вектора, компоненты которого равны нулю для состояний, не участвующих в реакции, константе скорости прямой реакции – для состояний, являющихся субстратом реакции, и взятой с обратным знаком константе скорости обратной реакции – для состояний, являющихся продуктом реакции. Для реакций второго порядка с участием мобильных переносчиков электрона константы скорости домножаются на концентрацию соответствующего переносчика. Зависимость скорости от степени восстановленности пулов мобильных переносчиков электрона и других внешних условий может рассматриваться как функция отклика (response function) для соответствующего процесса. С помощью численных методов получены и проанализированы функции отклика, характеризующие электронный транспорт через фотосистемы 1 и 2 и цитохромный b_6f комплекс.

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ №22-11-00009.

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ АСПЕКТ МОДЕЛИРОВАНИЯ ВОДНОЙ ЭКОСИСТЕМЫ (НА ПРИМЕРЕ НОВОСИБИРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА)

Цхай А.А., Агейков В.Ю.

Институт водных и экологических проблем СО РАН, 656038, Барнаул, ул. Молодежная,
1, +79520027353, tskhai@iwep.ru

Объектом исследования является экосистема крупнейшего в Западной Сибири — Новосибирского водохранилища. Цель работы — изучение механизмов формирования качества воды, протекающего в различных частях водохранилища по-разному.

Обычно считается, что относительно мелкие и малопроточные участки водоемов более подвержены эвтрофированию. В таких местах вода лучше прогревается и биомасса фитопланктона значительно выше. В центральной части водохранилища глубина у левого берега значительно меньше, чем у правого, через который проходит основная часть руслового стока из Оби в сторону плотины. Однако, по данным многолетних наблюдений летом биомасса фитопланктона у правого берега в несколько раз выше, чем у левого берега.

Другой эффект, нарушающий обычные представления. Обычно в период открытой воды биомасса фитопланктона в поверхностном слое воды существенно выше, чем на глубине, куда солнечная радиация проникает уже хуже. Однако в изученный период, в августе 1981 г., наблюдалось обратное соотношение: биомасса фитопланктона на глубине существенно превышала этот показатель в поверхностном слое.

Чтобы разобраться в причинах этих фактов была выполнена сравнительная оценка механизмов внутриводоемных процессов путем применения методов имитационного 3d-моделирования и воспроизведения циклов трансформации биогенных элементов [1].

Исследование выполнено в рамках научной программы Института водных и экологических проблем СО РАН при поддержке РФФИ, грант № 18-41-220002.

Литература.

1. Tskhai, A.A., Ageikov, V.Yu. Spatiotemporal Model of the Ecosystem of the Novosibirsk Reservoir // Geography and Natural Resources. Vol. 43, Suppl. 1, 2022. P. S85–S91. <https://doi.org/10.1134/S1875372822050171>.

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОГО АППАРАТА И ЕГО ГЕТЕРОГЕННОСТИ ВОДОРОСЛИ CHLORELLA VULGARIS ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ НА СВЕТУ РАЗЛИЧНОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ

Червицов Р.Н., Чистякова Ю.А., Хрущев С.С., Плюснина Т.Ю.

Биологический факультет Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова, 119991, Россия, г. Москва, ул. Ленинские горы, д. 1.

Оценка состояния водной среды обитания является одной из актуальных задач, поскольку изменение ее состояния влияет на жизнеспособность фотосинтетических организмов, населяющих данную среду. Одним из факторов, влияющим на процесс роста водорослей, является изменение интенсивности освещения, поскольку при малой интенсивности количество световой энергии становится лимитирующим фактором для роста водорослей, а большая интенсивность освещения может замедлять рост путем фотоингибирования. В связи с этим, возникает необходимость исследования изменения состояния фотосинтетического аппарата клеток водорослей при различном освещении в процессе инкубации. Реакционные центры, входящие в состав фотосинтетического аппарата, обычно неодинаковы: их гетерогенность выражается в состоянии кислород-выделяющих комплексов (активный или неактивный), а также в размере антенного комплекса, по которому реакционные центры подразделяются на альфа-центры с наибольшим размером антенн и бета-центры, у которых часть белков антены отстыкована. Для выявления общих механизмов воздействия света различной интенсивности использовалась лабораторная культура водоросли *Chlorella vulgaris*. Для определения состояния фотосинтетического аппарата используется метод измерения кривых индукции флуоресценции хлорофилла при закрытии реакционных центров под действием света. Для определения параметров, характеризующих гетерогенность фотосинтетического аппарата, использовалась математическая модель, описывающую переходы состояния фотосистемы II.

В биореакторе устанавливалась интенсивность света от 25 до 500 мкЭ·м⁻²·с⁻¹. В конце процесса культивации были измерены кривые индукции флуоресценции хлорофилла в присутствии DCMU. Согласно значениям параметров модели, полученным в процессе аппроксимации, наименьшая доля альфа-центров наблюдается при наименьшей (25 мкЭ·м⁻²·с⁻¹) и наибольшей (500 мкЭ·м⁻²·с⁻¹) интенсивности освещения в реакторе, а наибольшая доля – при интенсивностях 100 и 200 мкЭ·м⁻²·с⁻¹. Доля активных кислород-выделяющих комплексов уменьшается при увеличении интенсивности света в реакторе. Более интенсивный свет также вызывает уменьшение световой константы.

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ №22-11-00009.

S3/W2

MОЛЕКУЛЯРНОЕ
МОДЕЛИРОВАНИЕ

MOLECULAR
MODELING

Руководители:

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

НАПРАВЛЕННОСТЬ ДВИЖЕНИЯ МОЛЕКУЛ ЦИТОХРОМА С ВБЛИЗИ III ДЫХАТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ПРИ ТРАНСПОРТЕ ЭЛЕКТРОНОВ 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

Небольшой (около 12 кДа) водорастворимый белок цитохром С (цитС) переносит электроны в электрон-транспортной цепи митохондрий между III и IV дыхательными комплексами и является незаменимым переносчиком. Для расширения представлений, получаемых экспериментальными методами об этом процессе необходимо использовать компьютерное моделирование. В исследованиях [1] по результатам докинга предполагается, что у активной субъединицы димера III (III2) и IV дыхательных комплексов имеется по 2 сайта связывания цитС – основной проксимальный, где происходит передача электрона, и дистальный, непродуктивный. Наличие дистальных сайтов за счет ограничения диффузии цитС должно облегчать транспорт электрона.

В настоящей работе в программе броуновской динамики ProKSim [2] была построена модель диффузии цитС (pdb ID 3O1Y) в участке кристалла митохондрии 120x300x300 Å, содержащем фиксированный в мембране димер III дыхательного комплекса (PDB ID 1BGY) при ионной силе 130 mM, pH 7. Начальное положение цитС во всех численных экспериментах было одинаково, находилось на границе III2 со стороны IV в респирасоме 5GPN, ориентация соответствовала электростатически выгодной. Было проведено 9000 численных экспериментов продолжительностью 50 мкс.

При анализе вероятности нахождения молекул цитС вблизи III2 были получены максимумы около двух субъединиц цитохромов С1, соответствующие проксимальному сайту в работе [1] и максимумы вдоль линии, начинающейся из начального положения цитС и не доходящей до проксимального сайта. В течение 5 мкс цитС преимущественно находился около начального положения и активной субъединицы III2, затем вероятность нахождения цитС возрастала в области неактивной субъединицы. Это обеспечивает отток цитС от активной субъединицы III2 и освобождает место для прихода следующих молекул цитС от IV. Результаты моделирования показывают оптимальность расположения IV относительно III2 для быстрого транспорта электрона в респирасоме.

Исследование выполнено в рамках научного проекта государственного задания МГУ №121032500060-0.

Литература.

1. Gonzalo Pérez-Mejías et al. 2019, DOI: 10.1016/j.csbj.2019.05.002
2. Хрущев С.С. и др. 2013, 47-64., DOI: 10.20537/2076-7633-2013-5-1-47-64

МОДЕЛИРОВАНИЕ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ДИНАМИКИ ИНЖЕНЕРНОГО БЕЛКА SRH-DR5-B-iRGD

Авакянц А.В., Федурова А.С., Яголович А.В., Шайтан А.К.

Московский Государственный университет им. М.В.Ломоносова, Биологический ф-т,
каф. Биоинженерии, Россия, Москва, 119991, Ленинские горы, д. 1, стр. 73, Тел.:+7 495
939 23 74, E-mail: arinaavakiants@gmail.com

Создание многофункциональных синтетических белков, обладающих противоопухолевым эффектом, является одним из терапевтических подходов к лечению опухолевых образований. В ходе исследования научной группы ИБХ РАН [1] разработан сплитый трехдоменный белок SRH-DR5-B-iRGD на основе DR5-B - домена DR5-селективного цитокина TRAIL, вызывающего апоптоз клеток. DR5-B домен сплит с антиangiогенным синтетическим пептидом SRHTKQRHTALH (SRH) и циклическим пептидом iRGD (CRGDKGPDC) посредством гибких линкеров. Синтезированная конструкция показывает большую противоопухолевую активность по сравнению с исходным DR5-B, однако в процессе синтеза возникают трудности, связанные со стабильностью и эффективностью синтезируемого белка. Молекулярные механизмы действия синтетического белка и его взаимодействия с целевыми рецепторами помогают исследовать молекулярное моделирование, в частности, моделирование его молекулярной динамики (МД).

В ходе данной работы была построена атомистическая модель фьюжен-белка SRH-DR5-B-iRGD, состоящая из трёх полипептидных цепей (тимер трифьюжена), при помощи AlphaFold2 на основе последовательности DR5-B (PDB ID 1DG6). Каждая цепь содержит искусственный пептид SRH, соединенный через линкер с N-концом DR5-B, и циклический пептид iRGD на C-конце белка DR5-B, соединенный с ним через второй линкер. Проведен МД расчет построенной атомистической модели триммерного SRH-DR5-B-iRGD посредством программного пакета GROMACS. Моделирование проводилось в силовом поле Amber 14SB в окружении воды и ионов Na и Cl в концентрации 150 мМ. Для расчета использовалась четырехточечная модель воды OPC.

В ходе МД расчета были получены траектории конформационных изменений трифьюжена. Полученное время траектории составило 175 нс. Система оказалась достаточно стабильной и не распалась во время проведения расчетов и построения траектории движения. Глобулярная часть DR5-B домена сохраняла свою конформацию в ходе моделирования. Неупорядоченные концевые участки (пептиды SRH и iRGD с соответствующими линкерами) сохраняли свою неупорядоченность в течение моделирования. На основе ансамбля конформаций, полученного методом МД, были рассчитаны геометрические параметры, которые в дальнейшем будут использованы для построения моделей взаимодействия синтетического белка с целевыми рецепторами.

Литература.

1. Yagolovich et al. Optimized Heterologous Expression and Efficient Purification of a New TRAIL-Based Antitumor Fusion Protein SRH-DR5-B with Dual VEGFR2 and DR5 Receptor Specificity. Int J Mol Sci. 2022.

МОДЕЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ГЛУТАМАТНЫХ РЕЦЕПТОРОВ ГИППОКАМПА ПРИ ОКСИДАТИВНОМ СТРЕССЕ

С.В. Аксенова, А.С. Батова, А.Н. Бугай, Э.Б. Душанов

Объединенный институт ядерных исследований, Дубна, Россия, kgyr@mail.ru

Ионотропные рецепторы глутамата, ответственные за быструю нейронную коммуникацию в возбуждающих синапсах, имеют решающее значение для развития центральной нервной системы, генерации ритмов дыхания, передвижения, а также процессов, лежащих в основе обучения, памяти и нейропластичности [1].

Процессы оксидативного стресса могут активироваться на фоне развития дисбаланса в нейротрансмиттерной системе [2]. С наибольшей вероятностью в белковых молекулах при окислительном стрессе наблюдается модификация цистеина, тирозина, гистидина и триптофана [3].

Для оценки воздействия свободных радикалов на структуру глутаматных рецепторов было проведено молекулярно-динамическое моделирование рецепторов NMDA и AMPA, имеющих в своей структуре повреждения тирозина Тир450, 731, 732, цистеина Cys765, 819, 718, 773 и Met407, 585, 629 в неактивном состоянии и активной конформации. В качестве исходных моделей из PDB были выбраны структуры 6WHT и 6DM1 в активном конформационном состоянии и 5L1B и 6WHR в неактивной форме.

Исходя из анализа проводимости ионных каналов было изучено поведение нейронной сети с каждым типом рецептора NMDA и AMPA, произведён расчёт локального потенциала и определены значения коллективных колебаний (θ - и γ -ритмов) нейронной сети гиппокампа. Ранее было установлено, что в случае повреждения Тир731 и Cys765 NMDA-рецептора в нейронной сети имеет место увеличение амплитуды тета- и гамма-частотных диапазонов [4]. Изучение сетевой активности нейронов проводилось в моделях нейронных сетей CA3 [5] области гиппокампа. Для изучения поведений нейронной сети применялся пакет NEURON [6].

Литература

1. Kumar A. NMDA Receptor Function During Senescence: Implication on Cognitive Performance // *Front. Neurosci.* 2015.
2. Huang S. et al. Differential modulation of NMDA and AMPA receptors by cellular prion protein and copper ions. *Molecular Brain*, **vol. 11**, No 62, 2018.
3. Sahoo N., Hoshi T., Heinemann S.H. Oxidative Modulation of Voltage-Gated Potassium Channels. *Antioxid Redox Signal.*, **vol. 21**, No 6, 2014, p. 933–952, 2014.
4. Аксёнова С.В., Батова А.С., Бугай А.Н., Душанов Э.Б. Влияние оксидативного стресса на функционирование глутаматных рецепторов гиппокампа // *Актуальные вопросы биологической физики и химии*, **т. 8**, № 2, 2024, 151-158.
5. Neymotin S.A., et al. Ketamine disrupts theta modulation of gamma in a computer model of hippocampus // *J. Neurosci.*, **vol. 31**, 2011, p. 11733–11743.
6. Hines M.L., Carnevale N.T. The NEURON simulation environment. *Neural Comput.*, **vol. 9**, 1997, p. 1179-1209.

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОБРАЗОВАНИЯ БЕЛКОВЫХ ЛИНЕЙНЫХ АГРЕГАТОВ НА МАТРИЦЕ

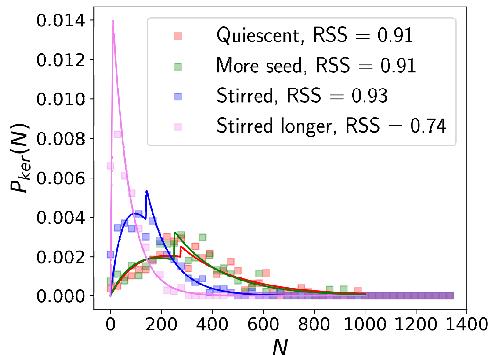
Василенко Е.О.^{1,2}, Козин С.А.¹, Митькович В.А.¹,
Бучельников А.С.³, Нечипуренко Ю.Д.^{1,3}

¹Институт молекулярной биологии им. В.А. Энгельгардта Российской академии наук,
119991, г. Москва, ул. Вавилова, 32, nech99@mail.ru

²Московский физико-технический институт,
117303, г. Москва, ул. Керченская, д. 1А, корп. 1, vasilenko.eo@phystech.edu

³Севастопольский государственный университет,
299053, г. Севастополь, ул. Университетская, д. 33, tolybas@rambler.ru

Развитие многих нейродегенеративных заболеваний связано с образованием патологических белковых агрегатов. В ряде случаев эти агрегаты могут быть образованы посредством многослойной адсорбции лигандов на матрице, в роли которой выступают рецепторы мембранных белков. В работе предложена термодинамическая модель, описывающая формирование линейных агрегатов, в которых лиганды могут складываться в стопки. Рассматриваются случаи, когда эти стопки состоят из комплексов одного или двух разных типов. Областью использования разработанной модели является исследование патологической агрегации белков разной природы, в первую очередь, бета-амилоида и его изоформ. Рассчитаны среднее, дисперсия и энтропия теоретических распределений размеров агрегатов. Проводится сравнение с другими теоретическими моделями образования амилоидных агрегатов.



**ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ОТКРУЧИВАНИЯ ДНК ОТ НУКЛЕОСОМ В
ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ И ДЛИНЫ ДНК МЕТОДОМ
МАЛОУГЛОВОГО РАССЕЯНИЯ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ**

**Васильев В.А., Моторин Н.А., Афонин Д.А., Петерс Г.С.¹, Моисеенко А.В.,
Армeeв Г.А., Шайтан А.К.**

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова

¹НИЦ «Курчатовский институт»

Нуклеосомы - это основные единицы компактизации хроматина. Они состоят из 8 гистонов (4 типа гистонов, формирующих гетеродимеры) и ДНК длиной около 145 нуклеотидов. Известно, что на стабильность нуклеосом влияет последовательность ДНК. Существуют такие последовательности, на которых нуклеосомы не только стабильны, но и строго позиционированы. Однако, фундаментальные основы влияния последовательности ДНК на стабильность и позиционирование нуклеосом не ясны. На данный момент известно более 450 структур нуклеосом и их комплексов с другими белками. Однако все они содержат 4 типа последовательностей ДНК с небольшими вариациями. Большая часть известных структур нуклеосом содержит последовательность Widom601. Данная последовательность также часто используется в экспериментах на одиночных нуклеосомах. Однако существуют и другие модельные последовательности, в частности Widom603 часто применяют для исследования прохождения процесса транскрипции через нуклеосомы. Однако, свойства данной последовательности на данный момент изучены плохо. Для исследования влияния последовательности ДНК на структуру нуклеосом были подготовлены образцы одиночных нуклеосом на последовательности Widom601 и Widom603 длиной от 147 до 200 н.п. Произведен эксперимент по рассеянию рентгеновского излучения в растворе нуклеосом (заявка №2404). Показано различие в профилях рассеяния от нуклеосом, собранных на ДНК разной последовательности и длины. Созданы ансамблевые модели, характеризующие степень откручивания ДНК от нуклеосом.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования, грант № 075-15-2021-1354

МОДЕЛИРОВАНИЕ БРОУНОВСКОЙ ДИНАМИКИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ФОТОСЕНСИБИЛИЗАТОРОВ С ОБОЛОЧКОЙ КОРОНАВИРУСА SARS-COV-2

Васюченко Е.П., Коваленко И.Б., Холина Е.Г., Федоров В.А., Хрущев С.С., Страховская М.Г.

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

SARS-CoV-2 вызвал пандемию COVID-19 в 2019 году. Несмотря на то, что прошло более трех лет после начала пандемии, разработка новых противомикробных препаратов продолжается. Число случаев нового вида коронавируса в настоящий время продолжает расти. В этом исследовании рассматривается взаимодействие между оболочкой коронавируса SARS-CoV-2 и метиленовым синем (MC) и возможные механизмы инактивации коронавирусных частиц.

Из-за своих известных антибактериальных и противовирусных свойств MC широко используется в медицинской практике. Он продемонстрировал способность ингибировать различные стадии жизнедеятельности вируса в фотодинамических и фотонезависимых процессах.

Модель внешней оболочки SARS-CoV-2, созданная Pezeshkian W. Et al., 2023 [1], была использована для изучения мест связи MC на поверхности коронавируса. Крупнозернистая модель MC была создана силовым поле Martini [2] с общим зарядом молекулы равным +1. В исследовании использовался метод броуновской динамики для моделирования диффузии и электростатического взаимодействия MC с оболочкой коронавируса. Программный пакет ProKSim использовался для расчетов броуновской динамики [3]. Считалось, что MC образует комплекс с оболочкой вируса в случаях, когда энергия электростатического притяжения между MC и оболочкой превышает 2 кТ. 30 000 таких комплексов были получены для изучения приоритетных мест связывания MC с оболочкой коронавируса.

Как показало исследование электростатического потенциального поля вирусной оболочки, на ней присутствует много отрицательно заряженных участков. Эти области идеально подходят для связывания MC. Эти области основаны отрицательно заряженными липидами оболочки и областью S белка, соединяющей «голову» и «кнут». Это подтверждает результаты наших предыдущих исследований о связи полноатомной структуры S белка с MC [4]. В этом исследовании мы обнаружили основные структурные компоненты оболочки, с которыми связываются молекулы MC. Отрицательно заряженные липиды, S белки и E белки были основными мишениями связывания MC. Более 50% молекул MC связывались с белком S. Это взаимодействие может повлиять на способность вируса связываться с рецепторами ACE2 на мемbrane клетки-хозяина. Эти результаты совпадают с результатами эксперимента, в котором показано, что при фотодинамической инактивации вирусных частиц за счет образования синглетного кислорода происходит потеря S белков. Кроме того, MC хорошо связывается с отрицательно заряженными липидами. Это может помешать слиянию мембран вириона и клетки-хозяина. Противовирусные препараты часто стремятся нацеливать на ионный канал E белка. Мы показали, что MC связывается с E-белком и может влиять на вирусную частицу до ее слияния с клеткой-хозяином и после инфицирования, на стадии образования новых вирусных частиц внутри клетки. Эти данные могут помочь нам понять, как MC действует на всех стадиях жизненного цикла коронавируса.

Литература.

1. W. Pezeshkian, F. Grünewald, O. Narykov, S. Lu, V. Arkhipova, A. Solodovnikov, T.A. Wassenaar, S.J. Marrink and D. Korkin. Molecular architecture and dynamics of SARS-CoV-2 envelope by integrative modeling. – *Structure* Том 31, Номер 4, 2023. Стр. 492-503.
2. S.J. Marrink, H.J. Risselada, S. Yefimov, D.P. Tieleman and A.H. De Vries. The MARTINI force field: coarse grained model for biomolecular simulations. *The journal of physical chemistry B* Том 111, Номер 27, 2007. Стр. 7812–7824.
3. С.С. Хрущев и др. Моделирование белок-белковых взаимодействий с применением программного комплекса многочастичной броуновской динамики ProKSim. *Компьютерные исследования и моделирование* Том 5, Номер 1, 2013. Стр. 47–64.
4. V. Fedorov, E. Kholina, S. Khruschev, I. Kovalenko, A. Rubin and M. Strakhovskaya. What binds cationic photosensitizers better: Brownian dynamics reveals key interaction sites on spike proteins of SARS-CoV, MERS-CoV, and SARS-CoV-2. *Viruses* Том 13, Номер 8, 2021. Стр. 1615.

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ФОТОСИСТЕМЫ I С
ПЛАСТОЦИАНИНОМ И ЦИТОХРОМом С6 МЕТОДОМ БРОУНОВСКОЙ
ДИНАМИКИ**

Вольхин И.А., Федоров В.А., Хрущев С.С., Коваленко И.Б.

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Пластоцианин и цитохром с6 — белки-переносчики электронов в электротранспортной цепи цианобактерий и хлоропластов, осуществляющие перенос электрона от цитохрома f цитохром-б6f-комплекса на фотосистему I.

Мы полагаем, что взаимодействие белка — подвижного переносчика электронов с мультиферментным комплексом можно условно разделить на несколько этапов [1]. Предполагается, что на первом этапе взаимодействия белок-переносчик диффундирует под действием случайных броуновских сил и электростатических взаимодействий с фотосистемой. Результатом диффузии является формирование столкновительного комплекса, который затем может перейти в финальный комплекс, в котором возможен туннельный перенос электрона. В данной работе мы исследуем процесс формирования столкновительного комплекса белков-переносчиков с фотосистемой I методом броуновской динамики в программе ProKSim [2].

Для моделирования были выбраны белки *Chlamydomonas reinhardtii*. Для каждого белка-переносчика и каждого порогового значения энергии (4kT, 6kT, 8kT) произведено по 10000 запусков динамики. Полученные структуры электростатических столкновительных комплексов далее подвергались кластерному анализу. Анализировалась подвижность структур, частоты контактов и кинетика формирования комплекса. Центральные структуры кластеров в дальнейшем могут быть использованы для моделирования формирования финального комплекса методом молекулярной динамики.

Литература.

1. V. A. Fedorov, I. B. Kovalenko, S. S. Khrushev, D. M. Ustinin, T. K. Antal, G. Yu. Riznichenko and A. B. Rubin. "Comparative analysis of plastocyanin-cytochrome f complex formation in higher plants, green algae and cyanobacteria", *Physiologia Plantarum*, vol. 166, no. 1, pp. 320-335, 2019.
2. В. А. Федоров, С. С. Хрущев, И. Б. Коваленко. Анализ траекторий броуновской и молекулярной динамики для выявления механизмов белок-белковых взаимодействий // Компьютерные исследования и моделирование. — 2023. — Т. 15, № 3. — С. 723–738.

**ПОИСК БЕЛКОВ ВИРУСОВ, МИМИКРИРУЮЩИХ ПОД ГИСТОНЫ
ЧЕЛОВЕКА, С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОВ ИСКУССТВЕННОГО
ИНТЕЛЛЕКТА**

Грибкова А.К., Шайтан А.К.

Биологический факультет, Московский Государственный Университет им. М.В.
Ломоносова, Москва, Россия

На первом уровне компактизации генетического материала ДНК накручивается на белки-гистоны, формируя нуклеосому. Концевые неупорядоченные фрагменты гистонов подвергаются пост-трансляционным модификациям, тем самым регулируя ряд процессов, например, транскрипцию, репарацию ДНК, формирование гетерохроматина. Известно, что некоторые белки вирусов имитируют концевые фрагменты гистонов человека для модуляции иммунного ответа. Например, белок SARS-CoV-2 ORF8 взаимодействует с КАТ2А, ацетилтрансферазой сайта Н3К9 гистонов, что приводит к уплотнению хроматина и изменению транскриptionного ответа на инфекцию.

Данная работа посвящена поиску белков вирусов, которые потенциально могут взаимодействовать с эпигенетической машинерией в клетках хозяина, в частности, с метили ацетилтрансферазами гистонов человека. В качестве объекта мимики были выбраны остатки лизина в положениях 4, 9 и 27 на N-конце гистона Н3 (К4, К9, К27), для которых описаны случаи мимики белками вирусов. Белки вирусов с мотивами узнавания были взять из литературы и по результатам анализа взаимодействий из базы данных HPIDB 3.0. В ходе работы для 19-ти белков вирусов с мотивами, похожими на мотивы сайтов Н3К4, Н3К9, Н3К27, и для последовательностей метил- и ацетилтрансферазных доменов из 21-го белка были предсказаны структуры комплексов с помощью AlphaFold2 multimer v3. В комплексах с метилтрансферазами сайтов Н3К4 и Н3К27 ни один мотив вирусных белков не расположился в активном центре фермента. Однако для 4 комплексов с метилтрансферазами сайта Н3К9 расположение мотива вирусного белка совпало с положением мотива гистона из кристаллической структуры. Для 4 комплексов была проведена оценка изменения свободной энергии связывания при мутации ключевых сайтов мотива узнавания ферментами на аланины и оценка вероятности метилирования лизина по последовательности белка (модель MusiteDeep).

Таким образом, в результате работы найдено 3 белка вирусов человека, представителей семейств адено-вирусов и герпес-вирусов, которые потенциально могут взаимодействовать с метилтрансферазами сайта Н3К9 гистонов человека для модуляции эпигенетического ответа клеток хозяина на инфицирование.

Грибкова А.К. была поддержана грантом Некоммерческого Фонда развития науки и образования «Интеллект».

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА БРОУНОВСКОЙ ДИНАМИКИ ДЛЯ ОПИСАНИЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ДИНАМИКИ ТУБУЛИНОВЫХ МИКРОТРУБОЧЕК К ТЕМПЕРАТУРЕ

Ельцов И.А., Ульянов Е.В., Виноградов Д.С., Гудимчук Н.Б.

Московский физико-технический институт, Долгопрудный, Россия Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия Центр теоретических проблем физико-химической фармакологии РАН, Москва, Россия
eltsov.ia@phystech.edu

Микротрубочки - это динамические полимеры тубулина, которые выполняют множество важных функций на протяжении всего жизненного цикла эукариотической клетки. Микротрубочки проявляют способность резко удлиняться и укорачиваться на несколько микрометров. Этот процесс очень чувствителен к температуре: микротрубочки полимеризуются при температурах выше комнатной и деполимеризуются при температуре ниже 20 градусов по Цельсию (при физиологической концентрации тубулина). В то время как данное явление активно используется в практике при работе с микротрубочками, мало известно о механизмах такой термостабильности микротрубочек. В данной работе мы занимаемся вопросом о механизме этого явления и его особенностях.

Недавно наша лаборатория разработала вычислительную модель, описывающую динамику микротрубочек, используя комбинированный подход броуновской динамики и Монте-Карло. Эта модель предоставила точные описания структур концов микротрубочек во время сборки и разборки, а также позволила по-новому взглянуть на механизмы создания толкающих и тянувших сил микротрубочками при динамике. В настоящей работе мы расширяем нашу модель, чтобы описать чувствительность сборки и разборки микротрубочек к температуре, а также переходы между этими фазами при понижении температуры.

Температура играет сложную роль в поведении молекул. Мы рассматриваем общую задачу перехода частиц через энергетический барьер, чтобы учсть влияние температуры на вероятность присоединения тубулина к концу микротрубочки. Используя полученную аналитическую зависимость при моделировании сборки микротрубочки можно избежать необходимости учитывать все молекулы тубулинов, плавающих в растворе, сконцентрировавшись на описании взаимодействия мономеров внутри микротрубочки. Эти взаимодействия в рамках нашей модели представлены тремя типами энергетических функций: латеральный потенциал, потенциал лонгитудинальной связи между тубулинами и потенциал изгиба. Предложенный нами метод позволяет учитывать поведение молекул тубулина в зависимости от температуры вне микротрубочки (неявно), а также температурную зависимость динамики тубулинов внутри решетки микротрубочки (явно).

Сравнивая предсказания модели и экспериментальные наблюдения, мы приходим к выводу, что разборка микротрубочек при низких температурах не может происходить только из-за гидролиза GTP. Поэтому, мы также наблюдаем при охлаждении разборку микротрубочек, содержащих не гидролизуемый аналог GTP, GMPCPP. Мы получаем скорости, с которыми от соединяется GTP-тубулин при разных низких температурах.

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ № 21-74-20035.

ВЛИЯНИЕ МЕЖМОЛЕКУЛЯРНОГО КОМПЛЕКСООБРАЗОВАНИЯ НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МОДИФИЦИРОВАННОГО ГЛИЦИНА

Жулидин П.А.¹, Филин П.Д.¹, Пластун И.Л.¹, Яковлев Р.Ю.²

¹Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,
Россия, 410054, Саратов, ул. Политехническая 77, +79626270045, zhulidin@mail.ru
²ООО «Научный центр РТА», Россия, 117292, г. Москва, пр-кт 60-Летия Октября, д.
27, к. 2, кв. 40, +79060972727, yarules@yandex.ru

Исследовано влияние межмолекулярного комплексообразования модифицированного глицина на его энергетические характеристики. В области 600-4000 см⁻¹ были экспериментально измерены ИК спектры глицина в цвиттерионной форме и глицина, модифицированного при помощи процедуры криохимической перекристаллизации. Методом теории функционала плотности были рассчитаны структуры и ИК спектры комплекса из 8 молекул глицина. Проведено сравнение рассчитанных ИК спектров с экспериментальными данными.

Разработка полиморфных модификаций – это один из способов повышения фармакологического эффекта препаратов. С помощью технологии криохимической перекристаллизации органических веществ, разработанной ООО «Научный центр РТА», была получена модифицированная форма глицина.

Спектры инфракрасного излучения регистрировались на ИК спектрометре Spectrum Two в диапазоне 4000-600 см⁻¹. Молекулярное моделирование и расчет спектров молекул и их комплексов проводились на основе метода теории функционала плотности [1], используя функционал B3LYP [1] и базисный набор 6-31G(d).

Исходя из статьи [2], глицин обычно существует в виде полимерных цепочек. В качестве примера межмолекулярного комплексообразования из восьми молекул глицина были рассмотрены два варианта: «Сетка», «Кольцо».

Как показал анализ водородных связей, наиболее сильные водородные связи образуются между молекулами глицина в варианте «Сетка», чем между аналогичными молекулами в варианте «Кольцо». Попарное сравнение ИК спектров рассчитанных вариантов «Кольцо» и «Сетка» с экспериментальными ИК-спектрами показало, что наилучшее согласие представлено в варианте «Сетка». Из чего можно предположить, что данный вариант комплексообразования является более оптимальным. Также необходимо отметить, что спектральный пик в области 3400-3500 см⁻¹ является пиком, характерным для ИК спектра молекул воды.

Таким образом, исходя из сравнения экспериментальных и рассчитанных ИК спектров, можно сказать, что модифицированный глицин содержит в своем составе связанные молекулы глицина, а также единичные молекулы воды.

Литература

1. Кон В. Электронная структура вещества – волновые функции и функционалы плотности // Успехи физических наук. 2002. Т.172, № 3. С. 336–348
2. Boldyreva E., Ivashhevskaya S., Sowa H., Ahsbahs H., Weber, H.-P. Effect of hydrostatic pressure on the γ -polymorph of glycine 1. A polymorphic transition into a new δ -form. // Z. Kristallogr. 2005. V.220. P. 50-57

ВОЗМОЖНОСТИ КВАНТОВЫХ СИМУЛЯТОРОВ С КЛАССИЧЕСКОЙ АРХИТЕКТУРОЙ ДЛЯ МОЛЕКУЛЯРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Иванцова О.В., Рябов Н.В.

Объединенный институт ядерных исследований, Лаборатория информационных технологий им. М. Г. Мещерякова, ул. Жолио-Кюри, 6, 141980 г. Дубна, Московская область, Россия

Квантовые компьютеры обладают потенциалом решать проблемы, которые оказываются вычислительно сложными для некоторых классических алгоритмов. Однако создание физических квантовых устройств с большим количеством кубитов и высокой стабильностью остается на текущий момент времени сложной задачей.

Использование классических компьютеров для моделирования квантовых вычислений с помощью квантовых программных симуляторов позволяет осуществлять как проверку гипотез перед запуском на квантовых устройствах, так и решать реальные задачи.

Исследования и разработка квантовых алгоритмов для молекулярного моделирования, фундаментально связанного с пониманием квантовых свойств материи, являются одними из самых сложных и перспективных в квантовых вычислениях.

В ЛИТ ОИЯИ на суперкомпьютере (СК) «Говорун» проведена серия вычислительных экспериментов с использованием квантовых симуляторов QuEST, Qiskit, CuQuantum, библиотеки программного обеспечения для квантовых вычислений PennyLane, генератора квантовых схем Cirq, способных работать на различных вычислительных архитектурах.

Рассмотрены преимущества и ограничения симуляторов с классической архитектурой по сравнению с физическими квантовыми устройствами, различные инструменты для соединения и отладки квантовых алгоритмов на классических компьютерах.

Показаны ключевые аспекты использования квантовых симуляторов для построения многочастичных волновых функций молекул и вычисления ожидаемых значений молекулярных гамильтонианов, особое внимание уделяется реализации алгоритма квантовой оценки фазы (QPEA) и вариационным квантовым методам, таким как вариационный квантовый собственный решатель (VQE).

В заключении обсуждаются текущие проблемы и перспективы дальнейшего развития классических симуляторов для более точного моделирования квантовых процессов, предоставляющих ценную предварительную информацию для следующего поколения квантовых компьютеров.

МУТАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ПРОТОННЫХ ПОЛУКАНАЛОВ FOF1-АТФ СИНТАЗЫ

Ивончин Л.А., Машковцева Е.В.¹, Нарциссов Я.Р.²

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

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

¹ФГАОУ ВО "Российский Национальный Исследовательский Медицинский Университет им. Н.И. Пирогова" МЗ РФ, Россия, 117997, Москва, ул. Островитянова 1, +74954345582, elenamash@gmail.com

²Группа биомедицинских исследований, БидоФарма ГмБХ, Германия, 22962, Зик, ул. Бюльтбек 5, +49410787790, yn_brg@icmph.org

Появление структурных данных F_oF₁-АТФ синтазы различных организмов, полученных с помощью методов криоэлектронной микроскопии, в последнее десятилетие привели к более полному пониманию молекулярных механизмов реакции синтеза/гидролиза АТФ, а также вращения олигомера из с-субъединиц в липидном бислое. Это также позволило получить ряд структурных моделей протонных полуканалов, проливающих свет на механизм транспорта. Однако, точная траектория движения протонов до сих пор не установлена, и ряд вопросов по этому процессу остается нерешенным. В частности, новые данные не внесли полной ясности в понимание того, как протон перемещается внутри канала и какие именно аминокислотные остатки оказывают влияние на его движение.

Наши предыдущие исследования методом молекулярной-динамики привели к уточнению структуры протонных полуканалов. Установлено, что входной полуканал имеет сложную структуру с входом в виде водной лакуны и консервативной цепью переноса протона около cAsp61. При этом выходной полуканал представляет собой просто водную полость, через которую протон может легко перемещаться *in bulk*. Определены области локализации трех кластеров молекул воды (W1-W3), необходимых для замыкания цепи переноса протона. Кроме того, была описана сеть полярных аминокислотных остатков и молекул воды, которые оказывают существенное влияние на транспорт протонов.

Для анализа роли конкретных аминокислот в процессе протонного транспорта был проведен мутационный анализ с использованием молекулярно-динамического моделирования мембранный части F_oF₁-АТФ синтазы из *E. coli* [PDB ID: 6VWK], встроенной в липидный бислой и водную среду. Были исследованы 15 различных мутаций аминокислотных остатков а- и с-субъединиц.

Результаты мутационного анализа показывают, что замены многих консервативных полярных аминокислот приводят лишь к частичной потере протонной проводимости. Эти наблюдения позволяют предположить, что функция этих остатков заключается не только в прямом переносе протонов, но и в поддержании гидрофильной среды внутри полуканала. Возможно, такая роль аминокислотных остатков позволяет различным организмам использовать уникальные наборы полярных остатков для формирования своих протонных полуканалов, и их изменчивость предполагает гибкий механизм переноса протонов в высокоеффективной макромолекулярной машине.

МОЛЕКУЛЯРНО-ДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НУКЛЕОСОМ, СОДЕРЖАЩИХ ВАРИАНТНЫЙ ГИСТОН H2A.J

Косарим Н.А., Федулова А.С., Шаряфетдинова А.С., Армееев Г.А., Шайтан А.К.

МГУ им. М.В. Ломоносова, биологический факультет, кафедра биоинженерии, г. Москва, Ленинские горы, 1/73, 119234. Тел. +79771008459. n.kosarim@infbio.org

Эукариотическая ДНК хранится в клеточном ядре в виде комплекса с гистонами — белками, имеющими несколько вариантов, которые играют различные роли в клеточных процессах. В частности, один из вариантных гистонов под названием H2A.J предположительно связан со старением и раком [1]. Однако, на сегодняшний день молекулярные механизмы, определяющие подобную роль H2A.J, не ясны. Кристаллографический анализ структур нуклеосом, содержащих H2A.J, также не объяснил его экспериментально обнаруженные особенности и функциональную роль в составе нуклеосомы [2], что демонстрирует динамическую природу данных механизмов.

Для исследования механизмов влияния H2A.J на структуру и динамику нуклеосомы мы использовали метод молекулярной динамики (МД), с помощью которого получили атомистические траектории полноразмерных нуклеосом, содержащих канонический гистон H2A, а также обычный и фосфорилированный H2A.J. Проанализировав внутреннюю динамику нуклеосом в полученных траекториях, мы смогли предложить молекулярный механизм, объясняющий повышенную термостабильность нуклеосом, содержащих H2A.J по сравнению с каноническими нуклеосомами. Также мы сравнили связывание С-концевых хвостов канонического H2A и H2A.J с ДНК и продемонстрировали роль фосфорилирования H2A.J в этом процессе.

Работа поддержана грантом РНФ № 19-74-30003-П <https://rsrf.ru/project/23-74-33002/>. Работа выполнена с использованием оборудования Центра коллективного пользования сверхвысокопроизводительными вычислительными ресурсами МГУ имени М.В. Ломоносова.

References

1. *Contrepois, K., et al.* Histone variant H2A.J accumulates in senescent cells and promotes inflammatory gene expression. // *Nat. Commun.* **8**, 14995, 2017.
2. *Tanaka, H., Sato, S., Koyama, M., Kujirai, T., Kurumizaka, H.* Biochemical and structural analyses of the nucleosome containing human histone H2A.J. // *J. Biochem. (Tokyo)* **167**, 2020, 419–427.

МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФЕРСТЕРОВСКОГО РЕЗОНАНСНОГО ПЕРЕНОСА ЭНЕРГИИ

Кристовский Н.В., Армееев Г.А.

г. Москва, ГСП-1, Ленинские горы МГУ 1, стр. 73,

Ферстеровский резонансный перенос энергии (ФРПЭ) на протяжении нескольких десятилетий успешно применяется для измерения конформационной подвижности и межмолекулярного расстояния биомолекул. В основе метода ФРПЭ лежит расчет эффективности переноса энергии между донорно-акцепторной парой флуорофоров. Флуорофоры состоят из флуоресцентной метки и “линкера”, необходимого для введения флуорофора в структуру биомолекулы. Структуры “линкеров” могут различаться по длине и составу, в зависимости от производителей. Применение различных «линкеров» к одной донорно-акцепторной паре приводит к возможности расхождения данных для одной и той же исследуемой системы. Такие факторы, как структура исследуемого объекта, строение «линкеров», ионная сила раствора, могут влиять на значения эффективности ФРПЭ. Для предварительной оценки эффективности ФРПЭ существует несколько подходов к оценки подвижности флуорофоров, основанных на различных принципах расчета позиционирования меток и требующие различное количество вычислительных ресурсов.

Целью работы является сравнение методов моделирования эффективности Ферстеровского резонансного переноса энергии.

В нашей работе в качестве донорно-акцепторной пары были взяты метки цианиновый 3 и цианиновый 5 (Су3 и Су5). Данная донорно-акцепторная пара активно применяется при исследовании хроматина путем введения в структуру ДНК, а также коммерчески доступна, и подходит под типовые спектральные линии лазеров. Для введения флуоресцентных меток в медиальные позиции на ДНК были выбраны “линкеры” представляемые на российском рынке компаниями Syntol и Lumiprobe. Для моделирования подвижности флуоресцентных меток мы применяли 3 подхода: расчет доступного объема (ДО), расчет пространства конформеров и его моделирование в комплексе с ДНК, молекулярная динамика флуорофоров в комплексе с ДНК. Для расчета траекторий молекулярной динамики необходимо подготовить файлы топологии. Для этого мы использовали программную библиотеку ACPYPE, которая представляет собой сценарий-оболочку для программного обеспечения ANTECHAMBER, который упрощает создание топологий и параметров малых молекул для различных программ молекулярной динамики. В нашей работе мы используем свободное программное обеспечение для возможности повторения проведенных исследований. По этой причине, для расчетов парциальных зарядов мы использовали программный пакет PsiRESP. Нами были выбраны позиции введения флуоресцентных меток в ДНК, для выбранных позиций введения флуорофоров были рассчитаны значения эффективности ФРПЭ. Полученные для различных методов моделирования значения эффективности ФРПЭ сравнивались между собой и теоретическими значениями эффективности ФРПЭ.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗНАЧИМОСТИ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ХРОМОФОРА ДЛЯ ПРЕДСКАЗАНИЯ СПЕКТРОВ ПОГЛОЩЕНИЯ МЕТОДАМИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Кулакова А.М.¹, Захарова Т.М.¹, Хренова М.Г.^{1,2}

¹Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Химический факультет, кафедра физической химии,
Россия, 119991, г. Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 3
Тел.: (495)939-22-86, E-mail: kulakova@lcc.chem.msu.ru

²ФИЦ Биотехнологии РАН, Россия, 119071, Москва, Ленинский проспект, д. 33, стр. 2

Для визуализации клеточных процессов часто используют зеленый флуоресцентный белок и его аналоги. Они представляют собой бочонки из β -листов, внутри которых расположен хромофор, сформированный из трех аминокислотных остатков. Изменение спектральных свойств таких белков возможно не только за счет изменения самого хромофора, но и за счет внесения изменений в хромофорсодержащую область белка. Известно, что для таких белковых систем, соответствующих минимумам на энергетической поверхности, имеется взаимосвязь между спектральными свойствами и геометрическими характеристиками, наиболее важными из которых являются длины мостиковых связей между фенильным и имидазолидоновым фрагментами хромофора.

В данной работе, для белка EYFP семейства зеленого флуоресцентного белка проведены молекулярно-динамические расчеты с комбинированными потенциалами квантовой механики/молекулярной механики (PBE0-D3/cc-pvdz) в NPT ($p = 1$ атм, $T = 300$ К) ансамбле. Для набора кадров из МД траектории были рассчитаны изменения дипольного момента при возбуждении ($\Delta\mu$), для которого известна квадратичная взаимосвязь с изменением разности энергий между основным и возбужденным электронным состояниями. С помощью методов регрессионного анализа и метода случайного леса были построены модели расчета значений $\Delta\mu$, исходя из геометрических характеристик хромофора. Полученные модели хорошо предсказывают значения изменения дипольного момента при возбуждении. При этом показано, что для расчета значений $\Delta\mu$ по результатам молекулярной динамики недостаточно использовать только значения длин мостиковых связей в хромофоре. В минимальный набор данных для рассматриваемого белка также необходимо включать связи, соседние с мостиковыми.

Работа выполнена с использованием оборудования Центра коллективного пользования сверхвысокопроизводительными вычислительными ресурсами МГУ имени М.В. Ломоносова при финансовой поддержке научно-образовательной школы МГУ «Мозг, когнитивные системы, искусственный интеллект» (проект 23-Ш03-04).

АНАЛИЗ И ДИЗАЙН ДНК/РНК-БЕЛКОВЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ НА ПРИМЕРЕ CRISPR/DCAS-СИСТЕМ

Мамаева Н.Ю., Кристовский Н.В., Шайтан А.К.

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Биологический ф-т,
каф. Биоинженерии, 119234, Россия, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 12, Е-mail:
mamaeva19n@gmail.com

За последнее десятилетие технология CRISPR-Cas приобрела широкую популярность в различных областях: от редактирования генома до контроля экспрессии генов. В основе системы лежит способность комплексов CRISPR-Cas программироваться для напечатывания на определенные последовательности ДНК. Введение точечных мутаций блокирует нуклеазную активность Cas9, но не влияет на его связывание с мишенью. Инактивированный dCas9, значительно расширил применение технологии CRISPR-Cas9. В частности, dCas белки широко применяются в качестве элементов генетических цепей (1). Для построения моделей генетических схем, улучшения эффективности и специфичности напечатывания, а также контроля регуляции элементов сетей, необходимо понимание параметров взаимодействия комплексов dCas-гРНК-ДНК, измеренных в системах *in vitro*. В нашей работе мы измерили константы диссоциации комплексов dCas9-гРНК с ДНК в различных условиях. Также мы ввели функциональный РНК-домен, приводящий к димеризации dCas-белков посредством взаимодействия между двумя РНК-шпильками.

Для проведения экспериментов по связыванию *in vitro*, белок dCas9 экспрессировали в клетках *E.coli* и очищали путем трехэтапной очистки FPLC. Гидовую РНК синтезировали путем *in vitro* транскрипции. Последовательности ДНК, меченные 6-FAM, получали из синтезированных олигонуклеотидов. Константы диссоциации измеряли методом поляризации флуоресценции в плоскостном ридере. Для сборки структур комплексов dCas9 с димеризационным РНК-доменом использовалась программная библиотека MDAnalysis для языка программирования Python. Расчет траекторий молекулярной динамики проводился при помощи программного пакета Gromacs.

Нами были измерены константы диссоциации комплексов dCas9-гРНК с ДНК в буферах с различной концентрацией одно- и двухвалентных ионов. Так, в буфере, содержащем ионы марганца, связывание значительно ухудшается, что может быть связано с эффектом локального раскручивания ДНК. Для повышения кооперативности связывания, мы создали модель двух dCas9-белков, связанных димеризационным РНК-доменом. Электрофоретическими методами было подтверждено наличие связанных димерных комплексов. Параметры взаимодействия полученных комплексов определены методом поляризации флуоресценции. В дальнейшем мы планируем использовать полученную конструкцию в качестве элемента генетических сетей.

Литература.

1. *Shaytan A.K. et al.* From DNA-protein interactions to the genetic circuit design using CRISPR-dCas systems //Frontiers in Molecular Biosciences. Vol. 9, Year 2022. P. 1070526.

ПРЕДСКАЗАНИЕ САЙТОВ ДЛЯ НАИБОЛЕЕ ЭФФЕКТИВНОГО НАПРАВЛЕННОГО МУТАГЕНЕЗА ОРАНЖЕВОГО КАРТОНИДНОГО БЕЛКА

Мамчур А.А., Ярошевич И.А.

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Биологический факультет, кафедра биофизики, Россия, 119234, г. Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 12

Оранжевый каротиноидный белок (ОСР) играет важную роль в фотосинтетическом аппарате цианобактерий. Он представляет собой фотопрепаратор с молекулярной массой 35 кДа, который активируется синим светом и состоит из двух доменов – полностью α -спирального N-концевого домена и смешанного α -спирального/ β -листового C-концевого домена, между которыми нековалентно закреплена молекула кантаксантина, необходимая для фотоактивности. Особенностью ОСР является использование каротиноидов в качестве хромофоров. Ранее в наших исследованиях методом молекулярной динамики уже было показано падение электростатического потенциала вдоль пи-сопряжённой цепи каротиноида, которое наблюдается в каротиноид-связывающем кармане ОСР [1].

В данном исследовании был продолжен анализ проведенной молекулярно-динамической симуляции с целью предсказать сайты, направленный мутагенез в которых наиболее эффективно изменит оптические свойства молекулы при сохранении третичной структуры белка.

Для получения траектории был проведён расчёт молекулярной динамики темнового варианта ОСР длительностью 1 мкс с использованием программного пакета GROMACS версии 2020.1 и силового поля OPLS-AA. Шаг интегрирования – 1 фс, температура – 300К (V-rescale), давление – 1 атм (Partinello-Rahman). Белок был растворён в воде (модель TIP4P), 7 ионов натрия были добавлены для нейтрализации системы. Анализ данных проводился с помощью языка программирования Python версии 3.9.12.

Основная гипотеза состоит в необходимости внесения изменений в электростатический потенциал, формируемый аминокислотами белка на атомах каротиноида. В связи с чем основными кандидатами для сайт-направленного мутагенеза стали аминокислоты, взаимодействующие с каротиноидом. Для оценки их вклада в поддержание третичной структуры ОСР были построены и проанализированы карты контактов. Стабильными считались контакты длительностью более 50% траектории МД. При этом наиболее перспективным сайтом оказался Glu244.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-74-00012.

Литература.

1. Мамчур А. А., Ярошевич И. А. Изучение электростатической природы белок-лигандного взаимодействия в оранжевом каротиноидном белке // СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ VII СЪЕЗДА БИОФИЗИКОВ РОССИИ: в 2 томах. — Т. 1. — Типография ФГБОУ ВО КубГТУ Краснодар, Россия: 2023. — С. 51–52.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ГИСТОНОВЫХ ХВОСТОВ В СОСТАВЕ НУКЛЕОСОМЫ И ИХ УЧАСТИЕ В ОТКРУЧИВАНИИ НУКЛЕОСОМНОЙ ДНК ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ В РАЗНЫХ МОДЕЛЯХ ВОДЫ

Моторин Н.А., Шаряфетдинова А.С., Федурова А.С., Шайтан А.К.

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Биологический ф-т,
каф. Биоинженерии, 119234, Россия, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 12, E-mail:
motorin_n@inbox.ru

Корректное описание структуры и динамики гистоновых хвостов в составе нуклеосомы — один из ключевых вопросов для понимания эпигенетических процессов, обеспечивающих функционирование генома эукариот. Изучение гистоновых хвостов усложняется тем, что они неупорядоченные. Перспективным подходом является комбинирование методов ЯМР и молекулярной динамики (МД). Рассчитанные в ЯМР-эксперименте скорости релаксации R1 и R2 и параметр порядка S2 можно сопоставлять с аналогичными параметрами, рассчитанными из МД-траекторий, что позволяет выбрать корректные условия моделирования неупорядоченных белков. Наряду с часто используемой в МД расчетах моделью воды TIP3P, существуют специализированные модели воды для моделирования неупорядоченных белков.

Мы использовали модель нуклеосомы PDB ID 1KX5 с полноразмерными гистоновыми хвостами. Моделирование проводили в силовом поле Amber14SB+cuF9ix в программе GROMACS2020 при 300 К, 150 mM NaCl. Для расчета помимо Tip3p модели также были выбраны OPC, TIP4P/2005, TIP4P-D, CAIPi3P. Мы рассчитывали S2 аминогруппы при пептидной связи для каждого аминокислотного остатка. Для этого из траектории МД вычислялась функция корреляции, которая затем аппроксимировалась тремя экспонентами.

Анализировали профили S2 для гистона H3 как наиболее интересного для исследования, поскольку показано участие H3-хвоста в откручивании ДНК. Наименьшее значение S2 для H3-хвоста показано при моделировании в присутствии TIP4P-D, когда значение S2 глобулярной части гистона было приближено к результатам моделирования в присутствии модели воды TIP3P. В присутствии модели TIP4P-D опосредованное H3-хвостом откручивание ДНК происходило на наиболее ранних временах моделирования, а также наблюдалось обратное прикручивание. Раннее откручивание объясняется тем, что эта модель воды обеспечивает большую конформационную подвижность хвоста, поэтому конформация хвоста, обеспечивающая откручивание, появляется раньше. Эти результаты согласуются с недавней работой [1], согласно которой моделирование нуклеосом в присутствии TIP4P-D наилучшим образом согласуется с данными ЯМР. В дальнейшем планируется получение препаратов нуклеосом с меченым гистоном H3 для дополнительной валидации нашей гипотезы методом ЯМР. Работа поддержана грантом РНФ № 23-74-10012.

Литература.

1. Rabdano S.O., et.al. Histone H4 Tails in Nucleosomes: a Fuzzy Interaction with DNA *Angew Chem Int Ed Engl.* **Vol. 60**, No. 12, Year 2021. Pp. 6480-6487.

МЕХАНИЗМЫ РАЗРЫВА Р-О СВЯЗИ ОРГАНОФОСФАТОВ В АКТИВНЫХ ЦЕНТРАХ ФЕРМЕНТОВ

Мулашкина Т.И.¹, Кулакова А.М.¹, Хренова М.Г.²

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: mulashkinati@my.msu.ru

¹Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт биохимической физики им. Н.М. Эмануэля РАН, Россия, 117997, Москва, ул. Косыгина, 4

²ФИЦ Биотехнологии РАН, Россия, 119071, Москва, Ленинский проспект, д. 33, стр. 2

Химические реакции, связанные с разрывом Р-О связей в эфирах фосфорной кислоты, имеют ключевое значение в биохимии: фосфорные эфиры нуклеозидов необходимы в биологических системах как составляющие ДНК, РНК и многих кофакторов и метаболитов. Кроме того, органофосфаты используют в бытовых целях в качестве пестицидов, гербицидов, пластификаторов, антипиренов и боевых отравляющих веществ.

Известно, что реакции разрыва Р-О связи могут происходить ступенчато с образованием устойчивого интермедиата, либо согласовано через переходное состояние. Кроме того, в зависимости от степени образования связи Р-O_{Nu} и расщепления Р-O_{LG} связи различают диссоциативный и ассоциативный механизмы. При диссоциативном механизме разрыв Р-O_{LG} связи предшествует образованию Р-O_{Nu} связи, а при ассоциативном механизме нуклеофильная атака предшествует разрыву Р-O_{LG}.

В данной работе, на основе десятка систем белковых молекул с нуклеозидфосфатами, был предложен критерий определения типа механизма без детального расчета всей реакции, а только по анализу электронной плотности в структуре фермент-субстратного комплекса.

Кроме того, в данной работе был подробно изучен ассоциативный механизм реакции гидролиза четырех органофосфатов в активном центре фосфотриэстераз. Фосфотриэстеразы – это бактериальные ферменты известные своей способностью гидролизовать органофосфаты, которые используются в качестве пестицидов, антипиренов и боевых отравляющих средств. В данной работе было проведено сравнение реакции гидролиза органофосфатов фосфотриэстеразами из двух различных бактерий: *Pseudomonas diminuta* (Pd-PTE) и *Sphingobium sp.* (Sb-PTE). Были показаны различия в механизмах реакции гидролиза органофосфатов в активных центрах двух фосфотриэстераз, которые обуславливают различную катализическую активность данных ферментов по отношению органофосфатов с хорошими и плохими уходящими группами.

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

**КОМПЛЕКСНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПЕПТИДОВ С ВЫСОКОЙ
АФФИННОСТЬЮ К «КИСЛОТНОМУ ЛОСКУТУ» ДИМЕРА ГИСТОНОВ
H2A-H2B И НУКЛЕОСОМ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМИ И
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫМИ МЕТОДАМИ**

Олейников П.Д., Федулова Ф.С., Армеев Г.А., Моторин Н.А.,
Сингх-Пальчевская Л.Р., Сивкина А.Л.¹, Фескин П.Г., Глухов Г.С.², Афонин Д.А.,
Комарова Г.А.³, Кирпичников М.П.⁴, Студитский В.М.⁵, Феофанов А.В.,
Шайтан А.К.

МГУ им. М. В. Ломоносова, Биологический факультет, каф. Биоинженерии, Россия,
11999, Москва, Ленинские горы 1, стр. 2, E-mail: pasha.olejnikoff@yandex.ru

¹Институт биологии гена РАН, Россия, 119334, Москва, ул. Вавилова 34/5

²Университет МГУ-ППИ в Шэньчжэне, Биологический факультет, Китай, 518172,
Шэньчжэнь

³МГУ им. М. В. Ломоносова, Физический факультет, Россия, 119991, Москва,
Ленинские горы 1, стр. 2

⁴Институт биоорганической химии им. академиков М. М. Шемякина и Ю. А.
Овчинникова, РАН, Россия, 117997, Москва, улица Миклухо-Маклая 16/10

⁵Fox Chase Cancer Center, USA, PA 19111, Philadelphia

Организация жизненно важных клеточных процессов в ядрах эукариотических клеток опосредована функционированием хроматина - комплекса ДНК и гистоновых белков. На поверхности структурно-функциональной единицы хроматина (нуклеосомы) расположен отрицательно заряженный участок в области димера H2A-H2B, который служит платформой для связывания различных белков хроматина и называется «кислотным лоскутом». Изучение взаимодействия нуклеосом с белками и пептидами с высокой аффинностью к кислотному лоскуту может быть полезно не только с фундаментальной, но и с прикладной точек зрения.

В данной работе был применен ряд вычислительных и экспериментальных подходов для изучения взаимодействия таких пептидов с нуклеосомами. В ходе анализа базы данных PDB и молекулярного моделирования была выявлена вариабельность паттернов взаимодействия изучаемых пептидов с «кислотным лоскутом» и важность непостоянных межатомных взаимодействий в поддержании стабильности комплекса нуклеосома:пептид. Была также оценена субмикромолярная константа диссоциации комплекса нуклеосомы с пептидом вирусного антигена LANA(1-22) с использованием метода поляризации флуоресценции и показана специфичность такого взаимодействия. Кроме того, нами показано стабилизирующее действие пептидов LANA(1-22) и CENP-Cmotif на структуру нуклеосом на основании результатов молекулярного моделирования и spFRET-микроскопии.

Полученные результаты расширяют понимание моделей взаимодействия белков хроматина и дают новые представления о потенциальном применении нуклеосом-связывающих пептидов для направленной регуляции функционирования генома. Работа выполнена при поддержке гранта Российского Научного Фонда (номер 19-74-30003).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЗИЦИЙ САЙТОВ СВЯЗЫВАНИЯ ПИОНЕРНЫХ ТРАНСКРИПЦИОННЫХ ФАКТОРОВ ОТНОСИТЕЛЬНО ПОЛОЖЕНИЙ НУКЛЕОСОМ ПО ДАННЫМ MNASE-SEQ

Рябов Д.М., Армееев Г.А.

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, 119234, Москва
Ленинские горы, 1, с.12. d.ryabov@intbio.org armeev@intbio.org

Нуклеосома является основным структурным и функциональным элементом хроматина. Она играет важную роль в организации и упаковке генома в ядре клетки, определяя доступность генетической информации. Строение нуклеосомы составляет объект глубокого изучения биологов. Структура этого комплекса включает в себя восемь белков четырех типов - гистонов H2A, H2B, H3 и H4, присутствующих в нуклеосоме в виде двух копий каждый. Образуя димеры, эти белки формируют ядро нуклеосомы, вокруг которого обвивается ДНК длиной 146-147 п.н., совершая, по разным данным, 1,65-1,75 оборота вокруг гистонового ядра. Следует отметить, что в структуре нуклеосомы существует ось симметрии второго порядка (диадная ось), причем пара нуклеотидов, через которую она проходит, называется диадной.

Понимание расположения нуклеосом в геноме является важным аспектом изучения структуры генов и их регуляции экспрессии, что позволяет установить, как геном организован в пространстве и какие участки ДНК доступны для транскрипции. Исследование расположения нуклеосом позволяет выявить места изменений в хроматиновой структуре, связанные с эпигенетическими регуляторными механизмами, такими как метилирование ДНК или модификации гистонов. Более того, понимание расположения нуклеосом в геноме может помочь в изучении эволюции генома и определении консервативных и изменчивых участков ДНК. Это может быть полезным для анализа структуры хромосом и идентификации генетических вариаций, связанных с различными заболеваниями.

Пионерные транскриptionные факторы (ПТФ) являются белками, способными связываться с нуклеосомной ДНК зачастую привлекая другие белки, вызывающие изменение активности генов. Хотя нуклеотидная последовательность сайтов связывания многих пионерных факторов известна, остается неясным, где внутри нуклеосом расположены эти сайты. Таким образом, определение распределения сайтов связывания ПТФ относительно диад нуклеосом является основной целью настоящей работы.

Для определения позиций диад в геноме применяется метод MNase-Seq, однако на сегодняшний день не существует стандартного протокола обработки его результатов, поэтому настоящая работа является актуальной. В результате сравнения разных подходов к анализу данных MNase-Seq, были подобраны оптимальные параметры для фильтров, что позволило автоматизировать процесс обработки данных секвенирования, построения профилей заселенности хромосом определенными позициями диад и диаграммы распределения сайтов связывания ПТФ относительно выявленных позиций.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЛИПОФИЛЬНОСТИ И ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ТОКСИЧНОСТИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ НОВЫХ АНТИКОАГУЛЯНТОВ КРОВИ

Сергеенкова А.А., Кочетов А.Н., Носикова Л.А., Кудряшова З.А.

МИРЭА-Российский технологический университет, РФ, 117571, Москва, проспект Вернадского, 86, E-mail: alinenok1998@mail.ru

Одним из подходов к конструированию новых антикоагулянтов является модификация стартовых темплаторов уже применявшихся соединений, включая расчет геометрии молекул и моделирование/оценка их свойств. Важнейшим показателем, который подвергается теоретической и экспериментальной оценке является жирорастворимость (липофильность) и, следовательно, способность к кумуляции в организме млекопитающих. Высокая липофильность осложняет быструю коррекцию содержания антикоагулянтов в крови пациентов, что делает такие производные малопривлекательными в традиционной терапевтической практике тромбозаболеваний человека. С другой стороны, именно такие производные будут интересны как новые родентицидные препараты (борьба с грызунами), где способность к повышенной кумуляции является приоритетной [1].

Экспериментальными показателями липофильности являются время удерживания в ОФ ВЭЖХ и коэффициент перераспределения вещества в водно-органической фазе (октанол:вода). Данные характеристики при сопоставлении не дают однозначной интерпретации в оценке липофильности одних и тех же субстанций. Использование показателя острой токсичности (LD50) как дополнительного маркера по липофильности не привносит ясности, поскольку в литературе приводятся противоречивые данные разных авторов, что можно объяснить исключительно качеством проведения токсикологического эксперимента. Мы вынуждены были использовать дополнительную оценку липофильности, в качестве которой выбрали расчетный метод определения полярности исследованных производных (дипольный момент). Для вычисления был использован базовый продукт для обучения квантовой химии HyperChem 6.03 и полуэмпирические методы AM1 и PM3, частично учитывающий вклад интегралов перекрывания.

Вычисления дипольного момента более простым методом AM1 (по сравнению с PM3) хорошо коррелируют с экспериментальными значениями липофильности, полученными из хроматограммы смеси 10 антикоагулянтов крови, использующихся в терапевтической практике и медицинской дератизации. Несколько неожиданно было обнаружить факт корректности вычислений дипольного момента и, одновременно, хорошую корреляцию с экспериментальными значениями для различных групп и поколений антикоагулянтов (производные индандинона-1,3 и кумарина), что позволяет рекомендовать метод AM1 для предварительной теоретической оценки липофильности.

Литература.

1. Кочетов А.Н., Кузьмина Л.Г., Шестаков К.А. Пути создания новых антикоагулянтных родентицидов // Дезинфекционное дело, № 2, 2009. Стр. 68-77.

ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГАЛОГЕНЗАМЕЩЁННОГО ТИРОЗИНА

Сурков М.М., Ярошевич И.А.

Кафедра биофизики, Биологический факультет, Московский государственный
университет им. М.В.Ломоносова;

Оранжевый каротиноидный белок (ОСР) – фотопротекторный белок цианобактерий, регулирующий их фотосинтетическую активность. В качестве хромофора в данном белке выступает молекула кето-каротиноида, связанного водородными связями с остатками тирозина (TYR201) и триптофана (TRP288). При этом, образование данных водородных связей снижает вероятность фотоактивации ОСР и уменьшает его квантовый выход флуоресценции. Замена атома водорода в мета-положении TYR201 на атом иода приводит к предпочтительному образованию внутримолекулярной водородной связи OH-группы с атомом галогена, и, как следствие, к значительному увеличению квантового выхода флуоресценции ОСР, снижая время жизни возбуждённого состояния. В данной работе исследуются электростатические свойства галогензамещённого в мета-положении тирозина (TyrF, TyrCl, TyrBr, TyrI) в сравнении с обычным тирозином (TyrH).

Для каждого варианта тирозина рассчитывался электростатический потенциал в каждой точке в некотором объёме вокруг молекулы. Квантово-химические расчеты производились с использованием пакета программ ORCA 5.0 [1]. Первичная оптимизация геометрии молекулы производилась методом HF-3c. Расчёт электростатического потенциала производился методом PBE0 в базисе def2-SVP.

Результаты расчетов показывают, что введение галогена в структуру тирозина изменяет распределение электронных плотностей вокруг атомов. Полученные результаты открывают возможность для теоретического дизайна новых биотехнологических конструктов на основании атипичных галоген-содержащих аминокислот.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-74-00012 (<https://rscei.ru/project/22-74-00012/>).

Литература.

1. Пакет программ ORCA 5.0 URL: <https://orcaforum.kofo.mpg.de/>

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ДИНАМИКА ПРОТОФИЛАМЕНТОВ ТУБУЛИНА И ВЛИЯНИЕ ТАКСОЛА НА ИХ ИЗГИБНУЮ ДЕФОРМАЦИЮ

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

Несмотря на широкое распространение и применение препаратов химиотерапии рака, остаются невыясненными молекулярные механизмы действия многих из них. Известно, что некоторые из этих препаратов, например, таксол, оказывают влияние на динамику сборки микротрубочек и останавливают процесс клеточного деления в профазе-прометафазе. Однако, детальный молекулярный механизм действия таких препаратов остается неизвестным. В последнее время появились новые пространственные структуры микротрубочек и отдельных олигомеров тубулина, связанные с различными регуляторными белками и препаратами химиотерапии рака. Однако, знание пространственной структуры само по себе не дает информации о механизме действия препаратов.

В работе был применен метод молекулярной динамики для исследования поведения связанных с таксолом олигомеров тубулина и использована разработанная нами ранее методика анализа конформации протофилаентов тубулина, основанная на вычислении модифицированных углов Эйлера. На последних структурах фрагментов микротрубочек было продемонстрировано, что протофилаенты тубулина изгибаются не в радиальном направлении, как предполагают многие исследователи, а под углом примерно 45° от радиального направления. Однако, в присутствии таксола направление изгиба смещается ближе к радиальному направлению. Было выявлено отсутствие значимой разницы между средними значениями углов изгиба и скручивания на новейших структурах тубулина при связывании с различными естественными регуляторными лигандами, гуанозинтрифосфатом и гуанозиндифосфатом. Было обнаружено, что угол изгиба внутри димера больше, чем угол междимерного изгиба во всех проанализированных траекториях. Это указывает на то, что основная доля энергии деформации запасается внутри димерных субъединиц тубулина, а не между ними. Анализ структур последнего поколения тубулинов указал на то, что присутствие таксола в кармане бета-субъединицы тубулина аллостерически уменьшает жесткость олигомера тубулина на скручивание, что могло бы объяснить основной механизм воздействия таксола на динамику микротрубочек. Действительно, снижение крутильной жесткости дает возможность сохранить латеральные связи между протофилаентами, а значит, должно приводить к стабилизации микротрубочек, что и наблюдается в экспериментах. Результаты работы позволяют пролить свет на феномен динамической нестабильности микротрубочек и приблизиться к пониманию молекулярных механизмов клеточного деления.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-74-00119,
<https://rscf.ru/project/22-74-00119/>

МОДЕЛИРОВАНИЕ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ДИНАМИКИ НУКЛЕОСОМ ПРИ СВЯЗЫВАНИИ ПЕПТИДАМИ LANA И CENP-C

Федулова А.С., Армеев Г.А., Шайтан А.К.

Московский Государственный университет им. М.В. Ломоносова, Биологический ф-т,
каф. биоинженерии, Россия, Москва, 119991, Ленинские горы, 1/73, E-mail:
a.knizheva@intbio.org

Нуклеосомы являются базовыми единицами хроматина эукариот. Они представляют собой комплекс ДНК с белками-гистонами. На поверхности нуклеосомы имеется регион, в котором пространственно сближены отрицательно-заряженные аминокислотные остатки гистонов H2A и H2B, — кислотный лоскут. С кислотным лоскутом взаимодействуют многие белки, формируя электростатические контакты. Так, положительно-заряженные вирусный пептид LANA1-22 и мотив центромерного белка CENP-C (CENP-Смотив) также взаимодействуют с кислотным лоскутом, как показали структурные исследования (PDB ID 1ZLA и 4X23).

В представленной работе было проведено построение атомистических моделей нуклеосом с LANA и CENP-C пептидами. Число копий пептидов на одну нуклеосому отличалось в соответствии с кристаллическими структурами нуклеосом с пептидами (PDB ID 1ZLA и 4X23 соответственно). Были проведены расчеты молекулярной динамики нуклеосом с каждым пептидом (3 запуска по 700 нс динамики нуклеосом с одной копией LANA и 2 запуска по 1300 нс с двумя копиями CENP-C). Расчеты проводились в NpT ансамбле при 300 К и 1 бар, в окружении воды модели TIP3P и ионов Na и Cl в концентрации 150 mM. Более детально методы описаны в работе [1].

В результате анализа МД траекторий были выявлены ключевые контакты для взаимодействия пептидов с кислотным лоскутом нуклеосомы, в том числе аргининовый якорь. Другим важным наблюдением оказалось, что укорочение пептида LANA на несколько концевых остатков (неразрешенных в структуре 1ZLA и не формирующих стабильных контактов с нуклеосомой) приводит к дестабилизации комплекса с нуклеосомой и "открыванию" пептида. Также было показано влияние связывания пептидов на динамику и геометрию нуклеосомы. В частности, LANA увеличивает изгиб H2A-H2B димера нуклеосомы. А для CENP-C-связанной нуклеосомы было показано увеличение расстояния между α -С-спиралями двух копий H2A гистона в нуклеосоме. Таким образом, был изучен механизм взаимодействия пептидов LANA и CENP-C с нуклеосомой, а также показано влияние связывания на геометрию и динамику самой нуклеосомы. Описанные результаты вошли в состав работы, опубликованной в 2023 году [1]. Работа поддержана грантом РНФ № 19-74-30003. Работа выполнена с использованием оборудования Центра коллективного пользования сверхвысокопроизводительными вычислительными ресурсами МГУ имени М.В. Ломоносова.

1. Oleinikov, P.D., Fedulova, A.S. et al. Interactions of Nucleosomes with Acidic Patch-Binding Peptides: A Combined Structural Bioinformatics, Molecular Modeling, Fluorescence Polarization, and Single-Molecule FRET Study. Int. J. Mol. Sci. 2023.

АНАЛИЗ МЕЖМОЛЕКУЛЯРНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ БАКТЕРИОХЛОРОФИЛЛА С ПОЛЯРНЫМИ РАСТВОРИТЕЛЯМИ

Филин П.Д., Жулидин П.А., Пластун И.Л.

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., Россия,
410054, Саратов, ул. Политехническая 77, +79271045551, filinbox98@gmail.com

Бактериохлорофилл является фотосинтетическим пигментом зеленых серных бактерий и его оптические характеристики широко используются в различных областях, включая мониторинг физиологического состояния растений, и биодиагностику [1], производные бактериохлорофилла изучаются в контексте их потенциального применения в фотодинамической терапии рака (ФДТ).

В полярных растворителях, таких как метанол, бактериохлорофилл подвергается альомеризации, при которой выделяется мономерная форма пигмента. Это вызывает изменение спектральных свойств молекул пигмента. Экспериментальные исследования спектров поглощения бактериохлорофилла с разными растворителями показали, что они значительно отличаются по интенсивности [2], что свидетельствует о влиянии водородного связывания в этих мультикомпонентных смесях.

Нами было проведено молекулярное моделирование комплексообразования бактериохлорофилла с полярными растворителями на основе расчета структур и ИК спектров отдельных молекул и их комплексов методами теории функционала плотности (ТФП) [3] с использованием функционала B3LYP [3] и базисного набора 6-31G(d). Были проанализированы параметры водородных связей, образующихся в двухкомпонентных смесях бактериохлорофилла с этанолом, метанолом, изопропанолом и водой.

Результаты расчетов позволяют сделать вывод, что сила водородного связывания меняется в зависимости от растворителя, усиливаясь в порядке: изопропанол, этанол, метанол, вода. Однако их можно классифицировать по силе как средние, близкие к слабым. Имея дело с множеством молекул бактериохлорофилла и растворителей, можно предположить супрамолекулярное взаимодействие с большим количеством водородных связей, что подтверждает эффективность использованных растворителей. Это исследование вносит вклад в наше понимание характеристик бактериохлорофилла и его взаимодействия с различными растворителями, что может быть полезным для дальнейших исследований в области фотобиологии и наномедицины.

Литература

1. Terekhova, V.A., Gladkova, M.M. *Engineered nanomaterials in soil: Problems in assessing their effect on living organisms* // Eurasian Soil Science. 2013. Vol. 46. № 12. P. 1203–1210;
2. Zhiltsova A.A., Krasnova E.D., Voronov D.A., Losyuk G.N., Kokryatskaya N.M., Patsaeva S.V. *Simultaneous detection of chlorosomal bacteriochlorophylls from green sulfur bacteria and phycobilins from cyanobacteria using synchronous fluorescence scans* // Proc. SPIE 12192, Optical Technologies for Biology and Medicine, 2022;
3. Кон В. Электронная структура вещества – волновые функции и функционалы плотности // Успехи физических наук. 2002. Т.172, № 3. С. 336–348;

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ МЕМБРАННЫХ БИОЦИДОВ С МОДЕЛЬНОЙ ВЕЗИКУЛОЙ НАРУЖНОЙ МЕМБРАНЫ ГРАМОТРИЦАТЕЛЬНЫХ БАКТЕРИЙ

Холина Е.Г., Коваленко И.Б.¹, Страховская М.Г.

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

¹Федеральный научно-клинический центр специализированных видов медицинской
помощи и медицинских технологий ФМБА России, 115682, г. Москва, Ореховый
бульвар, 28

Везикулы наружной мембранны, продуцируемые многими патогенными бактериями, играют критическую роль в бактериальном патогенезе, способствуя устойчивости бактерий к антибиотикам и действуя как естественные защитные барьеры. Моделирование везикул, содержащих компоненты наружных мембран бактерий, имеет огромное значение для понимания функционирования этого фактора патогенности бактерий и путей переноса антибактериальных препаратов через барьеры проницаемости бактериальной клетки.

В рамках данной работы была создана крупнозернистая молекулярно-динамическая (МД) модель липосомы с асимметричным липидным составом в силовом поле MARTINI [1]. Наружный монослой состоял из 919 молекул шероховатых липополисахаридов (ЛПС) (RAMP), внутренний – из нейтрально заряженных липидов (1273 POPЕ) и отрицательно заряженных липидов (70 CDL2). Липосома была помещена в реакционную ячейку размером 46.2x46.2x46.2 нм. Для нейтрализации отрицательного заряда ЛПС к коровой части были добавлены ионы кальция. Также в раствор были добавлены ионы Na⁺/Cl⁻ в концентрации 150 мМ. В качестве биоцида был выбран катионный антисептик октенидин, модель которого была разработана нами ранее [2].

Для изучения взаимодействия октенидина с наружным монослоем везикулы молекулы октенидина помещались в виде мицеллярных агрегатов снаружи от внешнего монослоя. Поскольку за времена порядка 4 мкс не происходила транслокация биоцида внутрь липосомы, для изучения взаимодействия октенидина со внутренним монослоем была создана МД система, в которой в начальный момент времени молекулы октенидина помещались во внутренний объем липосомы. В ходе МД расчета длительностью 10 мкс показано встраивание всех молекул биоцида в липидный монослой и их равномерное распределение в нем.

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

Литература.

1. Marrink S.J., Risselada H.J., Yefimov S., Tieleman D.P., De Vries A.H. The MARTINI force field: coarse grained model for biomolecular simulations. *J. Phys. Chem. B.* V. 111, № 27, 2007. P. 7812-24.
2. Kholina E.G., Kovalenko I.B., Bozdaganyan M.E., Strakhovskaya M.G., Orekhov P.S. Cationic antiseptics facilitate pore formation in model bacterial membranes // *J. Phys. Chem. B.* V. 124, № 39, 2020. P. 8593-600.

ОПТИМИЗАЦИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПИГМЕНТ-БЕЛКОВЫХ КОМПЛЕКСОВ

Чесалин Д.Д., Курков В.А.¹, Шкирина У.А.², Пищальников Р.Ю.

Институт общей физики А.М. Прохорова Российской академии наук, Россия, 119991, г. Москва, ул. Вавилова, 38, genoa-and-pittsburgh@mail.ru

¹Московский физико-технический институт, Россия, 141701, г. Долгопрудный,
Институтский пр., 9

²МГУ им М.В. Ломоносова, Механико-математический факультет, Россия, 119991,
Ленинские горы, 1

Численное моделирование в прикладных науках (физика, химия, биология и т.д.) необходимо в случае, когда поставленная задача не может быть решена аналитическим путем. Пигмент-белковые комплексы фотосинтетических организмов, состоящие из множества молекул, являются одним из демонстративных примеров успешного применения численного моделирования и многопараметрической оптимизации. Тем не менее, продемонстрировать эффективность работы оптимизационных алгоритмов можно на более простом примере – расчет спектров поглощения каротиноидов в органических растворителях. Каротиноиды – биологические пигменты, входящие в состав пигмент-белковых комплексов. Для расчета оптического отклика каротиноидов необходимо использовать полуклассическую квантовую теорию, основанную на применении модели многомодовых броуновских осцилляторов, в которой бесконечный набор колебательных состояний молекулы аппроксимируется конечным набором вибронных мод. За основу моделирования был взят алгоритм дифференциальной эволюции, предназначенных для нахождения глобального минимума нелинейных и недифференцируемых функций от многих переменных [1]. Функцией для минимизации была выбрана функция, характеризующая несоответствие экспериментального и смоделированного спектра. Ее преимущество состоит в том, что ее нижняя граница всегда равна нулю. В случае экспериментальных данных она может быть недостижима, но при замене экспериментального спектра на синтетический полученный ноль будет свидетельствовать о полном совпадении спектров. В результате можно узнать информацию о структуре и собственных колебаниях молекулы, которую невозможно получить экспериментальным путем. Найденные параметры модели можно использовать для нахождения микропараметров среды, моделирующих взаимодействие ансамбля молекул между собой.

Литература

- Chesalin, D.D.; Kulikov, E.A.; Yaroshevich, I.A.; Maksimov, E.G.; Selishcheva, A.A.; Pishchalnikov, R.Y. Differential evolution reveals the effect of polar and nonpolar solvents on carotenoids: A case study of astaxanthin optical response modeling // Swarm and Evolutionary Computation том 75, 2022, 101210, doi:10.1016/j.swevo.2022.101210.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЕЩЕСТВ, РЕГУЛИРУЮЩИХ ДИНАМИКУ
МИКРОТРУБОЧЕК, НА КОНФОРМАЦИОННУЮ ПОДВИЖНОСТЬ
ПРОТОФИЛАМЕНТОВ ТУБУЛИНА**

Шубина А.И., Холина Е.Г., Федоров В.А., Коваленко И.Б.

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

Микротрубочки состоят из гетеродимеров альфа и бета тубулина и растут от центросомы в сторону периферии клетки путем присоединения свободных гетеродимеров тубулина на их плюс-конце. Именно микротрубочки отвечают за определение полярности клетки, за регуляцию митоза и мейоза, а также за внутриклеточный транспорт. Важной особенностью микротрубочек является динамическая нестабильность – способность спонтанно переключаться между состояниями полимеризации и деполимеризации, благодаря которой они осуществляют свои функции, например, сегрегацию хромосом при делении клетки [1].

Известно, что регуляторные соединения и белки воздействуют на рост микротрубочек, но конкретные молекулярные механизмы такого влияния до сих пор не установлены. Целью работы является изучение действия ингибиторов (таксола, статмина, кинезина 13 и TOG-домена) на динамику микротрубочек.

Установление механизмов взаимодействия ингибитора с микротрубочкой на молекулярном уровне – сложная с точки зрения экспериментальных подходов задача. Однако, такую задачу возможно решить методами молекулярного моделирования. Для выявления различий в динамике свободных тетramerов тубулина и тетramerов, связанных с регуляторными белками, в работе использовали метод полноатомной молекулярной динамики, позволяющий оценивать конформационные изменения с течением времени [2].

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-74-00007, <https://tscf.ru/project/23-74-00007/>

Литература.

1. Gudimchuk Nikita B., Richard McIntosh J. Regulation of microtubule dynamics, mechanics and function through the growing tip. *Nature Reviews Molecular Cell Biology*. — 2021. — Vol. 22. — P. 777–795.
2. Fedorov Vladimir A. et al. Mechanical properties of tubulin intra- and inter-dimer interfaces and their implications for microtubule dynamic instability. *PLoS Computational Biology*. — 2019. — Vol. 15, no. 8. — P. e1007327.

О ДВИЖЕНИИ КИНКОВ С НЕНУЛЕВОЙ НАЧАЛЬНОЙ СКОРОСТЬЮ В ПЛАЗМИДЕ pPF1

Л.В. Якушевич¹, Л.А. Краснобаева^{2,3}

¹Институт биофизики клетки Российской академии наук – обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Федеральный исследовательский центр «Пущинский научный центр биологических исследований Российской академии наук», Московская обл., г. Пущино, Россия

142290, Институтская ул. 3, Тел.: (466)7739252, e-mail: kind-@mail.ru

²Сибирский государственный медицинский университет (СибГМУ), Томск, Россия
634050, Московский тракт, 2, Тел.: (3822)901101,

³Томский государственный университет, Томск, Россия, 634050, пр. Ленина 36,
Тел.: (3822)529021, e-mail: kla1983@mail.ru

В настоящей работе представлены результаты расчетов траекторий движения кинков в плазмиде pPF1. В отличие от других работ этого направления мы рассмотрели случай ненулевой начальной скорости. Для построения траекторий была использована математическая модель Гриневича и соавторов [1], созданная для имитации движения транскрипционных пузырей, образующихся в результате взаимодействия РНК полимеразы с промоторами ДНК в начальной стадии процесса транскрипции. В рамках этой модели движение транскрипционных пузырей вдоль двойной спирали ДНК рассматривается как движение квазичастиц – кинков, в потенциальном поле ДНК. Модель учитывает не только эффекты диссипации, но и влияние постоянного торсионного момента ДНК.

В работе представлен энергетический профиль потенциального поля плазмиды pPF1, последовательность которой включает гены красного и зеленого флуоресцентных белков. При проведении расчетов предполагалось, что начальное положение кинка находится в центре самой узкой и глубокой ямы в энергетическом профиле. Направление движения задавалось в сторону самого высокого барьера.

Мы рассчитали пороговое значение торсионного момента, необходимое для преодоления этого барьера $M_{0,crit,right} = 4,95 \times 10^{-22}$ Дж. Для исследования динамики движения кинка были выбрано два значения торсионного момента $M_{0,1} = 2,50 \times 10^{-22}$ Дж $< M_{0,crit,right}$ и $M_{0,2} = 6,50 \times 10^{-22}$ Дж $> M_{0,crit,right}$. Для этих значений построены фазовые траектории в плоскости $\{v, z\}$ и 3D траектории, рассчитанные при условии ненулевой начальной скорости кинка ($v_0 = 50$ м/с), а также проведен сравнительный анализ полученных траекторий с траекториями, рассчитанными для случая нулевой начальной скорости кинка ($v_0 = 0$).

Литература.

1. Grinevich A.A., Masulis I.S., Yakushevich L.V. Mathematical Modeling of Transcription Bubble Behavior in the pPF1 Plasmid and its Modified Versions: The Link between the Plasmid Energy Profile and the Direction of Transcription // Biophysics. 2021. P. 209–217.

THE OMG APPROACH: A USER-FRIENDLY MOLECULAR SIMULATION TOOL FOR MEMBRANE DYNAMICS

Bozdaganyan M., Orekhov P., Yang A.

Shenzhen MSU-BIT University, 1 International University Garden Road, Dayun New City, Longgang District, Shenzhen City, Guangdong Province, 518172, China
+86-15816878293, m.bozdaganyan@gmail.com

The simulation of membrane systems poses a significant challenge due to the intricate structure of mixed lipid bilayers and the dynamic nature of molecular-lipid interactions. To address this, we introduce a novel molecular simulation tool, the OpenMM-Google Colab set (OMG), which combines OpenMM and Google Colab. This integration enables seamless molecular simulations and collaborative data analysis, eliminating the need for extensive expertise in the field. Using the OMG tool, we investigate the potential of mean force (PMF) between the skin cell membrane and different hydrophilic, hydrophobic, and neutral beads, represented using the MARTINI notation. By equilibrating the membrane at 310 K for 0.5 microseconds, we explore the molecular behavior within the system. Additionally, we estimate the logarithm of the partition coefficient ($\log K_p$) by adopting an approach similar to [1]. Expanding our analysis, we calculate PMFs and $\log K_p$ values for selected compounds sourced from the CPE DB [2]. Our findings demonstrate the capability of the OMG tool in accurately predicting the permeability of Martini singular bead and dimer beads within a membrane comprising ceramide, cholesterol, and free fatty acid in a 1:1:1 ratio. These results align remarkably well with experimental data, exhibiting a high R-square value of 0.8. This research holds immense promise as a valuable resource for the development and screening of chemical compounds intended for transdermal drug delivery. By offering a user-friendly platform for membrane simulation, the OMG tool has the potential to revolutionize the field of membrane dynamics research.

References.

1. Hoffmann, C., Centi, A., Menichetti, R. et al. Molecular dynamics trajectories for 630 coarse-grained drug-membrane permeations. // Sci Data 7, 51 (2020).
2. Vasyuchenko, E. P., Orekhov, P. S., Armeev, G. A. & Bozdaganyan, M. E. CPE-DB: An Open Database of Chemical Penetration Enhancers. // Pharmaceutics 13, 66 (2021).

A THERMODYNAMIC MODEL FOR THE FORMATION OF PROTEIN AGGREGATES ON A MATRIX

Vasilenko E.O.¹², Kozin S.A.¹, Mitkevich V.A.¹, Buchelnikov A.S.³, Nechipurenko Y.D.¹³

¹Engelhardt Institute of Molecular Biology,

119991, Moscow, Vavilov str., 32, nech99@mail.ru

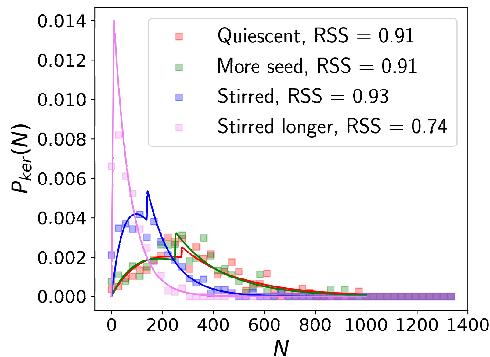
²Moscow Institute of Physics and Technology,

117303, Moscow, Kerchenskaya str., 1A, c. 1, vasilenko.eo@phystech.edu

³Sevastopol State University,

299053, Sevastopol, Universitetskaya str., 33, tolybas@rambler.ru

The development of many neurodegenerative diseases is associated with the formation of pathological protein aggregates. In some cases, these aggregates can be formed by multilayer adsorption of ligands on a matrix, for example, the set of membrane protein receptors. The paper proposes a thermodynamic model describing the formation of linear aggregates in which ligands can be stacked. The cases when these stacks consist of complexes of one or two different types are considered. The developed model can be applied to the study of pathological aggregation of proteins of different nature, primarily beta-amyloid and its isoforms. The mean, variance and entropy of the theoretical distributions of aggregate sizes are calculated. A comparison with other theoretical models of the formation of amyloid aggregates is made.



S3/W3

MЕДИЦИНСКАЯ И
РАДИАЦИОННАЯ БИОФИЗИКА

MEDICAL AND RADIATIONAL
BIOPHYSICS

Руководители:

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

**ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЯ СИНАПТИЧЕСКОГО СОДЕРЖАНИЯ
МЕДИАТОРА НА ПРИМЕРЕ МОДЕЛИ ИЗОЛИРОВАННОГО
ГЛИЦИНЕРГИЧЕСКОГО СИНАПСА**

Агентова В.С., Нарциссов Я.Р.

НИИ цитохимии и молекулярной фармакологии, Россия, 115404, Москва, ул.б-ая
Радиальная, д.24, стр.14, +7 (495) 327-49-87, yarosl@biotic.dol.ru

Группа биомедицинских исследований, БиДиФарма ГмбХ, Зик, Германия

Глицинергический синапс представляет собой одну из основных структурных единиц, обеспечивающих торможение в нейронах центральной нервной системы млекопитающих. Несмотря на то, что данный нейромедиатор уступает по амплитуде и выраженности ингибирующего эффекта гамма-аминомасляной кислоте (ГАМК), именно глицин осуществляет тонкую настройку пластическую регуляцию нейронов в условиях физиологического изменения состояния возбудимой мембранны при прохождении нервных импульсов.

С использованием предложенной ранее модели изолированного синапса в COMSOL Multiphysics было получено пространственно-временное распределение концентрации нейромедиатора в синаптической щели в различные моменты после выброса из везикул от пресинаптической мембранны.

Было показано, что геометрические параметры локализации выброса наряду с локализацией рецепторов на постсинаптической мемbrane оказывают влияние на процесс передачи импульса в глицинергическом синапсе.

Литература

1. Nartsissov, Y.R.; Ivontsin, L.A. Mathematical Modelling of Physiological Effects Caused by a Glycine Receptors Post-Synaptic Density Spatial Polymorphism. Mathematics 2023, 11, doi:10.3390/math11112499.
2. Nartsissov Y.R. A novel algorithm of the digital nervous tissue phantom creation based on 3D Voronoi diagram application. J. Phys. 2021.
3. 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 2023, 2872, 120003, doi:<https://doi.org/10.1063/5.0162989>.

**КИНЕТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ РЕПАРАЦИИ
ДВУНИТЕВЫХ РАЗРЫВОВ ДНК В КЛЕТКАХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ И
ЧЕЛОВЕКА В G1 И РАННЕЙ S ФАЗАХ КЛЕТОЧНОГО ЦИКЛА**

Васильева М.А.¹, Бугай А.Н.^{1,2}, Душанов Э.Б.^{1,2}, Пархоменко А.Ю.¹

¹Лаборатория радиационной биологии, ОИЯИ, г.Дубна, Россия, mal2008@jinr.ru

²Кафедра биофизики, Государственный университет «Дубна», г.Дубна, Россия

Двунитевые разрывы ДНК являются наиболее критичным для существования клетки типом повреждений, индуцируемым ионизирующим излучением [1]. При неправильном восстановлении двунитевые разрывы ДНК могут приводить к индукции структурных генных мутаций, хромосомных аберраций и возможной инициации злокачественной трансформации клеток или гибели клеток в целом.

В работе представлены результаты кинетического моделирования репарации двунитевых разрывов ДНК, индуцированных тяжелыми заряженными частицами, в клетках млекопитающих и человека. В модели рассмотрены основные механизмы восстановления двунитевых разрывов ДНК в G1 фазе клеточного цикла: негомологичное соединение концов (NHEJ) [2] и микрогоомологичное соединение концов (MMEJ). Выбор определяющего пути репарации зависит от сложности двунитевого разрыва ДНК [3]. Модель описывает взаимодействие ряда белков, участвующих в репарации двунитевых разрывов ДНК, в соответствии с законом действующих масс и кинетическими уравнениями Михаэлиса-Ментена. Для апробации модели были использованы экспериментальные данные по кинетике репарации двунитевых разрывов. Показано, что модель корректно описывает временную динамику репарации двунитевых разрывов ДНК в клетках млекопитающих и человека при действии тяжелых ионов.

Литература.

1. Jackson S.P., Bartek J. The DNA-damage response in human biology and disease // *Nature*. Vol. 461. 2009. p. 1071–1078.
2. Васильева М.А., Бугай А.Н., Душанов Э.Б. Моделирование репарации повреждений ДНК, индуцированных тяжелыми ионами в клетках млекопитающих // *Актуальные вопросы биологической физики и химии*. т. 7, № 4. 2022, с. 557 – 564.
3. Danforth J.M., Provencher L. and Goodarzi A.A. Chromatin and the Cellular Response to Particle Radiation-Induced Oxidative and Clustered DNA Damage // *Front. Cell Dev. Biol.* Vol. 10. 2022.

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ РАДИАЦИОННО-ИНДУЦИРОВАННОГО ДЕФИЦИТА НОВООБРАЗОВАННЫХ НЕЙРОНОВ НА ПОВЕДЕНИЕ МЫШЕЙ

Глебов А.А., Колесникова Е.А., Бугай А.Н.

Объединённый институт ядерных исследований, Россия, 141980, г. Дубна, ул.

Жолио-Кюри, д. 6, E-mail: glebov.ath@gmail.com

Облучение зубчатой извилины гиппокампа рентгеновским излучением может привести к нарушениям памяти, обучения и увеличению рисков развития деменции [1]. Гиппокампозависимое нарушение памяти и обучения обусловлено нарушением процесса нейрогенеза в результате которого из нервных стволовых клеток образуются новые нейроны, участвующие в процессах консолидации памяти [2]. Ожидается, что моделирование нарушения нейрогенеза поможет в предсказании рисков развития когнитивных нарушений, связанных с облучением.

Мы используем разработанную нами математическую модель нейрогенеза для расчёта влияния рентгеновского излучения на численность зрелых нейронов [3]. Результаты моделирования сопоставлялась с экспериментальными работами по нарушению гиппокампозависимого поведения у лабораторных мышей C57BL/6J. В результате, выявлены закономерности возникновения когнитивных нарушений в зависимости от мощности дозы и дефицита зрелых нейронов. Анализ показал, что при мощности дозы менее 1 Гр/мин у молодых мышей численность зрелых нейронов соответствует контрольному при поглощенной дозе 2 Гр [4]. При этом, дефицит зрелых нейронов у молодых мышей при мощности дозы более 1 Гр/мин составляет от 5 до 20% для поглощённых доз 2, 5 и 10 Гр, что приводит к ухудшению когнитивных способностей [5].

Литература.

1. Crossen J. R., Garwood D., Glatstein E., Neuwelt E. A. Neurobehavioral sequelae of cranial irradiation in adults: a review of radiation-induced encephalopathy // Journal of Clinical Oncology. V. **12**, No. 3, 1994. Pp. 627–642.
2. Kempermann G. What is adult hippocampal neurogenesis good for? // Frontiers in Neuroscience. V. **16**, 2022. Pp. 852680.
3. Glebov A. A., Kolesnikova E. A., Bugai A. N. Mathematical model of a radiation-induced neurogenesis impairment // Physics of Particles and Nuclei Letters. V. **19**, No. 4, 2022. Pp. 422-433.
4. Casciati A. et al. Age-related effects of X-ray irradiation on mouse hippocampus // Oncotarget. V. **7**, No. 19, 2016. Pp. 28040.
5. Rola R. et al. Radiation-induced impairment of hippocampal neurogenesis is associated with cognitive deficits in young mice // Experimental neurology. V. **188**, No. 2, 2004. Pp. 316-330.

**МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА И МОДЕЛИРОВАНИЯ
РИТМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЕ
ЧЕЛОВЕКА И ИХ НАРУШЕНИЙ ПРИ САХАРНОМ ДИАБЕТЕ 2 ТИПА**

Гриневич А.А., Тихонова И.В., Гусева И.Е.¹, Танканаг А.В., Чемерис Н.К.

Институт биофизики клетки Российской академии наук - обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Федеральный исследовательский центр «Пущинский научный центр биологических исследований Российской академии наук», Россия, 142290, Пущино, ул. Институтская, д. 3. Тел./факс: (4967) 33-05-09. E-mail: grin_aa@mail.ru.

¹Больница Пущинского научного центра Российской академии наук, Россия, 142290, Пущино, ул. Институтская, д. 1.

Ритмичность процессов в сердечно-сосудистой системе (ССС) человека отражает работу механизмов динамической регуляции кровотока. Взаимосвязи между механизмами координируют нормальное функционирование и адаптацию ССС к изменяющимся условиям. Нарушения регуляции приводят к патофизиологическим состояниям, вызванным, например, сахарным диабетом 2 типа (СД2Т). Математические методы анализа и моделирования ритмических процессов в ССС важны для понимания работы регуляторных механизмов и используются для ранней диагностики сосудистых нарушений.

У здоровых добровольцев и больных СД2Т измерялись и анализировались следующие физиологические сигналы: электрокардиограмма, фотоплетизмограмма, скорость кожного кровотока, пневмограмма. Вычислялись: вариабельность сердечного ритма, время прохождения пульсовой волны, динамика кровенаполнения мягких тканей конечностей, фазовые взаимосвязи между сигналами и корреляционные взаимосвязи между спектральными компонентами, а также дискриминационная мощность оцениваемых параметров. Использовались такие математические методы как: вейвлет-анализ, преобразования Гильберта и Гильберта-Хуанга, метод фазовой вейвлет-коррентности, корреляционный анализ, ROC-анализ, математическое моделирование.

Были показаны: нарушение респираторной регуляции периферического кровотока нижних конечностей у больных в ответ на локальный нагрев; высокая дискриминационная мощность параметров корреляционных взаимосвязей; особенности когерентной широкополосной модуляции кардиоритма в динамике пульсового кровенаполнения мягких тканей конечностей; спектральные особенности вариабельности времени прохождения пульсовой волны; динамическая связь между низкочастотными колебаниями периферического кровотока и работой сердца и демодулирующие свойства ССС. Использованные методы анализа и моделирования колебательных процессов позволяют расширить понимание работы регуляторных механизмов в ССС в норме и при патологии и ее функциональных ответов на различные воздействия.

Часть исследований выполнены при финансовой поддержке Российской научного фонда (грант № 22-15-00215).

РЕСВЕРАТРОЛ ПОВЫШАЕТ УСТОЙЧИВОСТЬ ОРГАНИЗМА К СТРЕССОВЫМ ВОЗДЕЙСТВИЯМ

Жигачева И.В., Крикунова Н.И., Миль Е.М

ФГБУН Институт биохимической физики им. Н.М. Эмануэля РАН, Россия, 119334 г.

Москва, ул. Косыгина, 4, тел: +7(495)939-74-09, факс: +7(499)137-41-01

e-mail: zhigacheva@mail.ru

Ресвератрол (3,5,4'-тригидрокси-транс-стильбен) представляет собой полифенольное соединение со структурой стильбена. Он обладает антиоксидантными и противовоспалительными свойствами. Основной мишенью для ресвератрола (РВ) являются митохондрии. Точный механизм влияния РВ на функциональное состояние митохондрий пока не известен. Поэтому целью исследования было изучение влияния ресвератрола на функциональное состояние митохондрий печени в условиях стресса.

Используя модель «старения» митохондрий (инкубация митохондрий в гипотонической солевой среде при комнатной температуре) изучали влияние различных концентраций РВ на интенсивность ПОЛ. «Старение» митохондрий печени приводило к активации ПОЛ в мембранных митохондрий. При этом интенсивность флуоресценции продуктов ПОЛ в мембранных митохондрий возрастала в 2-3 раза. Введение РВ в среду инкубации снижало интенсивность флуоресценции продуктов ПОЛ и имело дозовую зависимость. РВ в концентрационном интервале от 10^{-5} - 10^{-14} М снижал интенсивность флуоресценции продуктов ПОЛ почти до контрольных значений, что, вероятно, могло свидетельствовать о том, что препарат обладает антистрессовыми свойствами, наличие которых исследовали используя модели острой гипобарической гипоксии (ОГГ).

ОГГ также приводила к 1,5-3-кратному увеличению интенсивности флуоресценции продуктов ПОЛ в мембранных митохондрий печени мышей.

При этом активация ПОЛ сопровождалась набуханием митохондрий и изменениями в содержании C_{18} и C_{20-22} жирных кислот (ЖК) в составе общей липидной фракции мембранных митохондрий. Индекс ненасыщенности C_{18} ЖК снижался на 7,5%. При этом соотношение между $(20:3\omega 6+20:5\omega 3)/22:6\omega 3$ ЖК в условиях ОГГ уменьшалось с $0,23\pm 0,02$ до $0,13\pm 0,01$, что свидетельствовало о снижении метаболизма в эйказаноидном цикле.

Введение животным в течение 5 дней 2×10^{-5} моль/кг ресвератрола предотвращало изменения ЖК состава, активацию ПОЛ и набухание митохондрий, что отразилось на физиологических показателях: РВ в 2,0-2,5 раза увеличивал продолжительность жизни и на 10-15% повышал выживаемость мышей в условиях различных видов гипоксии.

Предполагается, что адаптогенные свойства ресвератрола могут быть обусловлены предотвращением перекисного окисления липидов в мембранных митохондрий, что, вероятно, влияло на функциональное состояние этих органелл, способствуя сохранению энергетического метаболизма клетки в условиях стресса.

ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ОПИСАНИЕ 3D МОДЕЛИ ГЛУТАМАТЕРГИЧЕСКОГО СИНАПСА

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

Глутаматергическая нейропередача играет важную роль в формировании синаптической пластичности, определяющей сознание, память и обучение. Повышенный (эксайтотоксический) уровень внеклеточного глутамата сопровождает многие нейродегенеративные заболевания и черепно-мозговые травмы.

На основе предложенной ранее модели изолированного синапса [1, 2] в COMSOL Multiphysics была построена модель изолированного глутаматергического синапса, в которой пресинаптическое окончание нейрона обладает геометрически выверенной системой локализации везикул на мембране с вероятными местами выброса нейромедиатора в соответствии с экспериментальными структурными данными [3].

В соответствии с построенной моделью были определены функциональные параметры выброса глутамата в синаптическое пространство из разного количества везикул при различной их локализации, и конвекционная диффузия нейромедиатора в область интерстиции с его обратным захватом глутаматными переносчиками. Показано, что периферический выброс глутамата из малого числа везикул формирует существенно меньшую амплитуду концентрации нейромедиатора в области локализации рецепторов, по сравнению с центральной локализацией выброса. Кроме того, на концентрацию нейромедиатора вблизи рецепторов оказывает влияние количество глутаматных переносчиков в описываемой системе.

Результаты моделирования позволяют более детально описать изменение концентрации глутамата в процессе функционирования синаптического контакта и предсказать возможные причины развития эксайтотоксичности.

Литература.

1. Nartsissov Y.R. A novel algorithm of the digital nervous tissue phantom creation based on 3D Voronoi diagram application // *Journal of Physics: Conference Series* **2090**, 012009, 2021.
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. 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.

**ЗАДАЧА ОБОБЩЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ
ФАРМАКОКИНЕТИКИ-ФАРМАКОДИНАМИКИ ДЛЯ ЛЕКАРСТВЕННЫХ
ПРЕПАРАТОВ АНТИ-PD-1.**

Киреев Б.В., Никитич А.Н.¹

Сеченовский Университет, ф-т Передовая инженерная школа «Интеллектуальные системы терапии», каф. Механики и математического моделирования Россия, 119048, Москва, ул. Трубецкая, д.8,
Email: matmod@staff.sechenov.ru

¹Сеченовский Университет, Научно-образовательный центр математического моделирования лекарственных средств, Россия, 119048, Москва, ул. Трубецкая, д.8.

Иммунотерапия ингибиторами контрольных точек аPD-1/а-PD-L1 эффективно применяется для опухолей, резистентных к другим видам лечения. Блокирование взаимодействия PD-1 с PD-L1 позволяет избежать иммуносупрессорных реакций в Т-клетках. Применение обобщенных математических моделей - хороший инструмент выбора минимальной эффективной дозы на ранних стадиях клинических испытаний.

Математическая модель представляет собой систему обыкновенных дифференциальных уравнений. Модель включает в себя 5 компартментов: периферический, центральный, сосуды, эндосомальное пространство, интерстициальное пространство. Антитело аPD-1 связывается со своим лигандом PD-L1 в центральном компартменте и в интерстициальном пространстве опухоли. Для обобщаемого препарата (Nivolumab) параметры связывания были взяты из литературных источников [1]. Остальные параметры определялись с помощью концентрационного профиля Nivolumab.

В качестве обобщающей модели была выбрана математическая модель Lindauer et al [2] для антитела аPD-1 (Pembrolizumab). Модель описывает экспериментальные данные аPD-1 (Nivolumab) занятых рецепторов в плазме.

С помощью модели проведен анализ зависимости Kd от RO. Даже на небольшом количестве данных кривую можно охарактеризовать, как линейную зависимость.

Обобщена математическая модель Lindauer et al [2] аPD-1 антитела. Данная модель описывает RO в плазме препарата Nivolumab и может быть применена для других аPD-1 антител.

Литература

1. Brown M. E. et al. Assessing the binding properties of the anti-PD-1 antibody landscape using label-free biosensors // *PLoS One*. Т. 15. №. 3. 2020. Стр. e0229206.
2. Lindauer A. et al. Translational pharmacokinetic/pharmacodynamic modeling of tumor growth inhibition supports dose-range selection of the anti-PD-1 antibody pembrolizumab // *CPT: pharmacometrics & systems pharmacology*. Т. 6. №. 1. 2017. Стр. 11-20.

ИЗМЕНЕНИЕ РЕАКТИВНОСТИ СОСУДОВ ГОЛОВНОГО МОЗГА ЧЕЛОВЕКА ПОСЛЕ СУБЛИНГВАЛЬНОГО ПРИЕМА ГЛИЦИНА

Машковцева Е.В.¹, Рудникова Н.А.², Копылова В.С., Нарциссов Я.Р.³

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

Радиальная, д. 24, стр. 14, Тел.: +7 (495) 327-49-87, Email: icmph@yandex.ru

¹ФГАОУ ВО "Российский Национальный Исследовательский Медицинский Университет им. Н.И. Пирогова" МЗ РФ, Россия, Москва, улица Островитянова, 1, стр.7. Тел.: +7 (495) 434-22-66. E-mail: mashkovtseva_ev@rsmu.ru

²Академия постдипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА, Россия, 125371, Москва, Волоколамское ш., 91, Тел.: +7 (495) 617-10-50

³Группа биомедицинских исследований, БиДиФарма ГмбХ, Германия, Зик, 22962, Бюльтбек, 5. Email: yn_brg@icmph.org

Важным показателем адаптационных возможностей организма является реактивность сосудов головного мозга – изменение калибра в ответ на изменяющиеся условия функционирования для оптимизации поступления кислорода и питательных веществ в головной мозг. Низкий уровень реактивности коррелирует с тяжестью сердечно-сосудистых нарушений и последний острой ишемии головного мозга, а его оценка у практически здоровых людей позволяет косвенно оценить адаптивность центральной нервной системы в неблагоприятных условиях.

Сублингвальный прием аминокислоты глицина оказывает выраженный терапевтический эффект на вегетативную нервную систему, способствует коррекции сосудистых нарушений, обладает когнитивным действием. Будучи одной из самых распространенных в организме заменимых аминокислот, в нервной системе глицин взаимодействует как с тормозными глициновыми, так и с возбуждающими NMDA-рецепторами. Экспериментально показано, что непосредственное воздействие раствора глицина на артериолы приводит к их дилатации. Все это позволяет предполагать участие глицина в формировании реактивности сосудов головного мозга, однако непосредственной оценки его влияния не проводилось.

В описываемом исследовании 30 здоровым добровольцам была выполнена транскраниальная допплерография средних мозговых артерий (СМА) с использованием ультразвукового сканера Mindray DC-80. Оценивались линейная систолическая и диастолическая скорость кровотока, индексы резистентности и пульсации. Реактивность сосудов головного мозга изучалась на фоне сублингвального приема 1 г глицина или плацебо, а также с помощью гиперкапнической пробы (произвольная задержка дыхания) до и после приема.

После 30 дней сублингвального приема терапевтических доз глицина линейные скорости кровотока в левой и правой СМА достоверно увеличились в исследуемой группе ($p<0,005$), а в группе плацебо не изменились. Медиана прироста скорости при гиперкапнической пробе составила 33,73 [23,42; 49,89] см/с, при этом после приема 1 г глицина увеличение было более выражено, чем в группе контроля ($p=0,09$ слева и $p=0,005$ справа). Полученные результаты подтверждают влияние глицина на реактивность сосудов головного мозга.

РОЛЬ СТОХАСТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В КОЛЕБАНИЯХ КОНЦЕНТРАЦИИ КАЛЬЦИЯ В ТРОМБОЦИТАХ

Молоткова Е.А., Атауллаханов Ф.И.¹, Балабин Ф.А.

Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова, Физический ф-т, каф. Биофизики, Россия, 119991, г. Москва, ул. Ленинские горы, дом 1, строение 2, тел.: +7 495 939-31-60, факс: +7 495 932-88-20, E-mail: molotkova.ea19@physics.msu.ru

¹Центр теоретических проблем физико-химической фармакологии РАН, 119991, Москва, ул. Косыгина, 4, тел.: (495) 938-25-33, факс: (495) 938-25-33, E-mail: ria2001@mail.ru

Тромбоцит – безядерная клетка крови, способная активироваться. Активация тромбоцитов играет ключевую роль в остановке артериальных кровотечений и тромбообразовании. В процессе активации кальций играет роль универсального мессенджера, его концентрация тромбоците может увеличиться от десятков нМ до величин порядка мкМ и резко изменяться, образуя характерные осцилляции.

Реакции тромбоцита на внешние стимулы разнообразны, поэтому можно предположить, что осцилляции концентрации ионов кальция ($[Ca^{2+}]$) в клетке “кодируют” характер клеточного ответа. Декодирование колебаний $[Ca^{2+}]$ затруднено тем, что в них существует явная стохастическая составляющая. Стохастичность осцилляций неизбежна, так как тромбоцит – клетка малого размера, порядка микрометра, поэтому в его цитозоле может быть всего несколько десятков свободных ионов кальция при характерной концентрации в 10 нМ.

Существуют различные детерминированные модели, в которых осцилляции $[Ca^{2+}]$ генерируются предельным циклом. Такие модели не способны воссоздать разнообразие картин осцилляций, характерных для тромбоцитов, поэтому необходимо построение стохастических моделей.

Целью настоящей работы является определения механизмов влияния стохастичности на осцилляции $[Ca^{2+}]$. Исследование проводится с помощью стохастического моделирования методом Гиллеспи и сравнения с экспериментальными данными [1].

Анализ поведения стохастической модели показал, что в системе может наблюдать ся иной механизм генерации импульсов, отличный от предельного цикла, описывающий экспериментальные данные. Возможен особый “ждущий режим”, реализующий вместо периодических колебаний одиночные импульсы. Дальнейшие исследования помогут понять закономерности возникновения клеточного ответа в тромбоците человека.

Литература.

1. Shepeluk T.O., Masaltseva A.A., Nechipurenko D.Y., Ataullakhanov F.I., Grishchuk E.L. Dense Granules Are Released Cooperatively in Activated Platelets [abstract] // Res Pract Thromb Haemost. 2021; 5 (Suppl 2).

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ НЕОДНОРОДНОСТЬ БИОЛОГИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА ГРАДИЕНТЫ КОНЦЕНТРАЦИИ МЕТАБОЛИТОВ

Нарциссов Я.Р.

НИИ цитохимии и молекулярной фармакологии

Характерной особенностью физико-химических процессов, происходящих в биологических объектах, является их зависимость не только от времени, но и от координаты пространства. В подобной ситуации явления описываются в рамках подходов биофизики сложных распределенных систем. Для целей моделирования подобных процессов были разработаны алгоритмы создания 3D цифровых фантомов, позволяющих исследовать распределенные системы с учетом биологически значимых особенностей геометрии изучаемой системы. Разработаны новые подходы, позволяющие количественно оценивать нестационарные градиенты метаболитов с использованием мультифизических подходов в рамках применения пакета COMSOL Multiphysics, а также упрощенных методик, обладающих преимуществом перед классическими численными методами в ряде случаев.

В ходе изучения различных примеров процессов реакции-диффузии с учетом конвекции удалось установить, что особенности геометрии биологического объекта оказывают существенно влияние не только на количественную амплитуду эффекта, но на качественную реакцию биологической системы на внешнее воздействие. Данный эффект проявляется на различных уровнях организации живых систем и может рассматриваться как одно из фундаментальных свойств проявления физических закономерностей при рассмотрении биологических объектов.

Литература.

1. Nartsissov, Y.R.; Ivontsin, L.A. Mathematical Modelling of Physiological Effects Caused by a Glycine Receptors Post-Synaptic Density Spatial Polymorphism. Mathematics 2023, 11, doi:10.3390/math1112499.
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 2022, 13, doi:10.3389/fphys.2022.843473.
3. 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 2021, 413, 19–28, doi:10.4028/www.scientific.net/DDF.413.19.
4. Nartsissov Y.R. A novel algorithm of the digital nervous tissue phantom creation based on 3D Voronoi diagram application. J. Phys. 2021.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОДХОДОВ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ИММУННОГО ОТВЕТА ПРИ LCMV ИНФЕКЦИИ.

Никитич А.А.^{1,2}, Песков К.В.^{1,2,3}, Бочаров Г.А.^{1,2,4}

¹ Первый МГМУ им. И.М.Сеченова, Центр математического моделирования в разработке лекарств, Российская Федерация, 119019, Москва, Никитский бульвар, д. 13, стр. 1, Тел.: +7264486981, E-mail: an.nikitich@mail.ru

² Modeling and Simulation Decisions LLC, Дубай, ОАЭ

³ Институт вычислительной математики РАН имени Г. И. Марчука,

⁴Отделение Московского центра фундаментальной и прикладной математики в ИВМ РАН, Российская Федерация, 119333, Москва, ул. Губкина, 8

Иммунный ответ на вирусы – широко изучаемый частный случай иммунного ответа. Если рассматривать реакцию иммунитета на нецитопатические вирусы, то такая модель является хорошим объектом для изучения фундаментальных процессов работы иммунной системы. Математическое моделирование инфекционных заболеваний мышей – важная составляющая качественного и количественного анализа данных, полученных в экспериментах с заражением животных вирусами, и может быть применено для изучения биологического объекта.

Цель данной работы: построение механистической математической модели, которая описывает иммунный ответ на экспериментальную вирусную инфекцию LCMV и ее использование для изучения особенностей иммунных реакций и течения заболеваний.

Математическая модель представляет собой систему дифференциальных уравнений с запаздывающим аргументом. Модель описывает основные процессы заражения клеток селезенки вирусом LCMV, активации клеток-прекурсоров цитотоксических Т лимфоцитов и их дифференцировку в клетки-киллеры. Часть параметров модели были взяты из литературных данных, некоторые были зафиксированы на середине физиологических интервалов. Остальные параметры модели были верифицированы относительно экспериментальных данных по кинетике цитотоксических Т лимфоцитов и вируса в ответ на введение вируса в кровь экспериментального животного с использованием алгоритмов программы Monolix 2020 (Monolix documentation – LIXOFT, www.monolix.lixoft.com).

На основании базовой модели [1] была разработана дополненная модель иммунного ответа на LCMV инфекцию. Модель верифицирована и описывает экспериментальные данные. Модель проверена на независимых экспериментальных данных. Данная математическая модель может быть применена для проведения численных экспериментов по заражению экспериментальных животных различными штаммами LCMV и исследования фундаментальных вопросов иммунологии.

Работа БГА поддержана МНиВО РФ (соглашение № 075-15-2022-286).

Литература.

1. G. A. Bocharov, Modelling the dynamics of LCMV infection in mice: conventional and exhaustive CTL responses, J Theor Biol. 1998 Jun 7;192(3):283-308.

ПОСТРОЕНИЕ ОБОБЩЕННОЙ ПОПУЛЯЦИОННОЙ МОДЕЛИ ФАРМАКОКИНЕТИКИ ТЕНОФОВИРА ДИЗОПРОКСИЛА ФУМАРАТА

Овсенева М.И.¹, Кулеш В.С.^{2,3,4}

¹Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, Российская Федерация, 119192, Москва, Ломоносовский пр., д. 27, корп. 1, Тел.: +79165409188,
E-mail: maria.ovseneva@mail.ru

²Первый МГМУ им. И.М.Сеченова, Центр математического моделирования в разработке лекарств, Российская Федерация, 119019, Москва, Никитский бульвар, д. 13, стр. 1

³ООО “Эм энд Эс Десижанс”, Российская Федерация, Москва, 125167, Нарышкинская аллея, д. 5

⁴ Институт вычислительной математики РАН имени Г. И. Марчука, Российская Федерация, 119333, Москва, ул. Губкина, 8

Благодаря применению антиретровирусной терапии (АРВТ) инфекция вируса иммунодефицита человека (ВИЧ) стала хроническим управляемым заболеванием. Однако высокая изменчивость ВИЧ приводит к развитию резистентности к АРВТ, что обуславливает разработку новых режимов комбинированной АРВТ.

На сегодняшний день неотъемлемой частью разработки лекарственных препаратов (ЛП) является применение математического моделирования, в частности, метода популяционного моделирования фармакокинетики (ФК). Популяционная модель ФК (далее – модель) позволяет прогнозировать экспозицию препарата для разных режимов введения, что важно для разработки новых комбинированных терапий. Наиболее применяемым препаратом АРВТ в клинической практике является тенофовира дизопроксила фумарат (далее – тенофовир) из группы нуклеозидных ингибиторов обратной транскриптазы. Наличие в научной литературе разнообразия ФК моделей тенофовира, построенных на разных наборах данных, обуславливает анализ опубликованных моделей с целью получения обобщенной модели для её дальнейшего использования в разработке новых режимов терапии.

В данной работе был проведен систематический поиск существующих ФК моделей тенофовира и их отбор для последующего анализа и воспроизведения. Методы проведения мета-анализа и мета-регрессии были использованы для получения средневзвешенных оценок значений популяционных параметров и включения влияния индивидуальных характеристик пациентов. Поиск моделей был осуществлён с использованием базы данных PubMed, воспроизведение моделей и проведение математического анализа осуществлялись с использованием языка программирования R версии 4.0.2. Воспроизведение моделей выявило высокую гетерогенность данных, использованных для их построения, что приводило к большому разбросу значений популяционных параметров. Была построена обобщенная двухкомpartmentная ФК модель тенофовира со средневзвешенными оценками популяционных параметров и включением влияния клиренса креатинина, веса, типа элиминации, пола и состояния здоровья пациентов на параметры модели.

МЕДИЦИНСКИЙ КВЧ-ДИАГНОСТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДКМ-01 В НЕИНВАЗИВНОЙ ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ ТКАНЕЙ В ОРГАНИЗМЕ ЧЕЛОВЕКА

Рясики И.О.

ИП Рясики Иван Олегович, г. Киров, ул. Ленина, д. 164, кв. 4, 89226682735,
ryasikio@mail.ru

Разработка неинвазивных методов оценки функционального состояния тканей человека является актуальной задачей медицины, физиологии и биофизики. Нами использован медицинский КВЧ-диагностический комплекс ДКМ-01 (сверхчувствительный приемник (радиометр) для оценки биологических информационно-управляющих сигналов КВЧ-диапазона (миллиметровых электромагнитных волн, излучаемых клетками) с целью определения жизнедеятельности клеток и тканей.

Данный диагностический комплекс разработан Научно-исследовательским радиофизическим институтом РАН (Нижний Новгород) совместно с Московским институтом кибернетической медицины. Механизм генерации электромагнитных волн (клеточного излучателя) в миллиметровом диапазоне связан с колебаниями заряженных клеточных мембран в процессе метаболизма (обмена веществ). Акустомеханическая мощность клеточных колебаний составляет 10^{-14} Вт, а собственное электромагнитное поле клетки в результате акустомеханических колебаний заряженных клеточных мембран имеет мощность порядка 10^{-23} Вт.

Единичные клеточные осцилляторы формируют тканевые электромагнитные поля и кооперативное излучение. В ходе исследования проводится оценка низкочастотных электромагнитных модулирующих колебаний КВЧ-излучений клеток (спектра низкочастотной огибающей КВЧ-излучения), выявление искажений псевдошумовых КВЧспектров, дополнительных маломощных компонентов непшумоподобной природы (в виде апериодических случайных импульсов), имеющих диагностическое значение.

Наиболее важная гармоника спектра в норме находится в диапазоне 0,01-0,03 Гц, при функциональных нарушениях - на частотах до 0,06 Гц, при более грубой патологии - на частотах выше 0,06 Гц.

Антенно-измерительный блок диагностического комплекса имеет следующие характеристики:

- частоту настройки принимаемого сигнала $37,5 \pm 5\%$ ГГц,
- полосу пропускания входного тракта не менее 2 ГГц,
- диапазон мощности принимаемого сигнала $9,94-10,5 \cdot 10^{-14}$ Вт,
- диапазон напряжений на выходе от 2 до 2000 мВ,
- диапазон изменения коэффициента усиления выходного напряжения от 0,1 до 2 с шагом установки 0,1,
- частотный диапазон напряжения на выходе от 0 до 30 Гц,
- неравномерность амплитудно-частотной характеристики в полосе 0-10 Гц не более 3 дБ.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКИХ СИТУАЦИЙ

Серовайский С.Я.

Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Казахстан, 050078, Алматы, пр.
аль-Фараби 71, механико-математический факультет

Эпидемия COVID-19 в значительной степени стимулировала бурное развитие математической эпидемиологии. В настоящее время известны сотни математических моделей распространения эпидемий, существенно различающихся по своим свойствам. Наиболее употребительны модели, относящиеся к классу compartmental models. Они подразумевают разбиение всей популяции на группы людей (compartments), существенно отличающихся по своему эпидемиологическому состоянию. Эти модели описывают изменение со временем численности соответствующих групп населения и различаются выбором групп и межгрупповых переходов, а также способом описания межгрупповых взаимодействий.

Следует отметить, что эпидемия представляет собой достаточно сложный процесс, состоящий из нескольких стадий. Каждая из них связана с конкретной эпидемиологической ситуацией. В этой связи представляется более эффективным описывать не эпидемию в целом, а систему эпидемиологических ситуаций, каждая из которых характеризуется собственной математической моделью.

На ранней стадии эпидемии предполагается, что вакцина для борьбы с эпидемией еще не разработана, а переболевшие люди обладают устойчивым иммунитетом. При этом вся популяция разбивается на группы чувствительных (здоровые, которые могут заболеть), контактных (здоровые, бывшие в контакте с больными), невывявленных больных (они не отражены в официальной статистике, а значит, информация о них не используется при идентификации модели, хотя именно они являются серьезными источниками заражения), легко больных (зарегистрированные больные, проходящие лечение на дому), госпитализированных (они находятся под контролем врачей и не вносят существенного вклада в распространение эпидемии), выздоровевших (они иммунизированы и уже не болеют) и умерших.

Вторая стадия характеризуется появлением вакцины. В этих условиях добавляются группы вакцинированных, а также контактные и больные, прошедшие вакцинацию. На последующих стадиях эпидемии учитываются дополнительные межгрупповые переходы, описывающие возможность повторного заболевания у переболевших и ограниченность срока действия вакцины, вследствие чего допускается ревакцинация.

Каждая эпидемиологическая ситуация представлена двумя типами моделей – непрерывной (система дифференциальных уравнений) и дискретной (система рекуррентных соотношений), в которых по-разному учитывается ограниченность времени нахождения в группах. Модели протестированы на основе официальной статистической информации о распространении эпидемии COVID-19 в Казахстане.

АНАЛИЗ ПОВРЕЖДЕНИЙ ДНК В ОПУХОЛЕВЫХ КЛЕТКАХ ЧЕЛОВЕКА В МОДЕЛИ БОР-НЕЙТРОНОЗАХВАТНОЙ ТЕРАПИИ

Тогтохтур Т.¹, Душанов Э.^{1,2}, Кулагова Т.³, Кулик В.³, Батмунах М.¹, Бугай А.^{1,2}

¹Лаборатория радиационной биологии, ОИЯИ, Дубна, Россия, dushanov@jinr.ru

²Государственный университет «Дубна», Дубна, Россия

³Институт ядерных проблем, БГУ, Минск, Беларусь

Бор-нейтронозахватная терапия (БНЗТ) является перспективным методом лечения таких злокачественных опухолей, которые признаны неизлечимыми: меланома, гепатоцеллюлярная карцинома, глиобластома, менингома, мезотелиома плевры и опухоль шеи. Подходом с БНЗТ можно целенаправленно уничтожать только раковые клетки, оставляя нетронутыми здоровых. Метод Монте Карло, реализованной в пакете GEANT4, позволяет оценить не только влияние продуктов выхода борнейтронозахватной реакции в клеточную среду, но и полезного вклада дозы нейтронов для эффективной терапии.

В данном этапе исследования нами проведён расчёт вклада дозы вторичных частиц ядерной реакции между нейтронами, в энергетическом диапазоне от 0,0253 эВ до 10 кэВ, и наночастицами ¹⁰B различных концентраций. Для расчёта использована модель глиальной клетки человека. Наночастицы бора, с концентрациями от 10 до 100 мкг/г, были случайно распределены в ядре, цитоплазме и надмембранных областях клетки. Наиболее эффективной оказалась эпитермальная энергетическая область нейтронов, от 1 эВ до 1 кэВ, где их абсорбция доминирует. С использованием утилиты GEANT4-DNA оценено число повреждений ДНК в двух, сферической и эллипсоидной формах модели клетки. Расчёты физических параметров ядерной реакции нейтронов с наночастицами бора проведены утилитой DNAPhysics, которые показали достоверность нашего подхода, путём сравнения расчётов данных с экспериментальными. Данная физическая модель использована алгоритме DBSCAN, для расчёта повреждений, в виде двунитевых разрывов ДНК. Полученные результаты показывают, в подходе к лечению опухолей с помощью БНЗТ, важность учёта не только вторичных частиц с высоким ЛПЭ, но и тип, концентрацию и геометрию расположения наночастиц бора в опухолевой клетке.

Литература

1. Таскаев С.Ю., Каныгин В.В. *Бор-нейтронозахватная терапия* // Издательство СО РАН, Новосибирск, 2016, 215 стр., ISBN 978-5-7692-1500-1.
2. Wang S, Zhang Z, Miao L and Li Y (2022) *Boron Neutron Capture Therapy: Current Status and Challenges* // Front. Oncol. 12:788770. doi: 10.3389/fonc.2022.788770.
2. Moghaddasi, L., & Bezak, E. (2018). *Geant4 beam model for boron neutron capture therapy: investigation of neutron dose components* // Australasian Physical & Engineering Sciences in Medicine, 41(1), 129–141. doi:10.1007/s13246-018-0617-z.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АУТОИММУННЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ: ОТ ТЕОРИИ К ЛЕКАРСТВУ

Угольков Я.А.^{1,2}, Леон К.³, Никитич А.А.^{1,2}, Кулеш В.С.^{1,2,3}, Жуденков К.В.^{1,2,3},
Воронова В.М.^{1,3}, Песков К.В.^{1,2,3,4}, Соколов В.В.^{1,3} Волкова А.А.^{1,3}

¹Институт вычислительной математики им. Г.И. МарчукаС РАН,
Москва, ул. Губкина, дом 8

²Центр математического моделирования в разработке лекарств, Сеченовский
Университет, Москва, ГСП-1, ул. Трубецкая, д.8, стр.2

³Modeling and Simulation Decisions LLC, Дубай, АОЭ

⁴НТУ «Сириус», Сочи, пгт. Сириус, Олимпийский пр-т., д. 1.

Математическое моделирование биологических систем является неотъемлемой частью разработки лекарственных средств и позволяет эффективно преодолевать многие проблемы в создании инновационных препаратов, включая валидацию биологических мишней, подбор оптимальной дозы и режима дозирования, прогнозирование результатов комбинации различных терапий, предсказание результатов лечения в новых популяциях, и изучение механизмов заболевания [1]. За последние десятилетия было создано множество моделей аутоиммунных заболеваний. Каждая модель отличается спектром количественных данных, лежащих в её основе, математическими методами и степенью детализации в описании биологических процессов. Однако их объединяет объект моделирования: каждая из них количественно описывает те или иные компоненты иммунных процессов. Таким образом задачей данной работы было осуществить систематический обзор и анализ математических моделей аутоиммунных заболеваний с целью сведения воедино существующего количественного знания об аутоиммунных процессах и определения приоритетных путей развития математического моделирования в этой области.

По итогам систематического поиска была найдена 41 модель, описывающая возникновение, прогрессию, и эффект лечения в пятнадцати аутоиммунных заболеваниях. Больше всего работ связано с моделированием процессов в рассеянном склерозе (5 статей) и воспалительных заболеваний кишечника (8 статей). Более 70% моделей являются нелинейными системами обыкновенных дифференциальных уравнений. Остальные работы представлены единичными случаями использования уравнений в частных производных, булевых схем, или марковских моделей. Несмотря на относительно широкий спектр исследуемых заболеваний, большая часть всех моделей описывают схожие компоненты иммунной системы: 95% исследований рассматривают либо Т клеточный ответ, либо влияние интерлейкинов, либо участие макрофагов в аутоиммунных процессах. Все модели были тщательно проанализированы, для каждой сформулированы реальные и потенциальные возможности их применения в разработке лекарств, а также основные допущения и ограничения, использованные в процессе их создания.

Данная работа призвана предоставить наиболее полный срез знаний о доступных моделях аутоиммунных заболеваний, тем самым обозначая основные пути дальнейшего развития дисциплины и способствуя преодолению разрыва между теоретическими знаниями и их применением при разработке новых лекарственных средств.

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ 23-71-10051.

Литература.

1. Madabushi R, Seo P, Zhao L, Tegenge M, Zhu H. Review: Role of Model-Informed Drug Development Approaches in the Lifecycle of Drug Development and Regulatory Decision-Making. *Pharm Res*, 2022

АНАЛИЗ УГЛЕВОДНО-ЛИПИДНОГО ОБМЕНА В АДИПОЦИТЕ ЗДОРОВЫХ И СТРАДАЮЩИХ ДИАБЕТОМ II ТИПА ЛЮДЕЙ С ПОМОЩЬЮ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

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

Россия, 119234, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 24, кафедра биофизики биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова Телефон: +7 (915) 263-87-70.
Email: chistyakyu@gmail.com

Изменение рациона и режима питания широко применяется для таких целей, как регулирование веса или контроля за уровнем сахара или инсулина в крови. Однако, их эффективность может быть неодинакова для здоровых и имеющих определенные заболевания людей, поскольку реакции обмена у здоровых и страдающих диабетом II типа людей про текают по-разному. В связи с этим целью данной работы было исследование с помощью математического моделирования различия динамики жировой капли адипоцита у здоровых и с диабетом II типа людей в зависимости от различных режимов питания.

Модель представляет собой систему из 13 дифференциальных уравнений и условно разделена на три компартмента: плазму крови, адипоцит и весь остальной организм. Переменными модели являются концентрации метаболитов плазмы крови: глюкозы, инсулина, триглицеридов и жирных кислот, а также метаболитов адипоцита: глицеральдегид-3-фосфата, жирных кислот и триглицеридов жировой капли. Инсулин в модели является эффектором – активирует реакции, направленные на синтез триглицеридов жировой капли, и ингибирует конкурирующие с ними реакции и реакцию распада триглицеридов жировой капли.

Модель была верифицирована с использованием данных, описывающих изменение концентраций метаболитов крови после приема пищи, здоровых и страдающих диабетом II типа людей. Были проведены численные эксперименты, в процессе которых были смоделированы различные режимы и рационы питания. Были рассмотрены кето-диета – питание с повышенным содержанием жиров и сниженным содержанием углеводов, обычное питание – соответствующее рациону в статье, используемой для верификации модели, и высокоуглеводное питание – с повышенным содержанием углеводов и сниженным содержанием жиров, при этом суточная калорийность оставалась постоянной. Для каждого рациона были рассмотрены двух-, трех- и пятиразовое питание. Были показано, что у здоровых пациентов различия в режимах питания влияют на динамику жировой капли в гораздо большей степени, чем у пациентов с диабетом II типа.

3D МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫХ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ МЕТАБОЛИТОВ В СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ЕДИНИЦЕ ПЕЧЕНИ

Этезова Ф.М.¹, Нарциссов Я.Р.², Машковцева Е.В.¹

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

¹ ФГАОУ ВО "Российский Национальный Исследовательский Медицинский Университет им. Н.И. Пирогова" МЗ РФ, Россия, Москва, улица Островитянова, 1, стр.7 Тел.: +7 (495) 434-22-66, E-mail: mashkovtseva_ev@rsmu.ru

² Группа биомедицинских исследований, БиоДиФарма ГмбХ, Германия, Зик, 22962, Бюльтбек, 5, Email: yn_brg@icmph.org

Печень — важный орган, выполняющий множество жизненно необходимых функций, например, метаболическую. Компьютерное моделирование является перспективным подходом к комплексному изучению распределения метаболитов в печени в норме и патологии, поскольку позволяет избежать проведения длительных и дорогостоящих экспериментов и инвазивных процедур.

Сосудистая сеть печёночной дольки — уникальная и сложная система взаимосвязанных разнокалиберных сосудов разного типа [1], особенности которой не учтены ни в одной из существующих моделей [2]. Связано это как со сложностью самой архитектуры, так и с необходимыми для расчёта большими вычислительными ресурсами.

Нами была построена 3D модель функциональной единицы печени в виде классической дольки Кирнана [1], [3] в соответствии с её морфометрическими характеристиками. Модель включает в себя все виды сосудов, кровоснабжающих дольку. Глюкоза служит источником энергии для всех клеток организма, однако накапливается в основном в клетках печени. Она проникает в гепатоциты посредством транспортера GLUT-2 и становится субстратом в процессе гликогенеза в случае избытка углеводов. Деградация запасённого гликогена происходит в случае дефицита углеводов, таким образом, эти процессы находятся в равновесии и зависят от концентрации глюкозы в крови и потребности в ней организма.

Моделирование кровотока осуществлялось на основе решения нестационарного уравнения Навье-Стокса для течения несжимаемой неионогенной жидкости с динамической вязкостью, соответствующей модели Карро [4], [5]. Пространственно-временное распределение глюкозы в паренхиме печени моделировалось с использованием краевых задач для уравнения реакции-диффузии.

Таким образом, нами был получен корректный профиль скоростей тока крови в сосудах печёночной дольки и пространственно-временное распределение глюкозы в объеме паренхимы печени. Полученная высоко детализированная 3D модель может быть использована для изучения распределения и других метаболитов, существенно влияющих на функционирование органа при различных патологических процессах.

Литература

1. Lorette, S., M. Hautefeuille, and A. Sanchez-Cedillo, The liver, a functionalized vascular structure // *Sci Rep*, **2020**. 10(1): p. 16194.
2. Rohan, E., J. Camprova Turjanicova, and V. Liska, Geometrical model of lobular structure and its importance for the liver perfusion analysis // *PLoS One*, **2021**. 16(12): p. e0260068.
3. Kruepunga, N., et al., Anatomy of rodent and human livers: What are the differences? // *Biochim Biophys Acta Mol Basis Dis*, **2019**. 1865(5): p. 869-878.
4. Nartsisssov, Y.R., Application of a multicomponent model of convectional reaction-diffusion to description of glucose gradients in a neurovascular unit // *Front Physiol*, **2022**. 13: p. 843473.
5. Nartsisssov, Y.R., The Effect of Flux Dysconnectivity Functions on Concentration Gradients Changes in a Multicomponent Model of Convectional Reaction-Diffusion by the Example of a Neurovascular Unit // *Defect and Diffusion Forum*, **2021**. 413: p. 19-28.

PARAMAGNETIC CENTERS IN MEDICINAL PLANTS OF AZERBAIJAN

Khalilov R.I., Nasibova A.N.¹

Baku State University, Azerbaijan, Baku, Z. Khalilov str. 23, hrovshan@hotmail.com

¹Ministry of Science and Education Republic of Azerbaijan, Institute of Radiation Problems, Azerbaijan, Baku, B. Vahabzade St. 9, aygun.nasibova@mail.ru

Using the Electron Paramagnetic Resonance (EPR) method, the influence of various radiation factors (ionizing gamma radiation, UV radiation, etc.) on living organisms (plants and animals) was studied [1, 2]. Identification of spectra recorded in a wide range of magnetic fields showed that, under the influence of radiation factors, signals characterizing magnetic iron oxide nanoparticles ($g=2.32$; $\Delta H=320$ G) are recorded in them [3,4]. In recent years, we have been studying some medicinal plants of Azerbaijan using the EPR method. In most of them (rosemary (*Salvia rosmarinus*), rosehip (*Rosa L.*), etc.), the obtained spectra indicate the presence of nanophase crystalline magnetic particles (Fig. 1).

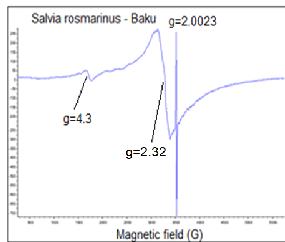


Fig.1. EPR spectra of rosemary leaves (*Salvia rosmarinus*)

Literature

1. Aygun Nasibova, Rovshan Khalilov, Mohammad Bayramov, Islam Mustafayev, Aziz Eftekhari, Mirheydar Abbasov, Taras Kavetskyy, Gvozden Rosic, Dragica Selakovic. Electron Paramagnetic Resonance Studies of Irradiated Grape Snails (*Helix pomatia*) and Investigation of Biophysical Parameters. *Molecules*. V.28, I.4, P.1872. 2023.
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. Nasibova A.N., Khalilov R.I. Preliminary studies on generating metal nanoparticles in pomegranates (*Punica Granatum*) under stress. *International Journal of Development Research*. Vol.6, Issue 03, pp. 7071-7078.
4. Nasibova Aygun. The use of EPR signals of snails as bioindicative parameters in the study of environmental pollution. *Advances in Biology & Earth Sciences*. Vol.4, No.3, 2019, pp.196-205.

**THE PROBLEM OF GENERALIZING A MATHEMATICAL
PHARMACOKINETICS-PHARMACODYNAMICS MODEL FOR ANTI-PD-1
DRUGS.**

Kireev B., Nikitich A.¹

Sechenov University, Advanced Engineering School "Intelligent Systems of Theranostics",
Department of Mechanics and Mathematical Modeling Russia, 119048, Moscow, 8,
Trubetskaya str,
Email: matmod@staff.sechenov.ru

¹Sechenov University, Scientific and Educational Center for Mathematical Modeling of Drugs,
Russia, 119048, Moscow, 8, Trubetskaya str.

Immunotherapy with aPD-1/a-PD-L1 checkpoint inhibitors is effective for tumors resistant to other treatments. Blocking the interaction of PD-1 with PD-L1 avoids immunosuppressive responses in T cells. The use of generalized mathematical models is a good tool for selecting the minimum effective dose in the early stages of clinical trials.

The mathematical model is a system of ordinary differential equations. The model includes 5 compartments: peripheral, central, vessels, endosomal space, interstitial space. The aPD-1 antibody binds to its ligand PD-L1 in the central compartment and in the interstitial space of the tumor. For the summarized drug (Nivolumab), the binding parameters were taken from the literature [1]. The other parameters were determined using the concentration profile of Nivolumab.

The mathematical model of Lindauer et al [2] for aPD-1 antibody (Pembrolizumab) was chosen as a generalization model. The model describes experimental data of aPD-1 (Nivolumab) occupied receptors in plasma.

The model was used to analyze the dependence of Kd on RO. Even on a small amount of data, the curve can be characterized as a linear dependence.

The mathematical model of Lindauer et al [2] aPD-1 antibody is summarized. This model describes the RO in plasma of Nivolumab and can be applied to other aPD-1 antibodies.

References

1. Brown M. E. et al. Assessing the binding properties of the anti-PD-1 antibody landscape using label-free biosensors // *PLoS One*. **Vol. 15**. No. 3. 2020. Pp. e0229206.
2. Lindauer A. et al. Translational pharmacokinetic/pharmacodynamic modeling of tumor growth inhibition supports dose-range selection of the anti-PD-1 antibody pembrolizumab // *CPT: pharmacometrics & systems pharmacology*. **Vol. 6**. No. 1. 2017. Pp. 11-20.

THE ROLE OF STOCHASTIC PROCESSES IN CALCIUM OSCILLATIONS IN PLATELETS

Molotkova E.A., Ataullakhhanov F.I.¹, Balabin F.A.

Lomonosov Moscow State University, Faculty of Physics, Department of Biophysics, Russia,
119991, Moscow, Leninskoe Gory St., 1, building 2, phone: +7 495 939-31-60, fax: +7 495
932-88-20, E-mail: molotkova.ea19@physics.msu.ru

¹Center for Theoretical Problems of Physicochemical Pharmacology RAS, 119991, Moscow,
Kosygina St., 4, phone: (495) 938-25-33, fax: (495) 938-25-33, E-mail: ria2001@mail.ru

A platelet is a blood cell capable of activation. Platelet activation plays a key role in stopping arterial bleedings and thrombus formation. During activation, calcium acts as a universal secondary messenger, its concentration can multiply by a factor of 1,000 and change abruptly, forming oscillations.

A platelet's reactions to external stimuli are diverse, so it can be assumed that the oscillations of calcium concentration can "encode" the patterns of cellular response. Decoding these oscillations is complicated by the fact that they have an explicit stochastic component. The stochasticity of oscillations is inevitable since the size of a platelet is only about a micrometer, thus there can be only a few dozen free calcium ions in its cytosol.

There are various deterministic models in which calcium oscillations are generated by a limit cycle. Such models are not capable of recreating the variety of oscillation patterns of platelets, so the construction of stochastic models is necessary.

The goal of our research is to identify how stochasticity influences calcium oscillations. The research is conducted using the Gillespie method of stochastic modeling and comparison with experimental data [1].

Analysis of the stochastic model showed that a new mechanism of impulse generation can be observed in the system outside of the limit cycle. A special "waiting mode" can generate single pulses instead of periodic oscillations. The results are reminiscent of experimental oscillations typical for weak activation of platelets. Further research will help with understanding patterns of cellular response in human platelets.

References.

1. Shepeliuk T.O., Masaltseva A.A., Nechipurenko D.Y., Ataullakhhanov F.I., Grishchuk E.L. Dense Granules Are Released Cooperatively in Activated Platelets [abstract] // Res Pract Thromb Haemost. 2021; 5 (Suppl 2).

EPR AND TEM STUDIES OF MAGNETIC NANOPARTICLES IN LIVING SYSTEMS

Nasibova A.N., Khalilov R.I.¹

Ministry of Science and Education Republic of Azerbaijan, Institute of Radiation Problems,
Azerbaijan, Baku, B. Vahabzade St. 9, aygun.nasibova@mail.ru

¹Baku State University, Azerbaijan, Baku, Z. Khalilov str. 23, hrovshan@hotmail.com

The generation of biogenic magnetic nanoparticles in living systems (leaves of various plants, grape snails and laboratory rats) was studied by electron paramagnetic resonance (EPR) and Transmission Electron Microscopy (TEM) methods [1,2,3]. Under the influence of stress factors as a result of the phenomenon of biominerization, the appearance of magnetic properties was determined in them [4,5]. Thus, it was determined that new paramagnetic centers related to iron oxide nanophase particles were registered in a wide range of magnetic fields under the influence of stress factors in the research objects.

The results obtained were confirmed in TEM experiments, and the resulting magnetic nanoparticles could be observed visually.

References.

1. Nasibova A.N. Formation of magnetic properties in biological systems under stress factors. Journal of Radiation Researches. V.7, 1, p.5-10. 2020.
2. Aygun Nasibova, Rovshan Khalilov, Mohammad Bayramov, Islam Mustafayev, Aziz Eftekhari, Mirheydar Abbasov, Taras Kavetskyy, Gvozden Rosic, Dragica Selakovic. Electron Paramagnetic Resonance Studies of Irradiated Grape Snails (*Helix pomatia*) and Investigation of Biophysical Parameters. Molecules. V.28, 1, P.1872. 2023.
3. 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.
4. Nasibova A.N., Khalilov R.I. Preliminary studies on generating metal nanoparticles in pomegranates (*Punica Granatum*) under stress. International Journal of Development Research. Vol.6, Issue 03, pp. 7071-7078.
5. Nasibova Aygun. The use of EPR signals of snails as bioindicative parameters in the study of environmental pollution. Advances in Biology & Earth Sciences. Vol.4, No.3, 2019, pp.196-205.

S3/W4

MОДЕЛИРОВАНИЕ,
ВИЗУАЛИЗАЦИЯ И АНАЛИЗ
ДАННЫХ В ИССЛЕДОВАНИИ
КОГНИТИВНЫХ СИСТЕМ

MODELING, VISUALIZATION AND
DATA ANALYSIS IN THE STUDY
OF COGNITIVE SYSTEMS

Руководители:

Алексей Рудольфович Браже, Дмитрий Энгелевич Постнов.

СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СТРУКТУРНЫХ СЕТЕЙ ГОЛОВНОГО МОЗГА ЧЕЛОВЕКА

Бобылева А. В., Пospelov Н. А.¹, Нечаев С. К.², Горский А. С.³, Вальба О. В.⁴

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Биологический ф-т,
каф. биофизики, Россия, 119991, г. Москва, Ленинские горы, 1 стр 12, Тел.
8(977)131-98-05, E-mail: AnnaBobileva1999@yandex.ru

¹Институт перспективных исследований мозга МГУ, Россия, 119192, г. Москва,

Ломоносовский пр., 27, корпус 1, Тел. 8(495)938-25-48, E-mail: nik-pos@yandex.ru

²Universite Paris-Saclay, France, 91190, Orsay, Bâtiment Bréguet, 3 Rue Joliot Curie 2e ét,
E-mail: sergei.nechaev@gmail.com

³Институт проблем передачи информации имени А. А. Харкевича РАН, Россия, 127051,
г. Москва, Большой Каретный пер., д.19 стр. 1, Тел. 8(495)650-42-25, E-mail:
shuragor@mail.ru

⁴Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Россия,
123592, г. Москва, ул. Таллинская, 34, E-mail: valbaolga@gmail.com

Мозг представляет собой сложную сеть структурно и функционально взаимосвязанных элементов — коннектомом. Изучение структуры этой сети как целого важно для понимания принципов обработки информации в мозге, связи между его структурной и функциональной архитектурой.

Сети мозга можно математически представить в виде графа $G = (V, E)$, где V — набор узлов, представляющих группы нейронов или области мозга, E — ребра, соединяющие их посредством нервных волокон. В данной работе анализировались экспериментально полученные с помощью диффузионной МРТ коннектомы, представленные в виде графов, взятые из базы данных проекта Human Connectome Project. Анализ коннектомов производился на языке программирования Python.

Результаты анализа показывают, что сети мозга обладают рядом уникальных спектральных свойств: 1) выраженной динамикой λ_3 и λ_4 — собственных значений лапласиана графа (характеризующих степень связности внутри полушарий) при удалении межполушарных связей; 2) несвойственной случайным сетям формой спектров матриц смежности; 3) аномально высоким перекрытием множеств соседей узлов; 4) распределением степеней узлов с тяжелым хвостом, свидетельствующим о наличии в сети хабов — узлов с аномально большим количеством связей.

На основе результатов анализа спектральных свойств сетей мозга была построена модель, опирающаяся на два структурных принципа (принцип предпочтительного присоединения и метаболические ограничения на длину связей), воспроизведяющая основные свойства реальных коннектомов. Полученные результаты хорошо согласуются с теорией влияния геометрических ограничений на работу мозга [1] и принципом иерархической организации коннектома.

[1] Pang, J.C., Aquino, K.M., Oldehinkel, M. et al. Geometric constraints on human brain function // Nature V. 618, 2023. P. 566–574. <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06098-1>

УПРАВЛЯЕМЫЕ ДАННЫМИ И МЕХАНИЗМЕННЫЕ МОДЕЛИ КАЛЬЦИЕВОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ В АСТРОЦИТАХ

Браже А.Р.

Московский государственный университет им.М.В.Ломоносова, биологический факультет, каф. биофизики, 119234 1/12 Ленинские горы. Москва

В настоящее время активно развиваются методы флуоресцентной визуализации кальциевой активности и других процессов в астроцитах различных структур мозга у бодрствующих животных. В частности, локомоция сопровождается выраженной кальциевой сигнализацией в астроцитах практически всего мозга. При этом в эксперименте регистрируется уровень кальций-зависимой флуоресценции, а состояние систем кальциевой сигнализации, да и сама концентрация кальция являются латентными переменными. Наблюдаемые в эксперименте пространственно-временные характеристики кальциевой активности можно интерпретировать с точки зрения внутриклеточных механизмов кальциевой сигнализации, используя математические модели.

Подход с использованием пространственно-распределенных моделей кальциевой сигнализации на реалистичных пространственных шаблонах позволяет воспроизвести и объяснить ряд наблюдаемых в эксперименте особенностей кальциевой сигнализации. Использование управляемых данными моделей при помощи разложения на динамические моды позволяет выявить коллективные моды и закономерности взаимосвязи движения животного и кальциевого ответа в ансамблях астроцитов.

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ #22-14-00033

Литература.

1. A. Fedotova, A. Brazhe, M. Doronin, D. Toptunov, E. Pryazhnikov, L. Khiroug, A. Verkhratsky, and A. Semyanov. Dissociation between neuronal and astrocytic calcium activity in response to locomotion in mice. *Function*, 2023. DOI:10.1093/function/zqad019
2. A. Verisokin, D. Verveyko, A. Kirsanov, A. Brazhe, and D. Postnov. Computational model of noradrenaline modulation of astrocyte responses to synaptic activity. *Mathematics*, 11(3):628, 2023. DOI:0.3390/math11030628
3. A. Brazhe, A. Verisokin, D. Verveyko, and D. Postnov. Astrocytes: new evidence, new models, new roles. *Biophysical Reviews*, 2023. DOI:10.1007/s12551-023-01145-7
4. Brunton, S. L., Brunton, B. W., Proctor, J. L., & Kutz, J. N. (2016). Koopman Invariant Subspaces and Finite Linear Representations of Nonlinear Dynamical Systems for Control. *PLOS ONE*, 11(2), e0150171. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0150171>

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ И АНАЛИЗ АНИЗОТРОПНОГО РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВОЛНЫ ВОЗБУЖДЕНИЯ В АТРИО-ВЕНТРИКУЛЯРНОМ СОЕДИНЕНИИ СЕРДЦА НИЗШИХ ПОЗВОНОЧНЫХ ЖИВОТНЫХ

Кузьмин В.С., Воронина Я.А., Кархов А.М., Браже А.Р.¹

МГУ имени М.В.Ломоносова, кафедра физиологии человека и животных;

¹МГУ имени М.В.Ломоносова, кафедра биофизики

Большинство экзотермических животных не способны переносить резкие перепады температуры из-за гемодинамической недостаточности, желудочковой асистолии. Было высказано предположение, что СН возникает в результате блокады атриовентрикулярной (AV) проводимости. Однако наземные бесхвостые животные являются хорошо известными пойкилотермными животными, демонстрирующими широкий диапазон температурной толерантности, а сердце сопротивляется острый суточным температурным воздействиям. Электрофизиологические механизмы, а также организация AV-проводимости, лежащие в основе способности сердца бесхвостых животных переносить резкие изменения температуры, не выяснены.

В этом исследовании поверхностная ЭКГ использовалась для оценки задержки AV частоты сердечных сокращений (ЧСС), нарушений AV-проводимости и уязвимости миокарда желудочеков к острым изменениям температуры у лягушки *Rana temporaria*. Интервалы RR, PQ, QT рассчитывали у животных, акклиматизированных к температуре 15°C, после предварительно вызванной двойной вегетативной блокады (DAB) при различных температурах (2-25°C, n=18). Метод оптического картирования, основанный на флуоресценции потенциалочувствительного кристалла ди-4-ANEPPS, был применен для оценки пространственно-временной картины проводимости в AV-кольце и возбуждения миокарда желудочеков в диапазоне температур 4-25°C. Оптические потенциалы действия (AP) из многоклеточных изолированных, перфузированных, обработанных блеббистатином препаратов (n = 6), состоящих из предсердных и желудочковых областей с минимально манипулируемым AV-кольцом, были получены с использованием высокоскоростной матрицы PDA (WuTech Inst.) и проанализированы с применением математических методов обработки данных разработанных авторами.

Животные демонстрировали нормальную ЭКГ в ответ на температурное воздействие в диапазоне от 2 до 25°C и от 25 до 20°C. Кривые интервалов RR и PQ демонстрировали схожую температурную зависимость, а коэффициенты Q10, однако, демонстрировали значительный температурный гистерезис. Резкое изменение температуры ни разу не вызывало нарушений ЧСС, AV-блокады, зубцы Р сопровождались зубцами Т, что свидетельствовало о нормальном режиме возбуждения желудочеков. Снижение температуры приводило к существенному увеличению AV-задержки (210±22 против 740±102 мс при 2 и 25°C).

Картирование паттерна возбуждения выявило почти идентичные пути проведения в AV-кольце при всех протестированных температурах, несмотря на значительные различия во времени и скорости проведения. Резкие изменения температуры в наших экспериментах не смогли подавить AV-кольцевую проводимость. Установлено, что отдельные сегменты периметра AV-кольца демонстрируют характерную анизотропию проводимости и изменчивость скорости проводимости (CV). При всех температурах в AV-кольце выявляются зоны «прорыва», характеризующиеся наибольшим CV и преимущественным выходом возбуждения на миокард желудочеков. Эти зоны прорыва связаны с трабекулированной тканью, примыкающей к гребням межпредсердной перегородки. Зоны прорыва AV-кольца организуют асимметричный от основания к вершине рисунок возбуждения в желудочке.

Таким образом, поддержание возбудимости AV-кольца и внутри-AV-кольцевой проводимости лежит в основе термотолерантности сердца бесхвостых животных. Предположительно, сердечная ткань в зонах прорыва AV-кольца характеризуется повышенной электрической связью, способствующей AV-проводению при резких изменениях температуры и предотвращающей AV-блокаду, способствующей сохранению гемодинамической функции желудочка сердца.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭТАНОЛА И БЛОКАТОРОВ ГАМКЭРГИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧИ НА ГЕНЕРАЦИЮ ГИПОКАМПАЛЬНОГО ТЕТА-РИТМА

Лагоша С.В.¹, Солдатова А. Е.^{1,2}, Семьянов А.В.^{1,2}, Браже А.Р.^{1,2}

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, биологический факультет кафедра биофизики, Россия, 119234, Москва, Ленинские горы дом 1 стр. 24

² Государственный Научный Центр Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт биоорганической химии им. академиков М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова Российской академии наук, Россия, 117997, Москва, ул. Миклухо-

Маклая, 16/10

E-mail: brazhe@biophys.msu.ru

Синхронизация активности групп нейронов в структурах мозга приводит к наведению макроскопических периодических колебаний электрического поля, которые поддаются регистрации при помощи электродов. При этом, разные по частоте колебания имеют разные физиологические функции и коррелируют с разными паттернами поведения. В данном исследовании мы использовали имплантируемые экстраклеточные электроды для регистрации тета-ритма, который определяется синхронизованной синаптической активностью на пирамидальных нейронах гиппокампа с частотой от 4 до 12 герц. В качестве модельного организма выступали мыши (C57BL/6) с электродами, билатерально установленными в зоны гиппокампа CA1 и CA3.

Мы исследовали влияние блокаторов экстрасинаптической ГАМК-зависимой передачи (пикротоксина) и этанола на тета-ритм в различных областях гиппокампа свободно двигающихся животных.

Низкие концентрации пикротоксина (1 мкМ) слабо влияют на характеристики тета-ритма. Повышение концентрации до 10 мкМ, приводит к укорочению эпизодов тета-ритма, значительному снижение частоты и мощности. Воздействие паров этанола оказывает седативный эффект на мышей, под конец воздействия снижая основную частоту тета-ритма до 2-4Гц и подавляя локомоцию. Эффект усиливается при совместном действии этанола и пикротоксина.

Полученные результаты частично были воспроизведены с помощью модели ансамбля нейронов в среде моделирования BRIAN 2, уравнения мембранныго потенциала описывались формализмом Ходжкина-Хаксли. Модель описывает набор нейронов и астроцитов области CA3 гиппокампа. Мы использовали ранее представленный подход, позволяющий количественно и качественно характеризовать ритмическую активность на основе записи локального полевого потенциала (ЛПП) и его вейвлет-преобразования.

Показана значительная взаимосвязь между концентрацией внеклеточного калия, внутриастроцитарного хлора и равновесной концентрацией внеклеточной ГАМК на основе предложенной модели транспортёра GAT3. Результаты моделирования согласуются с последними литературными данными [1]. Подтверждена важность пространственной организации нейронов в генерации специфических ответов на возбуждение [2]. Предлагаемый модельный подход будет валиден на экспериментальных данных.

Литература

1. Untiet V. et al. Astrocytic chloride is brain state dependent and modulates inhibitory neurotransmission in mice //Nature Communications. – 2023. – Т. 14. – №. 1. – С. 1871.
2. Aussel A. et al. A detailed anatomical and mathematical model of the hippocampal formation for the generation of sharp-wave ripples and theta-nested gamma oscillations //Journal of Computational Neuroscience. – 2018. – Т. 45. – С. 207-221.

ВЛИЯНИЕ ПРОИЗВОДНЫХ АРАХИДОНОВОЙ КИСЛОТЫ НА ВАСКУЛЯРНУЮ ДИНАМИКУ И СИНАПТИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ

Лукин П.О.^{1а}, Верисокин А.Ю.^{1б}, Браже А.Р.², Вервейко Д.В.^{1с}

¹Курский государственный университет, Центр физики конденсированного состояния, Россия, 305000, Курск, ул. Радищева, 33,

^aluckinpavel97@gmail.com, ^bffalconn@mail.ru, ^callegroform@mail.ru

²Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Биологический факультет, Россия, 119192, Москва, Ленинские горы 1/24, brazhe@gmail.com

Функционирование нервной ткани коры головного мозга определяется комплексом взаимозависимых процессов, связанных с изменениями активности нейронов и астроцитарной активностью. Без сбалансированных ионных потоков невозможна нормальная активность нервной ткани. Выброс ионов калия нейронами в межклеточное пространство и поступление в них ионов натрия, поглощение избытка ионов калия астроцитами и кровеносными сосудами, поглощение астроцитами большого количества анионов определяют целостную работу нейроглиоваскулярной единицы: нейрона, астроцита, кровеносного сосуда и межклеточного пространства. Мы основываемся на модели, предложенной нами ранее в работе [1], и строим минималистическую модель нейроглиоваскулярной единицы, учитывая широкий комплекс связей между её элементами, в том числе влияние синтеза арахидоновой кислоты и её производных на вакулярный тонус и на синаптическую и астроцитарную активности.

Представленная в работе модель включает в себя следующий комплекс процессов: 1) минималистичное представление нейронной активности и функционирования натрий-калиевых каналов; 2) выделение глутамата и его влияние на производство IP3 в астроцитах; 3) IP3 зависимая кальциевая динамика в астроцитах, производство арахидоновой кислоты и её диффузия через межклеточное пространство к кровеносным сосудам; 4) синтез сосудорасширяющих метаболитов арахидоновой кислоты (EETs, PGE2), синтез сосудосуживающего метаболита (20-HETE); 5) зависимость радиуса кровеносного сосуда от оксида азота, калия и метаболитов арахидоновой кислоты; 6) динамику изменения парциального давления кислорода; 7) влияние АТФ на работу натрий-калиевого канала.

Установлены пути влияния метаболитов арахидоновой кислоты на вакулярную динамику и активность элементов нейроглиоваскулярной единицы. Сравнение с имеющимися экспериментальными данными подтвердило соответствие численного решения модели наблюдаемым эффектам. Контроль активности нервной ткани посредством регуляции синтеза арахидоновой кислоты и её производных может быть в дальнейшем использован при разработке новых терапевтических подходов для уменьшения дегенеративных последствий ишемического повреждения головного мозга.

Исследование выполнено за счёт гранта РНФ (проект №22-74-00146).

Литература

1. Verisokin, A. Yu., Verveyko, D. V., Postnov, D. E., Brazhe, A. R. Modeling of Astrocyte Networks: Toward Realistic Topology and Dynamics // *Front.Cell.Neurosci.* 15, 645068 (2021)

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ СОН И ЛОКАЛЬНЫЙ СОН: ЕСТЬ ЛИ СВЯЗЬ?

Меркулова К.О., Постнов Д.Э.

Саратовский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского

Наиболее серьезным последствием недосыпания ночью является сонливость в дневное время, приводящая к когнитивным нарушениям и увеличению частоты ошибок на работе. Короткий сон без медленноволновой стадии, называемый энергетическим, или “power naps”, уменьшает сонливость, восстанавливает бдительность и работоспособность. Такое улучшение когнитивных функций человека нашло применение в организации труда ряда крупных компаний.

На сегодняшний день имеются данные о локальном асинхронном увеличении тета-активности во время бодрствования при депривации сна у людей, занятых решением конкретной задачи. Важно, что для каждого типа задач это определенные области мозга, которые были задействованы при решении. Подобная активность регистрируется на неглубокой стадии сна NREM2. Примечательно, что во время восстановительного короткого сна именно в этих областях мозга наблюдалась повышенная медленноволновая активность. Было выдвинуто предположение о том, что во время бодрствования в некоторых, вероятно перегруженных, областях мозга может возникать локальный сон.

В настоящей работе исследуется предположение о том, что восстановительный эффект коротких эпизодов дремоты может быть объяснен с позиций локального сна. Для проверки основных положений этой гипотезы была разработана математическая модель, объединяющая классическую двухпроцессную модель переключения сон-бодрствование системного уровня с многоэлементной сетью элементарных ячеек локального сна, каждая из которых имитирует нейронный отклик на экзогенные (сигналы окружения) и эндогенные (от других ячеек) шумоподобные стимулы. Созданная модель тестируется на примере двух важных частных случаев, один из которых – это перегрузка небольшой области мозга конкретной задачей, а другой случай - это общий низкий уровень экзогенных стимулов. Основным результатом исследования является вывод о том, что перенапряжение отдельной области мозга вызывает в ней локальный сон, избыток которого способен переключить всю систему из бодрствования в состояние сна.

S4

C
ОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ
ИССЛЕДОВАНИЯ
АНАЛИЗ И МОДЕЛИРОВАНИЕ
СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

S
SOCIAL-ECONOMY RESARCH
SOCIAL-ECONOMY MODELING AND ANALYSIS

Руководители:

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

РЕЗУЛЬТАТЫ ТРАНСФОРМАЦИИ РОССИЙСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ КАК ОСНОВА БУДУЩЕГО РОССИЙСКОЙ ЭКОНОМИКИ

Бобкова И.А.

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

В работе отражены проблемы трансформации российского образования последних лет, изменения качества образования под влиянием вовлечения образовательных учреждений в цифровое экономическое пространство, перспектив экономического развития России с точки зрения кадрового вопроса.

Как правило, производственная функция включает в себя помимо технических производственных ресурсов человеческий капитал. Развитие и совершенствование этого параметра является такой же задачей экономики, как и совершенствование технической базы. Основой подготовки трудовых ресурсов для экономики страны является национальная система образования, которая активно трансформируется с начала 2000-х. Эти преобразования захватывают базовые основы образования, правила и законы в части образования, действующие в нашей стране, всю систему подготовку трудовых ресурсов. Поэтому образование - основополагающий фактор научно-технического прогресса и будущего развития страны. Трансформация российского образования в последние два десятилетия привела к катастрофическому падению его и школьного, и вузовского уровня. В итоге, в экономику России влиивается рабочая сила, неспособная вывести ее на более высокий уровень развития, достаточный для конкурентоспособности нашей экономики в мировом хозяйстве. Поэтому проблемы образования перестают быть частным делом конкретных людей. В этом процессе немаловажную роль играет цифровизация всех отраслей экономики. Цифровизация образования предполагает использование количественной оценки качества знаний [1]. Анализ существующих количественных показателей привел к пониманию их несоответствия реальной оценке качества образования. Реальное качество образования не соответствует существующей официальной статистике. Проблемы российского образования после двадцатилетних модернизаций превратились в проблемы экономической безопасности страны и инновационного преобразования экономики.

Литература.

1. Бобкова И.А. Влияние совершенствования цифровой образовательной среды на качественные параметры системы образования - Научно-практический журнал Концепции, М., ФБГУН ЦЭМИ - № 1/2022(41), с.94-102.

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ В СОЦИАЛЬНОЙ СЕТИ ВИДЕОХОСТИНГА YOUTUBE

Дидоренко А.В., Прогулова Т.Б.¹

Объединённый институт ядерных исследований, Лаборатория информационных технологий, Россия, 141980, Московская область, г. Дубна, ул. Жолио-Кюри д. 6, +7(964)780-27-04, alx.did.00@gmail.com

¹Государственный университет «Дубна», Россия, 141980, Московская область, г. Дубна, ул. Университетская д. 19, +7(963)788-60-75, progulova@yahoo.com

Исследования динамики диффузии показали, что структура социальной сети может оказывать ключевое влияние на возникающие паттерны коллективного поведения. Теория сложных сетей позволяет разработать аналитические и численные методы количественной оценки, прогнозирования, максимизации илинейтрализации распространения [1]. В настоящее время онлайн-платформы, такие как *YouTube*, играют важную роль в распространении информации и оказывают значительное влияние на формирование общественного мнения. В работе проведено исследование влияния структурных особенностей социальной сети видеохостинга *YouTube* на процессы распространения информации. Узлами этой сети выступают *YouTube*-каналы, а направленными связями — отношения подписки. Исследование состоит из четырёх основных этапов: (1) построение выборки с использованием сканирования общедоступных данных *YouTube*; (2) изучение структуры сети; (3) исследование влияния структуры сообществ на распространение, и (4) анализ стратегий выбора вершин-распространителей для максимизации охвата сети.

Результаты показали, что исследуемая сеть *YouTube*-каналов является безмасштабной, относится к слабо-дисассортативным (структурная дисассортативность) и имеет хорошо выраженные структуры сообществ и ядро-периферия. Для моделирования распространения информации использовалась иерархическая каскадная модель на основе связей в сети, учитывающая структуры сообществ и ядро-периферия [2]. Было получено, что инициация процесса распространения от центральных вершин не максимизирует информационный охват, но в ряде случаев существенно сокращает время распространения. Моделирование также показало, что при ослаблении структуры сообществ масштаб распространения увеличивается, что позволяет говорить о сообществах как о «ловушке» при распространении информации.

Полученные результаты могут быть основой для решения задач поиска суперраспространителей, создания эффективных стратегий блокировки негативного влияния, формирования наборов наиболее влиятельных вершин для решения задач распространения и блокировки.

Литература

1. Barabasi, A.-L. *Network Science* – Cambridge: Cambridge University Press, 2016. 457 с.
2. Gupta Y. *Dynamics of Information Diffusion on Online Social Networks*. - Indian Institute of Technology Ropar, 2017. 138 p.

ПРОБЛЕМЫ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ ПЯТОГО ПОКОЛЕНИЯ

Дубинина М.Г.

Центральный экономико-математический институт РАН, Россия, 117418, Москва,
Нахимовский проспект, 47, тел. (499)7242532, Факс: (495)1291400, mgdub@yandex.ru

Операторы мобильной связи развертывают несколько типов сетей 5G со значительными различиями в скорости и задержке сигнала. Наибольшая скорость и максимальный эффект этих сетей достигается в диапазонах миллиметровых волн (mmWave) от 24 до 86 ГГц. Спектр миллиметровых волн позволяет увеличить полосу пропускания и пропускную способность сети 5G, что будет играть ключевую роль в удовлетворении спроса на многие услуги передачи данных (управление удаленными объектами, промышленная автоматизация, виртуальная и дополненная реальности, возможности подключения нового поколения транспортных средств).

Коммерческие сервисы 5G mmWave в настоящее время доступны в 82 городах США и более чем в 160 округах Японии. На начальном этапе коммерциализации данной технологии находятся Австралия, Гонконг, Италия, Пуэрто-Рико, Сингапур, Тайвань и Южная Корея.

Однако раскрывающие возможности технологии 5G сети mmWave создают ряд проблем. Высокочастотные сигналы миллиметрового диапазона легко блокируются зданиями, стенами, окнами и листвой, что приводит к необходимости установки множества малых сот с высокой плотностью. Это увеличивает стоимость развертывания сетей миллиметрового диапазона в больших масштабах (в США, по оценкам, потребуется строительство более 800 тыс. новых сотовых станций). Кроме того, не оценены потенциальные риски для здоровья населения, хотя эти сотовые антенны создают дополнительные источники радиочастотного излучения (миллиметровые волны в дополнение к микроволнам).

В России только компания МТС запустила пилотные проекты сети 5G в Москве, Санкт-Петербурге, Новосибирске и в Республике Алтай, которые работают для устройств, поддерживающих диапазоны 4.9 Гц. Главной проблемой распространения 5G в России является недоступность частот в диапазоне 3.4–3.8 ГГц, а также отсутствие отечественного оборудования.

КАТЕГОРНЫЙ АНАЛИЗ ЭКОСИСТЕМ

Зеликин Н.В.

МГУ имени М.В. Ломоносова, Россия, 119991, Москва, Ленинские горы, д. 1,
8 (495) 939 1786, n-zl@yandex.ru

Понятие экосистемы впервые введено в практику биологами (А. Тэнсли, 1935), для описания системы, включающей комплекс организмов в определенной окружающей среде. Примерно в то же время математиками (С. Маклейн, С. Эйленберг, 1945) было введено понятие категорий и функторов для описания структурно подобных систем. Со временем понятийный образ экосистемы оказался полезным для применения во многих приложениях, в экономике [1], социологии , а теория категорий оказала большое влияние на развитие математики, и вместе с тем стала применяться во множестве прикладных наук. Их соединение стало естественным, так как центральной позицией и объектом рассмотрения в обоих подходах является система, её состав, структура и развитие. Категорийный метод [2], впервые как термин использованный для переноса основных идей теории категорий на иные объекты исследования, является средством анализа сложных систем, в которых каждый объект рассматривается как часть определенного единого целого. Такое рассмотрение объекта сразу означает наличие его собственной внутренней структуры. Никакая система не является полной, замыкающей в себе все свои внутренние элементы. И никакой объект не является предельно простым, не имеющим внутренней структуры. В приложениях к экосистемам это приводит к пониманию роли каждой части (вида в природных экосистемах, группы в социуме, предприятий и компаний в экосистемах бизнеса, и др.) в существовании целого и положении каждой условно локальной экосистемы в составе более общей [3]. Так, каждая бизнес-экосистема не только объединяет ресурсы и волю участников и опирается на общую базу потребительского рынка, но является формой адаптации к изменчивым социально-экономическим условиям. Социально-экономические условия также зависят от множества локальных, региональных и глобальных, в том числе эпидемиологических, геополитических явлений, а также от действия природных, часто разрушительных сил. От понимания концепций к практическим выводам и действиям ведет анализ присущих объектам отношений в составе систем, выявление наиболее существенных, выстраивание логических схем реагирования объекта в каждой конкретной ситуации. Системный подход неоднократно продемонстрировал свою эффективность в различных областях, в экологии, в области социальной политики, решениях глобальных проблем, в экономике. Синтез идей и практических наработок в области изучения экосистем и методов категорийного анализа входит ценной частью в единое и целостное мировоззрение, наряду с философией, в особенности с онтологией.

Литература:

1. *James F. Moore - A new ecology of competition.* Harvard Business Review 1993
2. *Jean-Pierre Marquis - A Study of the History and Philosophy of Category Theory.* Springer Science & Business Media, 2009
3. *Н.В. Зеликин Категорный метод в приложениях: экономика и социология.* Тезисы докладов XXIV конференции МКО. – Москва, 2022

ОСОБЕННОСТИ МОТИВАЦИИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ РАБОТНИКОВ НАУЧНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ

Ковалева А.В.

Международная межправительственная организация Объединенный институт ядерных исследований, Россия, 141980, Дубна, Жолио-Кюри, 6

Решение задач, поставленных Президентом и Правительством страны в части реконструкции научной сферы России, ее трансформации на качественно новый уровень, необходимо рассматривать в тесной связи с исследованием вопросов, связанных с особенностями мотивации работников научно-исследовательских организаций.

Рассматривая вопросы касающиеся решения дальнейшего развития отечественной научной сферы, необходимо ответить на вопрос - что такое есть научно-исследовательская организация? Ответ очевиден - это прежде всего люди. Научные работники, которые являются самым ценным ресурсом любой научной организации. И первейшая задача, которая стоит перед руководством научных организаций, это сохранение и преумножение данного научного ресурса. Одним из основных методов позволяющих решать данную проблему является система мотивации работников и механизм ее реализации.

Основными задачами мотивации в научно-исследовательских организациях являются:

- сохранение постоянного штата научных работников и предотвращение «текучки» квалифицированных кадров;
- привлечение в научную организацию наиболее грамотных (способных на самостоятельную научную работу) молодых высококвалифицированных специалистов, а также их удержание в штатах организаций;
- побуждение научных работников действовать в интересах всей научно-исследовательской организации;
- повышение качества научных исследований и разработок и производительности научного труда в целом.

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ САНКЦИОННЫХ ОГРАНИЧЕНИЙ НА ЭКОНОМИКУ СТРАНЫ (НА ПРИМЕРЕ ИРАНА)

Комкина Т.А.

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

Анализ дальнейшего развития российской экономики в условиях глобальных санкций является одной из приоритетных задач обеспечение суверенитета и экономической самостоятельности нашего государства. В связи с этим интерес представляет исследование влияния санкционных ограничений на экономику Ирана, которая имеет много общего со структурой российской экономики (являются крупнейшими нефтеэкспортерами), также прослеживается аналогия с видом введенных санкций: ограничения на продажу углеводородов, отключения от Swift, санкции против финансового, банковского, промышленного и других секторов экономики.

Исследование динамики ВВП Ирана (в % к предыдущему году) свидетельствует о сильной корреляции с этапами введения санкций, так при ужесточении санкций годовой рост ВВП становился отрицательным. Расчеты показали, что за период 2012–2022 г. ВВП на душу населения в Иране сократился в 1,9 раза [1]. Усиление санкционной политики в 2012 г. привело к ускорению инфляции, изоляция от банковской системы повлекла за собой падение товарооборота между странами, возникли проблемы с импортом товаров. В стране были предприняты меры, направленные на развитие реального сектора экономики, национального производства, при этом особое внимание уделяется научноемким секторам промышленности и отраслям по глубокой переработке углеводородов и другого природного сырья с ориентацией на экспорт.

На основе статистических данных Мирового банка (World Bank, отрасли ISIC 15-37 Международной стандартной отраслевой классификацией (МСОК)) можно проследить динамику изменения структуры обрабатывающей промышленности по ряду укрупненных направлений Ирана [2]. Проведенные расчеты показали, что доля производства машин и транспортных средств в обрабатывающем производстве Ирана за период 2012-2022 гг. снизилась на 11,3%. Значительно выросла доля продуктов питания в обрабатывающей промышленности за рассматриваемый период времени – 25%. Также в работе был проведен анализ показателей внешнеэкономической деятельности страны, развития производства высокотехнологичной продукции.

Экономика Ирана имеет свои уникальные особенности, однако изучение иранского опыта функционирования страны в условиях действия значительных санкционных ограничений может стать полезным для России.

Литература

1. The Statistical Centre of Iran (SCI), <https://www.amar.org.ir/english/Iran-Statistical-Yearbook>
2. The World Bank Group, <http://data.worldbank.org>

**МОДЕЛЬ ДЛЯ АНАЛИЗА ПОТРЕБНОСТИ В ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ
СПЕЦИАЛИСТАХ И КВАЛИФИЦИРОВАННЫХ РАБОЧИХ С УЧЕТОМ
СЦЕНАРИЕВ МАКРОЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ**

Кочеткова Е.В.

Центральный экономико-математический институт РАН,
Россия, 117418, г. Москва, Нахимовский проспект, 47
k.v.kochetkova@gmail.com

Возможности инновационного развития экономики России во многом определяются кадровым потенциалом. В последние годы неоднократно отмечался дефицит инженерно-технических кадров высшей и средней квалификации, а также квалифицированных рабочих в различных отраслях: и в промышленности, и в сельском хозяйстве. Актуальной задачей в целях анализа потенциальной несбалансированности спроса и предложения на рынке труда является моделирование потребности в специалистах по группам занятых и видам деятельности с учетом различных сценариев макроэкономического и отраслевого развития.

В работе представлена модель, позволяющая проводить сценарный анализ и прогнозирование численности занятых и потребности в специалистах для отдельных видов экономической деятельности по укрупненным профессиональным группам, включая специалистов высшей и средней квалификации в области науки и техники и информационно-коммуникационных технологий, квалифицированных рабочих промышленности и операторов промышленного оборудования. Разработка сценариев осуществлялась с учетом прогнозов Минэкономразвития до 2030 г., а также сценария роста инвестиций в промышленные производства, полученного на основе анализа зарубежного опыта реиндустириализации и экспертных оценок, приведенных в литературе.

Результаты проведенного анализа для периода 2024–2030 гг. свидетельствуют об ожидаемом росте потребности в специалистах средней квалификации в сельском хозяйстве, промышленности, строительстве, а также о вероятности сохранения нехватки квалифицированных рабочих. Неудовлетворительные условия труда, низкая престижность профессии, являясь фактором, повышающим профессиональную мобильность и отток специалистов в другие отрасли и профессии, может быть причиной сохраняющегося дефицита инженерно-технических кадров высшей квалификации. Сделан вывод, что для моделирования несбалансированности спроса и предложения, необходимо углубленное исследование стороны предложения труда, а также учета дополнительных технологических факторов, влияющих на формирование потребности в кадрах различных профессий.

**РАЦИОНАЛЬНОЕ НАЛОГООБЛОЖЕНИЕ КАК ФАКТОР СНИЖЕНИЯ
МЕЖРЕГИОНАЛЬНОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ И СТИМУЛИРОВАНИЯ РОСТА
СРЕДНЕДУШЕВЫХ ДОХОДОВ НАСЕЛЕНИЯ В РЕГИОНАХ РФ**

Кудров А.В.

Центральный экономико-математический институт РАН

В докладе будет представлена модель, объясняющая различия среднедушевых доходов между регионами РФ, и рассмотрена проблема нерациональной налоговой нагрузки регионов РФ. Согласно полученным результатам, со среднедушевыми доходами непосредственно связаны характеристики специализации региональной экономики, ВРП на душу и подушевой уровень дотационности регионов. Это позволяет построить модель для среднедушевых доходов по регионам РФ, согласно которой, например, снижение уровня обрабатывающей промышленности может привести к существенному снижению среднедушевых доходов населения, что, в свою очередь, усугубляет проблему неравенства по доходам. Далее, в докладе будет рассмотрена проблема нерациональной налоговой нагрузки, которая возникает, если планировщик может ввести нейтральные для бюджета целевые налоги и субсидии, чтобы побудить перераспределение этих ресурсов между регионами и получить уменьшение межрегиональной дифференциации по среднедушевым доходам. Полученные оценки Парето-эффективного перераспределения ресурсов неравномерны между регионами и зависят от их специализации. Будет показано, что нерациональные налоговые нагрузки регионов РФ могут быть серьезным препятствием как для уменьшения межрегионального неравенства по среднедушевым доходам, так и развития страны.

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВОЕННОГО ПОТЕНЦИАЛА

Макарова Ю.А.

Центральный экономико-математический институт РАН,
Россия, 117418 г. Москва, Нахимовский проспект, 47; тел.: (495) 779-13-25
E-mail: mak-yuliya@mail.ru

Необходимость развития военного потенциала для обеспечения национальной безопасности в настоящее время значительно усиливается с учетом нарастания глобальной нестабильности.

Военный потенциал России был значительно снижен в результате практических двадцатилетнего периода снижения расходов на оборону. Последующее увеличение финансирования обороны было недостаточно для сокращения отставания от наиболее развитых в военном отношении стран, где в этот период снижение было незначительным, либо продолжался рост расходов на оборону.

Актуальность исследования военного потенциала страны и построения возможных прогнозов его увеличения подтверждается значительными изменениями в объемах расходов на оборону наиболее развитых стран и ростом расходов на оборону в странах с нестабильной военно-политической обстановкой. Экономическая оценка военного потенциала обусловлена также необходимостью поддержания уровня расходов на оборону России в соответствии с изменяющимися политическими и экономическими условиями.

Провести оценку военного потенциала в данной работе предлагается на основе расчета военного капитала, с помощью методологии, предложенной в работе [1]. В соответствии с ней военный капитал представляет собой «накопленный объем инвестиций в фонды военного назначения и невещественные инвестиции». Данная методология также позволяет сопоставить изменение военного капитала различных стран.

Оценка военного капитала России получена для периода 1961–2022 гг. Проведено межстрановое сопоставление оценок военного капитала для США и Китая в период 1961–2022 гг., а также получена прогнозная оценка военного капитала России в среднесрочный период, учитывая изменения экономических условий и объемов расходов на оборону.

Литература

1. Варшавский А.Е. Определение уровня расходов на оборону России с учетом фактора стабильности (макроэкономическая оценка) // Вопросы экономики, № 11. 1996.

О ПОДХОДЕ К ОЦЕНКЕ СООТВЕТСТВИЯ СЕКТОРА ЭКОНОМИКИ ЗАДАЧЕ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РФ НА ПРИМЕРЕ ЯРОСЛАВСКОЙ ОБЛАСТИ

Лысенкова М.А.

Центральный экономико-математический институт РАН, Россия, 117418, г. Москва,
Нахимовский пр-т, д. 47, E-mail: lysenkovam@gmail.com

Одним из приоритетов пространственного развития РФ до 2025 года является опережающие развитие территорий с низким уровнем социально-экономического развития, обладающих собственным потенциалом экономического роста, а также территории с низкой плотностью населения и прогнозируемым наращиванием экономического потенциала [1]. Стратегия направлена на достижение устойчивого и сбалансированного развития страны, сокращение межрегиональных различий, ускорение экономического роста и технологического развития, а также обеспечение национальной безопасности. Для этого важно обеспечить условия для развития производства товаров и услуг в перспективных отраслях экономики регионов, а также опережающее развитие территорий с низким уровнем развития. Использование подходов, основанных на определении потенциала региона и инновационной активности, может способствовать разработке более эффективных рекомендаций и стратегических решений по развитию экономики и сокращению межрегиональных различий.

Задача диверсификации российской экономики особенно актуальна, так как объективно связана с необходимостью повышения экономической безопасности. В качестве оценки диверсификации экономики региона в работе рассматривается число сильных секторов экономики, доля объема производства которых в регионе выше, чем в национальной экономике. В работе [2] авторами были определены потенциально-сильные регионы, для которых превращение сектора «Строительство» в сильный возможно вследствие повышения инновационной активности, в числе таких регионов рассматривается Ярославская область. В данной работе рассмотрены показатели, характеризующие уровень экономической безопасности одного из потенциально-сильных регионов и сформулированы рекомендации.

Литература.

1. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 13 февраля 2019 г. № 207-р «Об утверждении Стратегии пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 года».
2. Afanasiev M. Y., Kudrov A.V., Lysenkova M.A. The Approach to the Diversification of the Regional Economy Taking Into Account Evolutionary Conditionality, Resource Availability and Innovation Activity // Montenegrin Journal of Economics. – 2022. – Vol. 18, No. 2. – P. 7-17. – DOI 10.14254/1800-5845/2022.18-2.1. – EDN YFXLLC.

ВЫЯВЛЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ИЗМЕНЕНИЯ ДЕМОГРАФИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ В РЕГИОНАХ ДФО

Никонова М.А.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Центральный экономико-математический институт РАН, Россия, 117418, Москва,
Нахимовский пр-т, 47, flowerchek1982@mail.ru

Снижение численности населения является одной из основных проблем изменения демографической ситуации как в стране в целом, так и в отдельных регионах. Для РФ характерна значительная дифференциация как на уровне федеральных округов, так и на уровне регионов. Так, если в целом в России за период 2005–2021 гг. численность населения практически не изменилась (прирост составил 1.6%), то в ДФО произошло снижение численности населения на 5%. При этом в Республиках Бурятия и Саха (Якутия) численность населения несколько увеличилась за рассматриваемый период (на 2% и 4%, соответственно), в то время как в остальных регионах наблюдалось снижение показателя. Так, в Забайкальском, Камчатском, Приморском краях и Сахалинской области сокращение численности населения было наименьшим (но при этом составило 7% в каждом регионе), наибольшее падение было в Магаданской области — 19%. Отметим, что относительные показатели не всегда отражают критичность ситуации: необходимо принимать во внимание не только темпы изменения численности населения, но и его абсолютные значения. Таким образом, снижение численности населения в таких регионах, как Приморский, Хабаровский и Забайкальский край (в которых живет более 50% населения ДФО) является крайне негативной тенденцией, особенно, учитывая географическое положение рассматриваемого федерального округа.

В рамках проведенного исследования (на основе регрессионного анализа) были выявлены факторы, влияющие на темпы роста численности населения, которые предварительно были разделены на следующие группы: показатели развития основных отраслей экономики региона, в том числе в разрезе доли занятых в этих отраслях, показатели демографического положения, структуры численности населения, показатели уровня урбанизации, миграции, занятости населения, уровня образования, уровня и качества жизни населения, показатели развития социальной сферы экономик регионов ДФО. Кроме этого, были определены регионы, для которых не только характерна наиболее сложная ситуация (наибольшее снижение численности населения) на данном этапе развития, но и ожидается ее ухудшение в будущем (из-за негативного влияния выявленных факторов).

Результаты проведенного исследования могут быть использованы при разработке программ социально-экономического развития регионов ДФО, федерального округа в целом, а также среднесрочных прогнозов изменения численности населения (с учетом тенденций изменения выявленных факторов).

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ В РОССИИ

Попов А.В.

МГУ им. М.В.Ломоносова

Автотранспорт является одним из ключевых нарушителей экологической безопасности, занимая особое место в техногенной модели развития большинства экономик мира. Одним из потенциальных решений данной экологической проблемы считается переход на электромобили. В докладе представлена оценка дальнейших перспектив развития электротранспорта в России.

Такая оценка может быть дана на основе анализа преимуществ и издержек владения электромобилем, достаточности сырьевой базы и уровня развития отечественных научно-технических разработок, необходимых для производства электротранспорта, с использованием методов статистического наблюдения, сравнения, прогнозирования и моделирования и математических расчетов.

Произведённые нами расчёты показывают, что срок окупаемости электромобиля по сравнению с аналогичным автомобилем на основе двигателя внутреннего сгорания составляет 9 лет. Такой срок окупаемости объясняется высокой базовой стоимостью электромобиля, которая может быть снижена запуском добычи сырья из собственных запасов (намечен на 2025-2030 гг.), развитием и государственной поддержкой отечественных научно-технологических разработок, субсидированием полного цикла производства электромобилей и расширением льгот на владение ими.

МАРКЕТИНГОВЫЕ АСПЕКТЫ ФОРМИРОВАНИЯ СОЦИАЛЬНОГО ПРОДУКТА В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ

Стреблянская И.А.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Донецкий национальный университет экономики и торговли имени М.И. Туган-Барановского"

Современное общество непрерывно сталкивается с выбором и потреблением социальных товаров и услуг. Прогресс и прогрессирование социального продукта, то есть формирование социального продукта и доведение до конечного рынка сбыта и потребителя оказывается несомненно актуальным вопросом для исследования. Потребителями социального продукта является общество, государство и органы власти. Сущность маркетингового аспекта в формировании социального продукта направлена на сообщество, на которое направлена эта реакция, соответственно общество рефлексирует, потребляя социальные товары или услуги, при этом растет в своем сознании, достигая свои цели дальнейшего развития, а также реализации империи своих возможностей.

Для формирования социального продукта и дальнейшей диагностики товарной политики предлагается учитывать маркетинговый экономический потенциал при этом целесообразно использовать индексы. В результате проведенных исследований выявлено, что для потребителя социальный продукт — это та выгода, которая способна изменить его внутреннюю среду, удовлетворить потребность в таком изменении. При этом в качестве платы за социальный продукт потребитель вносит не деньги, а свою реакцию, время, эмоции, физические силы и нравственные усилия и т.п. Цифровая стоимость социального продукта обладает такими технологическими свойствами, которые вносят в понятия меновой и потребительской стоимости новые оттенки в процессы воспроизведения совокупного общественного продукта. Цифровые платформы позволяют генерировать как новую, так и прошлую информацию о структурных составляющих живого и овеществленного труда, воплощенного в товаре или при оказании различных услуг социального значения. Стоимость товара с использованием огромной базы данных и цифровых платформ (цифровая стоимость) позволяет выявить новые грани, которые не могут быть обобщены при рассмотрении только меновой или потребительской стоимости товара в традиционной форме, а именно приобретает характер информационного социального продукта, который находит своих потребителей при помощи социальных медиа каналов и ресурсов, которые функционируют на основе маркетинговых аспектов.

Без принятия существующих норм и порядков, общество не может существовать, при этом общество может развивать социальную сферу, которая воздействует на все сферы региональной и государственной экономики для реализации и возможностей последующего развития. Исходя из этого видим необходимость прогрессивного развития маркетинга и маркетингового экономического потенциала в условиях развития российской цифровой экономики и национального развития на всех территориях России при формировании социального продукта.

О РАЗВИТИИ МОНОГОРОДОВ НА МЕЗОУРОВННЕ ЭКОНОМИКИ РОССИИ

Тарасова Н.А., Васильева И.А.

Центральный экономико-математический институт РАН

2024г. – это год завершения второй госпрограммы (на 2019-2024гг) развития моногородов, т.е. городов и поселений с единственным градообразующим предприятием, ранее крупным и развивавшимся. При ее разработке учитывались выявленные недочеты первой госпрограммы [1]. Но неизменным оставался принцип государственной помощи – «Путин отнес поддержку моногородов к числу долгосрочных государственных приоритетов» [2].

В ЦЭМИ РАН с самого начала 1992г. учитывались временные рамки задач, решаемых официальной занятостью населения. При исследованиях выявлена необходимость организации вынужденно сохраняемой занятости (ВЗ) трудящихся на предприятиях и в организациях – хотя бы для сохранения резерва рабочей силы для последующего развития экономики. ВЗ развивалась на разных уровнях экономики и при полной, и при неполной занятости наемных работников – но, главное, при сохранении их прежних социальных прав, что предохраняло РФ от развития явлений прекариатизации. Кризис 2008-2011гг. привел к пониманию необходимости ВЗ уже и на мезоуровне экономики, а именно – в кризисных (проблемных) моногородах и крупных поселках, где закрытие единственного, градообразующего предприятия означало безработицу, грозя даже существованию города. В итоге, для условий России ВЗ оценивается положительно (в качестве индикатора практической эффективности политики занятости) как средство предотвращения недопустимой в условиях РФ массовой безработицы и явлений прекариатизации населения; а на уровне мезоэкономики – еще и как средство обеспечения целостности и безопасности страны [3].

При исследовании занятости в кризисных моногородах было введено нами новое понятие «вынужденный предприниматель». Их появление властями поощрялось, но сфера их деятельности существенно ограничивалась. Эти новые частные инвесторы из бывших наемных работников, пользовались рядом льгот и финансовой госпомощью. Появившиеся позднее социальные контракты могли помочь вариантам вынужденной занятости, в т.ч. появлению вынужденных предпринимателей, и вне кризисных моногородов.

Литература.

1. Тарасова Н.А., Васильева И.А. О госпрограммах развития кризисных моногородов. Сборник докладов участников XXI Всероссийского симпозиума. Москва, С.600-602. DOI: 10.34706/978-5-8211-0783-1-s4-53.
2. Азаров Д. (2023) Инструменты развития моногородов. 26.09.2023. <http://www.russmp.ru/stat17-2-4.php>
3. Тарасова Н.А. (2011) Роль вынужденной занятости в России переходного и кризисного периодов // Власть. №2. С.92-96.

STUDYING THE PROCESSES OF INFORMATION PROPAGATION IN YOUTUBE VIDEO HOSTING SOCIAL NETWORK

Didorenko A.V., Progulova T.B.¹

Joint Institute for Nuclear Research, Laboratory of Information Technologies, Russia,
141980, Moscow region, Dubna city, 6 Joliot-Curie st., +7(964)780-27-04,
alx.did.00@gmail.com

¹Dubna State University, Russia, 141980, Moscow region, Dubna city, 19 Universitetskaya
st., +7(963)788-60-75, progulova@yahoo.com

Studies of diffusion dynamics have shown that the structure of a social network can have a key influence on emerging patterns of collective behavior. The theory of complex networks makes it possible to develop analytical and numerical methods for quantifying, predicting, maximizing, or neutralizing propagation [1]. Currently, online platforms such as YouTube play an important role in the information propagation and have a significant impact on the formation of public opinion. The paper investigates the influence of structural features of the YouTube video hosting social network on the processes of information propagation. The nodes of this network are YouTube channels, and the directional links are subscription relationships. The study consists of four main stages: (1) sampling using scanning of publicly available YouTube data; (2) studying the network structure; (3) investigating the impact of community structure on propagation, and (4) analyzing strategies for selecting propagation vertices to maximize network coverage.

The results showed that the studied network of YouTube channels is scale-free, belongs to weakly assortative (structural dissorability) and has well-defined community structures and core-periphery. To model information propagation, a hierarchical cascade model based on network connections was used, taking into account community structures and core-periphery [2]. It was found that the initiation of the propagation process from the central vertices does not maximize the information coverage, but in some cases significantly reduces the propagation time. The modeling also showed that when the structure of communities weakens, the scale of propagation increases, which allows us to talk about communities as a «trap» in information propagation.

The results obtained can be the basis for solving the problems of finding super-spreaders, creating effective strategies for blocking negative influence, forming sets of the most influential vertices for solving the problems of propagation and blocking.

References

1. Barabasi, A.-L. *Network Science* – Cambridge: Cambridge University Press, 2016. 457 c.
2. Gupta Y. *Dynamics of Information Diffusion on Online Social Networks*. - Indian Institute of Technology Ropar, 2017. 138 p.

**ENTRY PROBLEMS OF HIGHER EDUCATIONAL INSTITUTIONS GRADUATES
TO THE LABOR MARKET: AMBITIONS, REALITY, PERSPECTIVE**

Gudovich I.S., Vinokurova N.A¹

Voronezh State University,

Russia, 394018, Voronezh, Universitetskaya pl., 1.

Tel.: +7(910)-280-58-07, e-mail: gudovich@mail.ru,

¹Central 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 purpose of the study is to analyze the correspondence of the plans, preferences, desires and image of their own successful professional future for young people in higher education institutions with the real state of the labor market at present and in the near future.

The work was carried out on the basis of questionnaire surveys series of university students in Moscow, Voronezh, Astrakhan, Tver, Tyumen and Dubna. It analyzes: the motives for choosing a future job, ideas about the importance of mastering a university program for success in the professional future, preferences for the field and type of work, the choice between independence and the position of an employee, ideas about prestigious and promising specialties, as well as the state of the labor market and its problems that university graduates have to overcome when they first encounter the modern employment system.

The results of the study showed that the difficulties of university graduates entering the labor market for the first time are a serious test of the competitiveness of young people. An inadequate assessment of university students mastering universal and professional competencies the importance, relying on their own abilities and opportunities as a source of future professional success, absence of self-determination among university youth regarding their work in the future, misconceptions, and ignorance of the state of the labor market give rise to great difficulties for graduate's universities when they first enter the labor market. Modern students are ambitious; they see themselves in high labor positions as an organizer, manager, or highly paid specialist. Most of them would not like to have any bosses over them at all. Along with other reasons (which there are many), an important role here is played by a significant drop in the quality of education and the rejection on its educational function. Russian education needs a serious transformation, which implies, in addition to increasing the level of mastering competencies, a social orientation in working with young people, which will make it possible to educate a conscious professional creator and citizen instead of an infantile hedonist consumer. Without such changes, Russian education will finally cease to fulfill its main function - the preparation of highly qualified specialists for knowledge-intensive sectors of the economy.

S5

**ГУМАНИТАРНОЕ И ЕСТЕСТВЕННО-
НАУЧНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ**

**NATURAL AND SOCIAL
SCIENCE EDUCATION**

Руководители:

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

«ОХОТА» ЗА ИНФУЗОРИЕЙ. ФОРМИРОВАНИЕ ИНТЕРЕСА К ИЗУЧЕНИЮ ПРИРОДЫ У ДОШКОЛЬНИКОВ 5-6 ЛЕТ

Быкова И.А., Быкова И.А., Петрова Ю.В.

Государственное бюджетное общеобразовательное учреждение города Москвы

«Школа № 37». Россия, 119192, г. Москва, ул. Столетова, д.3

Тел.: (499) 739-35-21, Факс:(499)739-35-28, E-mail: 37@edu.mos.ru

Решение задачи научить дошкольников самостоятельно строить свои отношения с природой, другими людьми, осуществлять действия по самопознанию, самоопределению и формировать через это отношение к самому себе лучше всего осуществляется через детское экспериментирование, т.к. каждый ребенок в душе является экспериментатором. В экспериментировании ребенок выступает в роли исследователя, который самостоятельно и активно познает окружающий мир, используя разнообразные формы воздействия на него. Наши дети знают много разных животных. Одни обитают на суше, другие на земле, третьи - в воде. Животные могут быть разного размера, однако существуют мельчайшие, за которыми без навыков использования микроскопа, ребенок не сможет наблюдать. Целью проекта «Охота за инфузорией» было получение детьми знаний об одноклеточных животных – простейших. Для эксперимента были взяты две колбы. В первой колбе находилась вода из аквариума, а во второй - отстоянная вода из -под крана. Под микроскопом дети увидели, что в капле чистой воды, никакого движения не наблюдалось. А в капле воды, взятой из аквариума, - мельчайшие частицы, которые напоминали человеческую подошву. Из научной литературы было установлено, что эти частицы - простейший одноклеточный организм, инфузория туфелька. Тело инфузорий покрыто ресничками, с помощью которых быстро двигается и охотится. Обитает в пресных водах, а также во влажной почве, в аквариуме. Для размножения питается бактериями, водорослями. Совместно с детьми было решено попытаться увеличить численность инфузорий, добавив в колбу с аквариумной водой, продукты питания (сушёную кожурку банана), при этом поместив ее в теплое темное место. В источниках также указывалось, что инфузории лучше всего разводятся и живут при температуре 20 -25 градусов. Через три дня вода в колбе помутнела, покрылась пленкой, появилась слизь и неприятный запах. Рассмотрев под микроскопом каплю воды, дети сразу заметили, что количество живых микроорганизмов в ней резко возросло. Это были не только инфузории, но и другие простейшие организмы. В результате исследования дети познакомились с удивительным миром микроорганизмов, который можно вырастить в домашних условиях, при наличии питательных веществ (бактерий), а также получили навыки использования научного оборудования – оптический микроскоп.

**МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ АКЦЕНТЫ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ВОПРОСОВ
СИММЕТРИИ В ШКОЛЕ И ПРИМЕНЕНИИ ВОПРОСОВ СИММЕТРИИ В
ИНЖЕНЕРНЫХ ВУЗАХ**

Голицына И.А.

Ярославское высшее военное училище противовоздушной обороны

Подготовка специалистов инженерного вуза немыслима без прочных знаний основ математического анализа. В частности, при изучении периодических сигналов разложение функций в ряд Фурье, поиск коэффициентов Эйлера-Фурье значительно упрощается, если преобразуемая функция является чётной или нечетной.

К сожалению, к моменту поступления на первый курс вузу курсанты утрачивают элементарные знания, касающиеся вопросов центральной и осевой симметрии, применению свойств симметрии при исследовании функций и построении графиков. Камнем преткновения является выполнение одного из заданий курсовой работы: дать аналитическое представление сигнала, разложить в ряд Фурье по синусам функцию, заданную на половине периода (и т.д.).

Нами была установлена связь между вопросами изучения симметрии в школьном курсе математики, а затем на первом курсе военного вуза.

В докладе говорится о том, каким образом можно организовать занятия по математике в средней общеобразовательной школе, чтобы вызвать интерес школьников к вопросам, связанным с симметрией и стимулировать применение знаний к решению практических задач; как изучение рассматриваемых вопросов может быть связано с эстетическим и патриотическим воспитанием школьников. Только при осознанном восприятии знаний активизируется познавательная деятельность школьников по изучению вопросов симметрии, которые необходимы для дальнейшего совершенствования и применения при изучении математики и инженерных приложений в вузе.

Нами также разработана и представлена в докладе методика организации учебных занятий с курсантами первого курса, тематика и содержание военно-научных работ, направленных на расширение представлений о возможностях применения вопросов симметрии, в том числе, для укрепления обороноспособности страны.

Вопрос создания качественного и дешевого в производстве оружия является актуальным вопросом в нынешней мировой обстановке. Отчасти решить этот вопрос помогают правила и законы симметрии, которые при конструировании современной техники играют ключевую роль, обеспечивающую имнюю надежность для выполнения боевых и других задач.

Мы полагаем, что рассмотренные в докладе подходы позволят осуществить преемственность в вопросах изучения симметрии в школе и военном вузе, сделают осознанным и привлекательным изучение данных вопросов обучаемыми и обучающимися.

О ВВЕДЕНИИ ПОНЯТИЯ ПРЕДЕЛА В КУРСАХ МАТЕМАТИКИ

Довбыш С.А.

СУНЦ МГУ имени М.В. Ломоносова, Россия, 121357, Москва, ул. Кременчугская, д.11.
Тел. 8 (926) 1232836, e-mail: sdovbysh@yandex.ru

Основополагающее понятие предела (последовательности и функций) оказывается сложным для изучения и многие учащиеся испытывают проблемы с его усвоением. Удалось выявить некоторые типичные несовершенства изложения этого понятия во многих курсах, а также специфические подходы и особенности некоторых курсов, призванные упростить его изучение. Основные из недостатков следующие:

1) Определения даются формально, без разъяснения не наглядном уровне их сути; в значительной части учебников отсутствуют графические иллюстрации. Представляется полезным проиллюстрировать два-три конкретных примера вычисления предела, пользуясь только его интуитивным понятием и наглядными рассуждениями (как это делали все математики до введения строгих определений). Такой подход присутствовал в старых учебниках, а ныне он в значительной мере изгнан, хотя порой и встречается, особенно в учебниках для вузов с небольшой программой по математике.

2) Поскольку суть понятия предела не прояснена, то остаётся непрояснённой и связь между определениями предела функции для разных случаев значения предела (конечное число или бесконечность со знаком или без знака) и разных случаев стремления переменной. Во многих учебниках не разъясняется чётко, в чём состоит общая схема построения предела.

3) По сути дела, концепция предела функции основана на понятии «переменная величина стремится к пределу» применительно и к значению функции и к независимой переменной. Как оказалось, в большинстве старых классических учебников даётся обсуждение этого понятия, вначале на интуитивном уровне, а потом и в более строгих терминах для каждого конкретного случая стремления. Определение предела функции оказывается производным от понятия предела переменной величины. Этот подход лучше способствует пониманию сути понятия предела, а также следует его возникновению и историческому развитию. Но ныне он из современных учебников почти совершенно изгнан. Сам Коши использовал понятие предела именно в терминах неконкретизированной переменной величины. Н.Н.Лузин, поддерживая описанный подход, определённо высказывался в пользу «самого широкого введения», в педагогических целях, «изменения величин» и при этом отмечал «упрек в нестрогости».

Отметим в этой связи, что и ряд других авторитетных авторов (А.Пуанкаре, Ф.Клейн, А.Лебег, А.Н.Колмогоров и особенно М.Я.Выгодский) говорили о необходимости подхода в преподавании математики (особенно для нематематиков), основанном на использовании наглядности и интуиции, а вовсе не чистой логики, с последующим «логическим уточнением и очищением» (М.Я.Выгодский) идей и нестрогих понятий, что следует историческому пути развития науки.

РАСТЕНИЯ-СИНОПТИКИ НА УЧАСТКЕ ДЕТСКОГО САДА

Зезюля Н.В., Депутатова О.А.

Государственное бюджетное общеобразовательное учреждение
города Москвы «Школа № 37»
Россия, 119192, г. Москва, ул. Столетова, д. 3, тел. (495) 932-61-02, (499) 739-35-
21, (499) 739-35-28 – факс, e-mail: 37@edu.mos.ru

В зависимости от того, какая ожидается погода, мы планируем свой день. Знать о ней важно людям многих профессий: летчикам, морякам, садоводам, шоферам, спортсменам и, даже, космонавтам. Сейчас о погоде можно узнать из телевизора, радио, интернета. Но так было не всегда. С давних времен люди пытались ее предсказать. Наблюдая за растениями, животными и подмечая изменения в их поведении, человек до сих пор может предвидеть и научиться предсказывать погоду. В один из весенних дней на прогулке, воспитатель, проходя мимо куста сирени, сказала ребятам старшей группы, что сегодня возможен дождь, потому что ее цветы очень сильно пахнут. И, действительно, вскоре на небе появилась дождевая туча. Оказывается, что растений, предсказывающих погоду много. Они получили название «живые барометры». Цель нашего исследования: установить, верны ли приметы об их поведении и изменениях погоды, и могут ли такие растения предсказывать погоду? Из литературы мы узнали о растениях-синоптиках. На территории детского сада они тоже есть. Наблюдали за кленом, конским каштаном, елью, сиренью, одуванчиками, кислицей и их поведением в разную погоду. Для простого прогнозирования погоды мы разместили на своём участке мини-метеостанцию, в которой имеется термометр, компас, флюгер, дождемер и солнечные часы. Термометр позволяет нам определять температуру окружающего воздуха и изучать понятия «холодно», «тепло», «жарко» и т.д. Для определения влажности воздуха нам служит подвешенная сосновая шишка. Этот прибор называется гигрометр. Если воздух сухой - шишка раскрывается, если влажный – закрывается. На крыше домика расположены солнечные часы - древнейшее приспособление для определения времени. Работа на метеостанции позволила детям ежедневно проводить наблюдения за погодой в определенной последовательности. На прогулке мы наблюдали за небом и облачностью, оценивали силу ветра, измеряли количество осадков, определяли температуру и влажность воздуха. Свои наблюдения мы записывали в дневник и делали примерный прогноз погоды, который сообщали воспитателям и детям других групп, родителям. А потом мы сравнили предсказания растений с данными приборов и оказалось, что они совпадают! Например, если стрелка барометра указывала на дождь (низкое давление), то на листочках клена и конского каштана мы всегда замечали капельки влаги, а около кустов сирени ощущали сильный запах. Оказывается, на земле есть живые растения и деревья, которые могут достаточно точно предсказать изменения погоды без сложных расчетов. Необходимо лишь внимательно осмотреться вокруг, и природа сама расскажет нам, какая погода будет в ближайший период.

ОБ ОНТНОГЕНЕЗНОМ МЫШЛЕНИИ КАК ФАКТОРЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

Карякин Ю.В.

Томский политехнический университет, art-39-1@yandex.ru

Обращаемся к результатам исследования познания в образовательном процессе высшей школы, осмысливаемым в синтетической парадигме трёх начал: в естественно-научном видении явления ОБРАЗОВАНИЕ, в его метафизической трактовке и в христианской традиции. Актуализируемые результаты суть продукт исследований образования в специфических условиях наблюдения за процессом [1]. Специфика наблюдения – в системно организованном сопровождении технологического цикла обучения, включающего фазы проектирования, исполнения и анализа:

- Фаза проектирования включала следующие операции: понятийно-поэлементное структурирование учебного материала, разработка и формирование комплекса средств управления познавательной деятельностью студентов на основе автоматизированной обратной связи и подготовка документальных средств анализа результатов учебного занятия;
- Фаза исполнения включала: оперативное управление познавательной деятельностью студентов на основе диагностического тестирования, формирование протоколов взаимодействия лектора с аудиторией, ориентированных на индивидуальные корректирующие задания и руководство групповыми практическими занятиями.
- Фаза анализа проведённого занятия выполнялась на основе документа Протокол занятия, содержащего результаты учебных действий студентов и управляющих действий преподавателя.

В ходе исследований данные наблюдения обрабатывались, публиковались обобщения и выводы в концепциях педагогики, психологии и кибернетики, но концептуально и методологически продолжается их осмысливание в аспектах более широкого видения, со-поставления с иными ракурсами описания познания, в частности, в аспектах метафизического и религиозного взорваний.

Литература.

1. Агранович Б. Кибернетика и лекция - уникальный эксперимент в инженерном образовании / Б. Агранович, Ю. Карякин, А. Рудаченко // Alma mater: Вестник высшей школы / гл. ред. О. Долженко; – 2005. – N8. – С.16-20.

PAPERCRAFT – БУМАЖНОЕ ИСКУССТВО

Ковалева М.А.

Государственное бюджетное общеобразовательное учреждение города
Москвы «Школа № 37»
Россия, 119192, г. Москва, ул. Столетова, д. 3, тел. (495) 932-61-02, (499) 739-35-21,
(499) 739-35-28 – факс, e-mail: 37@edu.mos.ru

В настоящее время в образовательную деятельность детских садов вводят новые педагогические технологии. Одним из видов современных технологий является Papercraft – бумажное моделирование. Эта неизвестная нам технология, довольно новая, понравилась нам своей необычностью. Мы подумали, а смогут ли дети развить конструктивные умения по созданию новых оригинальных поделок, следовать всем этапам выполнения и реализовать собственные замыслы?

Свою работу с детьми мы начали со знакомства с техникой Papercraft. С помощью презентации «Знакомьтесь, Papercraft» ознакомили детей с историей возникновения техники, с необходимыми инструментами, материалами. Показали ребятам готовые работы, после чего они проявили интерес к самостоятельному изготовлению моделей.

В своей работе мы использовали принцип от простого к сложному. Сперва начали складывать и склеивать очень простые развертки – модели животных. В процессе ребята продолжали знакомиться с различными геометрическими фигурами: треугольником, квадратом, трапецией и т.д.

Когда у нас появилось уже достаточное количество животных, возникла идея изготовить макет «В лесу». Работы детей были выставлены на готовый макет и в свободное время они с удовольствием используют бумажные изделия в самостоятельной игре. На следующих занятиях ребята закрепили полученные знания и умения. Были изготовлены модели «Фрукты на тарелке», которые прекрасно вписались сюжетно-ролевые игры «Семья», «Магазин», «Принимаем гостей».

После изготовления простых моделей началась деятельность по изготовлению более сложных. Такая работа позволила детям работать в команде – сборка моделей проходила поэтапно. В течение двух месяцев мы работали над самой сложной моделью этого проекта «Сова».

Для достижения положительных результатов в развитии ребёнка невозможно ограничиться только работой, проводимой в стенах детского сада. Родители – это самые заинтересованные и активные участники воспитательного процесса. Родители нашей группы были ознакомлены с технологией обучения Papercraft, им были предложены готовые развертки моделей для вырезания и склеивания дома.

В результате обучения технике «Papercraft» у детей развились конструктивные умения, которые лежат в основе конструктивно-пластического творчества. В заключение хочется отметить, что систематические занятия с ребенком бумажным моделированием в технике «Papercraft» – гарантia его всестороннего развития, успешной подготовки к школьному обучению и письму.

**МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЙ ПРОЕКТ «ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ
РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ ПО БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО
ДВИЖЕНИЯ «ДЕТИ.ДОРОГА.ЖИЗНЬ.»**

Колотова Н.Ю., Наумова М.М., Яворская Е.Л.

МАОУ «Гимназия №56», Россия, 426034, г.Ижевск, ул.Удмуртская, д.230,
8(3412)433483, post@labore.ru

Идея междисциплинарного проекта «Инновационная технология реализации программы по безопасности дорожного движения «Дети.Дорога.Жизнь.» определилась на стыке требований ФГОС и задач национальных проектов: Федерального проекта «Успех каждого ребенка» Национального проекта «Образование» и Федерального проекта «Безопасность дорожного движения» Национального проекта «Безопасные и качественные дороги» в части п.5 «Совершенствование обучения детей основам правил дорожного движения и привития им навыков безопасного поведения на дорогах».

Цель проекта – создание инновационной технологии реализации разработанной в гимназии программы по безопасности дорожного движения «Дети. Дорога. Жизнь.» на основе межпредметной интеграции и комплексного использования ресурсов урочной и внеурочной деятельности.

Задачи: разработка эффективных форм организации образовательной деятельности, направленной на освоение обучающимися навыков безопасного поведения на улицах и дорогах; создание методических и дидактических материалов на основе интеграции содержания различных предметных областей с учетом их направленности на формирование функциональной грамотности обучающихся в вопросах личной безопасности и безопасности окружающих участников дорожного движения; создание сайта как инструмента для систематизации разработок и конструирования циклов занятий, уроков, мероприятий, образовательных событий.

В ходе проекта на основе принципов непрерывности, преемственности и системно-деятельностного подхода разработаны: модульная структура программы «Дети. Дорога. Жизнь.», включающая в себя 4 модуля: классные часы; ПДД в любом уроке (интеграция в материал урока элементов содержания ПДД); внеурочная деятельность; работа с родителями. Каждый модуль наполнен соответствующими методическими материалами.

Инструментом реализации инновационной технологии стал электронный ресурс - сайт «Дети.Дорога.Жизнь.» - методический конструктор, позволяющий учителям, педагогам дополнительного образования, педагогам-организаторам, кураторам по профилактике детского дорожно-транспортного травматизма формировать собственные дорожные карты – «Образовательные маршруты класса по изучению правил дорожного движения» - в зависимости от своих задач, возрастной категории обучающихся, их образовательных потребностей, в том числе для детей с ограниченными возможностями здоровья, с разным уровнем подготовки и мотивации, а также уровнем оснащенности образовательной организации и её местоположения. Эффективность технологии реализации программы доказана в ходе её апробации в гимназии.

**РАЗВИТИЕ ПОИСКОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ
АКТИВНОСТИ У ДОШКОЛЬНИКОВ. ПРОЕКТ «МИР БУМАГИ»**

Левинская Д.Д., Петрова Ю.В., Владимирова Т.В.

Государственное бюджетное общеобразовательное учреждение города Москвы
«Школа №37», 119192, г. Москва, ул. Столетова, д.3, email: 37@edu.mos.ru,
Тел. (495) 932-61-02, (499) 739-35-21, (499) 739-35-28 – факс

Исследовательская деятельность- одно из важнейших направлений в дошкольном образовании. Исследовательская деятельность в рамках такой образовательной технологии, как проект, удобный инструмент для педагога дошкольных групп.

В марте-апреле 2022 года в средней группе детского сада был проведен среднесрочный проект на тему «Мир бумаги». Проект длился 6 недель, каждая неделя была посвящена различным темам: история бумаги, свойства и качества, творчество из бумаги, бумажные игры и игрушки, книги и неделя итогов. Это позволило глубоко проработать весь материал и интегрировать тему в разные виды деятельности. Цель проекта: создание условий для формирования у детей знаний и представлений о бумаге, ее качествах и свойствах. Задачи: развивать познавательные способности детей в процессе совместной исследовательской деятельности, практических опытов с бумагой. Формировать и поддерживать интерес детей к окружающему миру, удовлетворять детскую любознательность. Поощрять самостоятельные «открытия» детьми свойств материалов. Формировать у детей умения самостоятельно делать выводы исследований, опираясь на схемы, активизировать речь детей.

В рамках проекта был создан «Музей бумаги», выставка продуктов совместного творчества детей и родителей. Было проведено тематическое открытое занятие-экспериментирование «Свойства бумаги», досуг: «Бумажные старцы», «Викторина», «Бумажный театр». Так же, в ходе проведения проекта, план был доработан с учетом вопросов детей, и было проведено занятие экспериментирование «А это тоже бумага?», на котором ребята исследовали тетра-пак, влажные салфетки и фантики.

Благодаря поэтапному и тщательному изучению материала, а также интегрирование данной темы в различные виды деятельности (речевое развитие, творчество, подвижные игры и др.), информация нашла отклик в самостоятельных играх детей, их свободном творчестве. Приемы исследования были применены детьми и в других видах деятельности, способствуя познавательному развитию ребенка. Усвоение новой информации посредством игр, просмотра научно-познавательных видео и мультифильмов, творческой деятельности, самостоятельного экспериментирования- это эффективный способ системно-деятельностного подхода в образовании.

ЭФФЕКТИВНЫЕ ПРИЕМЫ СОПРОВОЖДЕНИЯ МОЛОДЫХ ПЕДАГОГОВ ДЛЯ УСПЕШНОЙ АДАПТАЦИИ В ШКОЛЕ

Макарова О.В.

Муниципальное автономное общеобразовательное учреждение «Гимназия №56»,
Россия, 426034, г. Ижевск, ул. Удмуртская, 230, Тел.(3412)433483, факс (3412)433483
E-mail: makarova_sch56@bk.ru

Наставничество в современном мире позволяет получать опыт, знания, формировать навыки, компетенции и ценности молодому педагогу более быстро, чем другие способы передачи и это критически важно в современном мире. Высокая скорость обусловлена двумя факторами: во-первых, это непосредственная передача живого опыта от человека к человеку, во-вторых - доверительные и взаимообогащающие отношения, выгодные всем участникам наставничества.

С целью организации поддержки и методической помощи молодым специалистам в гимназии №56 г.Ижевска создана «Школа наставничества», разработана двухконтурная модель работы с молодыми педагогами. Цель «Школы наставничества» создать условия для максимально полного раскрытия потенциала личности молодых педагогов, через эффективную систему методического сопровождения. В «Школе наставничества» происходит закрепление молодых специалистов за наставниками, используются такие формы и методы работы как: семинары-практикумы, круглые столы, обмен опытом, арт-сессии, анализ педагогических ситуаций. Одной из важнейших задач наставников является повышение мотивации молодых специалистов через личный пример развитие интереса к профессиональной деятельности, приглашения молодых учителей на свои открытые уроки и уроки других педагогов-профессионалов, приобщения молодых специалистов к совместному участию в олимпиадном, конкурсном движении на уровне школы, города, республики. И в этом становлении молодым педагогам помогают ведущие специалисты и методисты гимназии. В «Школе наставничества» молодой педагог обсуждает свои профессиональные проблемы и получает реальную помощь от наставника и коллег. Молодые специалисты как правило «на ты» с современными гаджетами. Поэтому одно из направлений работы по повышению мотивации учителей можно связать с ИКТ-технологиями, в том числе работой в дистанционном режиме. При этом молодые специалисты чувствуют себя уверенно, создается ситуация успеха, повышается мотивация к саморазвитию. Одной из наиболее сложных составляющих педагогической деятельности для молодых специалистов является разработка текущей отчетной документации. Для повышения эффективности работы в этом направлении наставником для молодого педагога предлагаются памятки, примеры технологических карт уроков, а также ресурсы, в том числе интерактивные. Научившись работать по алгоритму, молодые учителя чувствуют себя более уверенно. Это мотивирует их осваивать новые сферы деятельности.

Таким образом, перечисленные выше направления работы с молодыми специалистами наиболее эффективны и значимы на адаптационном этапе.

ЭЛЕКТРОННЫЙ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС, КАК СРЕДСТВО ОБУЧЕНИЯ ДИСКРЕТНОЙ МАТЕМАТИКЕ СТУДЕНТОВ-ПРОГРАММИСТОВ УСКОРЕННОЙ ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Мамалыга Р.Ф., Прытков М.П., Утюмова Е.А.¹

УрГЭУ, Россия, 620141, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта, 62/45, +7-950-6356374, E-mail:
gcg45@mail.ru

¹УрГПУ, Россия, 620017, г. Екатеринбург, ул. Космонавтов, 26, E-mail:
utymovaea@mail.ru

Одной из главных задач обучения дискретной математике будущих программистов творится меньше времени, чем для студентов традиционной формы обучения. Решить проблему нехватки времени для глубокого усвоения дисциплины помогает система учебного назначения, которая обеспечивает непрерывность и полноту процесса обучения и содержит теоретические, практические, контролирующие материалы (электронный учебно-методический комплекс (ЭУМК)), разрабатываемый авторами доклада. В структуру ЭУМК, который создан на платформе электронного обучения Sakai, входят методический, информационный, обучающий и контролирующий блоки. Методический блок содержит указания по использованию данного комплекса. В информационный блок входит теоретический материал дисциплины, который включает учебники, учебные пособия, методические рекомендации и видео уроки по темам курса. Обучающий блок содержит практикум для организации самостоятельной работы будущих программистов. Кроме рассмотрения традиционных тем (перестановок, подмножеств, покрытия и разбиения и т.д.), описаны алгоритмы их получения на языке программирования Python. Контролирующий блок включает тесты для самопроверки усвоенных знаний и умений, предлагающий возможность коррекции знаний студентов. Особенность контролирующего блока заключается в том, что после выполнения тестов студент может посмотреть не только верный ответ на задание, но и его решение на языке программирования Python. На данный момент разработаны тесты для двух уровней обучающихся (начинающих и имеющих более высокий уровень математической подготовки студентов) по разделам: «Элементы математической логики», «Элементы теории множеств», «Комбинаторика», «Введение в теорию графов».

Цель работы – создание и апробация электронного учебно-методического комплекса в процессе обучения дискретной математике студентов-программистов ускоренной формы обучения. Электронный учебно-методический комплекс позволяет реализовать индивидуальную траекторию изучения курса на основе теоретического материала, интерактивного практикума и тестов, предусматривающих возможность интеграции предметных знаний с будущей профессиональной деятельностью студентов.

РАЗВИТИЕ ПОЗНАВАТЕЛЬНЫХ СПОСОБНОСТЕЙ У ДЕТЕЙ РАННЕГО ВОЗРАСТА ПРИ ОБЩЕНИИ С ПРИРОДОЙ

Мартиросова О.А.

Государственное бюджетное общеобразовательное учреждение города
Москвы «Школа № 37»
Россия, 119192, г. Москва, ул. Столетова, д. 3,
тел. (495) 932-61-02, (499) 739-35-21, (499) 739-35-28 – факс, e-mail: 37@edu.mos.ru

Детство – это пора поисков ответов на разные вопросы. А ранний возраст – это короткий промежуток времени, охватывающий период от 1 года до 3 лет. Все, что узнал или не смог узнать ребенок в эти ранние годы, ощутимо отразится на его дальнейшем интеллектуальном развитии, и школьное обучение будет не в состоянии компенсировать пробелы в развитии малышей. Поэтому главной задачей воспитателей и родителей является развитие познавательных способностей ребенка. В процессе общения с окружающими он усваивает язык, а вместе с ним и сложившуюся систему понятий. Нашу группу посещают дети от 1 года 6 месяцев до 2 с половиной лет. Это самая благоприятная пора, во время которой ребенок начинает открывать для себя окружающий мир, когда растут потребности ребенка в знаниях, активно развивается его познавательная активность. Важно позаботиться о развитии таких качеств, как умение наблюдать, внимательно слушать, рассматривать. Представления об окружающем мире возникают у детей в процессе наблюдений, а затем и участия в различных видах деятельности, организуемых взрослым. Так как на территории нашего детского сада уже давно существует природный объект «Уголок леса» и к нам залетают многочисленные обитатели семейства пернатых, у нас есть возможность наблюдать их видовое разнообразие. В ходе знакомства с окружающим и миром природы, я создала проблемно – поисковую ситуацию «Как можно помочь птицам зимой». Целью наших «занятий» было познакомиться с миром птиц, которые остаются зимовать в городе. Мы рассмотрели внешний облик, повадки, чем они схожи и чем отличаются, а также поговорили о роли человека в жизни птиц. Детям были предложены картинки для рассматривания и рассказывания. Они с удовольствием прослушивали птичьи голоса и отвечали на вопросы. На прогулке мы рассмотрели ворону и воробья, нашли отличия. И вот тогда я задала вопрос: «Как помочь птицам в нашем уголке леса?». И сама же подвела их к мысли о том, что можно было бы их подкармливать. Мы смастерили кормушку. Попросили родителей принести семечки, различные зерна, пшено. Рассмотрели все это. Потрогали. Также было изготовлено пособие из фетра «Кормушка на дерево», где дети, определяя по цвету сажали птиц на кормушку – сначала летели птички с желтой грудкой (синицы), потом с красной грудкой (снегири). И конечно неоценимый вклад внесли наши родители. Они были заинтересованы нашей темой, дополнительно дома или на прогулках после сада вели наблюдения. И всегда старались подкреплять полученные знания своими действиями.

САМАЯ КРАСИВАЯ ФОРМУЛА МАТЕМАТИКИ И МЕТАПРЕДМЕТНЫЕ СВЯЗИ

Наараленкова И.И., Шивринская Е.В.

Россия, 121352, Москва, ул. Кременчугская, д.11, СУНЦ МГУ, кафедра математики,
тел. +7 499 445-40-54

Согласно учебному плану по дисциплине «Алгебра» на тему «Комплексные числа» в СУНЦ МГУ отводится не так и много времени, за которое необходимо рассмотреть алгебраическую, тригонометрическую и экспоненциальную форму записи, действия над комплексными числами, возведение в степень комплексного числа и извлечение корня из него, формулы Эйлера, основную теорему алгебры. Знание этого теоретического материала в дальнейшем будет активно использоваться при изучении теории чисел, в комплексном анализе, в механике разрушения твердых тел и других разделах математики и механики. В связи с этим возникает необходимость разработки материалов, предназначенных для освоения важного понятия «экспоненциальная форма комплексного числа» и формулами Эйлера, которые используются во многих разделах современной математики, механики и физики.

Разработанный методический материал может быть полезен и в дальнейшем обучении, на занятиях по, например, аналитической геометрии как для снятия трудностей при изучении разных форм комплексных чисел (ранжирование математического материала по степени его практической необходимости в дальнейшем изучении других дисциплин), так и для расширения математического кругозора.

Самым ярким и любимым учениками моментом в разделе «Комплексные числа» является формула Эйлера $\cos \varphi + i \sin \varphi = e^{i\varphi}$, если подставить в нее $\varphi = \pi$ и учесть $\cos \pi = -1$ и $\sin \pi = 0$, получим $e^{i\pi} + 1 = 0$. Это замечательное соотношение между фундаментальными константами в математике: нулем, единицей, мнимой единицей, числами π и e называют самой красивой математической формулой. По словам академика А.Н.Крылова «в ней таинственным образом воссоединились числа, символизирующие арифметику (0 и 1), алгебру (i), анализ (e) и геометрию (π)».

Данная тема очень хорошо показывает метапредметные связи и является хорошей основой для творческих работ школьников.

СОВРЕМЕННАЯ АКТИВИЗАЦИЯ ПЛАНЕТЫ: ПРИЧИНЫ, ХАРАКТЕРНЫЕ ПРИМЕРЫ И ПОСЛЕДСТВИЯ

Натяганов В.Л.

Московский государственный университет им М.В. Ломоносова, Россия, Москва, email:
tenzor-home@yandex.ru

Современная активизация планеты (САП) проявляется в росте числа и энергетики опасных явлений природы (ОЯП) катастрофического характера (сильных землетрясений и извержений вулканов, мощных ураганов и серийных торнадо, продолжительных ливней и наводнений...) при существенном расширении географии их проявлений.

Обсуждаются возможные причины САП, триггерные факторы электромагнитной (солнечные вспышки и участившиеся геомагнитные толчки) и гравитационной природы, особенно в годы особых астрономических конфигураций (ОАК) в Солнечной системе и Великих противостояний Земли с Марсом.

К специфическим ОАК следует отнести и ситуации, когда барицентр (центр масс) Солнечной системы выходит за пределы Солнца, что соответствует наибольшему диссонансу в Солнечной системе и приводит к росту ОЯП различных геофизических типов. Подобные ОАК были в 1901, 1932, 1970 и 2011 гг, повторяясь примерно через 30-40 лет. Наиболее неординарные примеры катастрофических ОЯП произошли в 1932 и 2011 гг.: без видимых триггерных причин (близких или сильных, но удаленных землетрясений) 18.04.1932 г. произошло внезапное пробуждение 25 вулканов вдоль побережья Чили; а 11.03.2011 г. у берегов Японии случилось цунамигенное землетрясение Тохоку, которое по принципу домино вызвало природно-техногенную катастрофу на АЭС Фукусима; в США за 2 недели апреля прошла рекордная серия из более 500 торнадо, что составляет около половины среднегодовой нормы.

Приводятся и другие характерные примеры неординарных случаев ОЯП различных геофизических типов (от землетрясений и недавно обнаруженных сейсмических "гвоздей" до ураганов и торнадо) с временной привязкой к ОАК, а по пространству – к критическим параллелям планеты.

ФОРМИРОВАНИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ ДЕТЕЙ О КОСМОСЕ ЧЕРЕЗ ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ЗВЕЗДНОГО СВЕТА ДНЁМ

Оноприенко Е.Э., Анохина Е.А., Зезюля Н.В., Петрова Ю.В.

Государственное бюджетное общеобразовательное
учреждение города Москвы «Школа № 37», Россия,
119192, г. Москва, ул. Столетова, д. 3 Тел.(499) 739-35-28 e-mail: 37@edu.mos.ru

Интерес к космосу пробуждается у человека рано. Мы с ребятами начали изучать одну из важных частей науки, связанной с природой, – космос. Целью проекта стало изучение особенностей звездного света днём. Когда солнце исчезает за горизонтом и наступает ночь, перед глазами возникает восхитительная картина: звездное небо. Выйдя на дневную прогулку, дети обратили внимание на небо и задали вопрос: «Почему сейчас не видно звёзд? Куда они пропадают днем?» Решили выяснить, можно ли увидеть звезды днём. Для того, чтобы наблюдать за небесными телами, астрономы используют телескоп. Познакомились с переносным телескопом: из чего он состоит и принцип работы. Давайте подумаем, почему звёзды днём не видны? Ответ на вопрос получили из опыта, который поясняет исчезновение звезд при дневном свете. В боковой стенке картонного ящика мы пробили несколько дырочек, наподобие созвездий, а снаружи наклеили лист белой бумаги. Ящик поместили в темной комнате и осветили изнутри фонариком. Ребята увидели, что на пробитой стенке выступают освещенные изнутри дырочки – это звёзды на ночном небе. Но стоило нам, не прекращая освещения изнутри, зажечь в комнате свет (восход Солнца), как тут же звезды на листке бумаги исчезли. Нашли ответ, обратившись к научной литературе, – днём звездный свет никуда не исчезает, он становится менее заметен из-за рассеянного в атмосфере солнечного света. Неужели солнечный свет не позволяет нам прикоснуться к глубинам космоса. Какой свет? Правильно – солнечный. А Солнце – Звезда, ближайшая к нам и видимая только днём. Сделали вывод: одну звезду мы можем увидеть даже без специальных приборов. Для того, чтобы видеть звезды в любой день, изготовили с ребятами макет карты звездного неба Москвы. Роль звезд на ней выполняет обычная гирлянда. Всё же увидеть остальные звезды днем считается возможным, если яркий фон дневного света ослабнет. Например, если произойдет полное солнечное затмение, то яркие звезды и планеты будут видны днём. Что такое солнечные затмения, когда их можно наблюдать, удастся ли увидеть звезды днем? Мы с детьми узнаем в новых исследовательских проектах.

Литература.

1. Новая детская энциклопедия/ Москва «РОСМЭН» 2006
2. А.В. Колпакова «Загадки и тайны Вселенной», Москва, «Олма Медиа Групп», 2014
3. Я.И. Перельман «Занимательная астрономия» СЗКЭО, 2017

СЕМЕЙНАЯ ШКОЛА ИМЕНИ К.Д. УШИНСКОГО (ПРОЕКТ)

Потапова Т.В.

Московский государственный университет имени М. В.Ломоносова, НИИ физико-химической биологии имени А.Н. Белозерского. Россия, 119192, г. Москва, Воробьевы горы, МГУ, тел.: (495) 9395358, факс: (495) 9393181, e-mail:
potapova@belozersky.msu.ru

В ХХI в. дети должны усвоить, как можно раньше, основы научного мировоззрения об отношениях Человека с миром Природы в масштабах планеты Земля. Работа с детьми до 10-12 лет требует особого внимания к психолого-возрастным особенностям развития мышления в этом возрасте. По оценкам нейрофизиологов на долю мозга взрослого человека приходится около 20-25% всех энергозатрат организма. При этом мозг развивающегося ребенка потребляет сначала вообще 80% всей энергии, потом – около 50%, пока не повзрослеет. Естественные потребности развития заставляют ребенка совершать огромную работу так, что достижение цели вознаграждается центром удовольствия. Эти закономерности развития мышления ребенка выдающиеся педагоги: И.Г. Песталоцци, К.Д. Ушинский, Ш.А. Амонашвили, Б.П. Никитин, - воплотили в жизнь в виде авторских систем начального воспитания. Великий физиолог И.П. Павлов убеждал педагогов в необходимости при воспитании ребенка создавать условия для удовлетворения такой естественной потребности, как реализация ориентировочного рефлекса. С 2013 г. по решению Ученого совета НИИ ФХБ имени А.Н. Белозерского и факультета биоинженерии и биоинформатики МГУ действует специальная образовательная программа “Человек и Природа – первые шаги”, объединяющая усилия ученых, педагогов и родителей по организации увлеченного участия детей в исследованиях природы и речевого общения на адекватном возрасту ребенка языке с доброжелательными наставниками – носителями научной мотивации [<http://www-new.belozersky.msu.ru/ru/links/chip/>]. В ближайшее время мы планируем открыть в рамках программы “Человек и Природа -первые шаги” Семейную школу имени К.Д. Ушинского”, которая организует участие детей до 10-12 лет вместе с родителями в лабораторных работах, изготовлении пособий для исследований, рисовании, чтении, играх (деловые, “ходилки” и т.п.), экскурсиях по НИИ ФХБ и Ботаническому саду МГУ, посещении Фестиваля науки. В итоге каждая семья должна выполнить и защитить вместе с ребенком свой исследовательский проект или творческую работу. Опираясь на представления Л.С. Выготского о том, что «...в процессе развития ребенок обучается языку, который диктует строгое расчленение мысли... Поведение ребенка в среде требует от него понимания мысли других, ответа на эту мысль, сообщения собственной мысли», мы вводим в программу школы такую педагогическую инновацию, как семинары с участием детей, где дети получат навыки речевого общения по поводу своей деятельности с научно мотивированными наставниками: учеными и студентами.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМЫ LMS MOODLE ПРИ ИЗУЧЕНИИ КУРСА АНАЛИЗА ДАННЫХ

Пыркина О.Е.

Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации
Россия, 125993, ГСП-3, г. Москва, Ленинградский проспект д.49 +7(499)503-4721
olga.pyrkina@gmail.com

Активное проникновение цифровых технологий во все сферы современной жизни создаёт предпосылки для эффективного использования их и в процессе обучения. Это становится особенно важным при изучении дисциплин, изначально опирающихся на количественные характеристики и имеющих дело с обработкой больших массивов цифровой информации. Курс «Анализа данных», изучаемый студентами Финансового университета всех специальностей и представляющий собой синтез традиционных курсов теории вероятностей, математической статистики и современной науки о данных, как раз и относится к дисциплинам такого рода.

В Финансовом университете при Правительстве РФ для многих изучаемых дисциплин активно применяется цифровая платформа с открытым кодом LMS Moodle (LMS – Learning Management System, система управления обучением), позволяющая создать обучающие курсы с высокой степенью персонализации. В применении к изучению дисциплины «Анализ данных» это означает, что для освоения навыков работы с данными можно предложить для обработки каждому студенту, помимо индивидуально сгенерированных тренировочных массивов данных, также индивидуальные массивы реальных данных, в силу профессиональной специфики Финансового университета – биржевых данных, так называемые финансовые временные ряды; обычно для рассмотрения берутся финансовые ряды цен акций, которые торгуются на Московской товарной бирже.

Курс «Анализа данных» в системе LMS Moodle включает в себя, помимо традиционных учебно-методических материалов, разработанные департаментом математики Финансового университета параметризованные блоки для генерирования заданий для домашних работ, для аудиторных самостоятельных работ, для творческих заданий, для зачётов и экзаменов. Встроенная в систему Moodle автоматическая проверка цифровых значений ответов позволяет избежать рутинной работы по проверке вычислений и сосредоточить внимание преподавателя на содержательных сторонах студенческого творчества. Кроме того, система позволяет проводить быстрые опросы для контроля усвоения материала на лекциях; студенты сканируют QR – коды вопросов и быстро входят в тест-систему со смартфонов, вводя числовые значения полученных ответов. Это позволяет применять тесты как открытого (со вводом числового ответа), так и закрытого (с выбором номера правильного ответа из предложенных) типа, для ответа на вопросы качественного характера, что мотивирует студентов к более сосредоточенной работе на лекции.

НАСТАВНИЧЕСТВО КАК ИНСТРУМЕНТ СОПРОВОЖДЕНИЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ С НИЗКИМИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ

Рассомахина Е.В., Макарова О.В.

Муниципальное автономное общеобразовательное учреждение «Гимназия №56»,
Россия, 426034, г. Ижевск, ул. Удмуртская, 230,
Тел.(3412)433483, факс (3412)433483
E-mail:; rassomaxina@labore.ru; makarova_sch56@bk.ru

На сегодняшний день наставничество возрождается по всей России, и эта тема актуальна не только для государства, это возможность для самореализации молодежи, решение их личных задач, включение в реальную общественную и профессиональную жизнь.

Такое вовлечение молодежи в общественную жизнь лучше начинать со «школьной скамьи», когда ученик «надевает» на себя разные роли: организатор шефской помощи, вожатый, волонтер, наставник и является примером для подражания.

Внедряя целевую модель наставничества в гимназии №56 г. Ижевска реализуются несколько форм: педагог-педагог, опытный педагог-предметник – неопытный педагог-предметник в сетевом формате и ученик-ученик (вариант взаимодействия: успевающий – неуспевающий учащийся). Рассмотрим форму наставничества: ученик-ученик, которое реализуется в гимназии с 2022 по 2023 учебный год.

Ученик, имеющий неудовлетворительные оценки или девиантное поведение, отдается под присмотр наставника из числа старшеклассников, формируются диады «ученик-ученик». Подбор наставнических пар происходит с учетом мнения наставников и наставляемых, а также по имеющимся предметным дефицитам. Наставник определяет учебные предметы, в которых он наиболее успешен. Взаимодействие наставника и наставляемого происходит в режиме внеурочной деятельности и предполагает проведение занятий с обучающимся среднего звена, испытывающими сложности в изучении отдельных предметов. Сопровождение процесса наставничества осуществляют классные руководители, учителя-предметники, куратор внедрения целевой модели наставничества, форма: «ученик-ученик».

Наставники-обучающиеся получают возможность проявить себя, попробовать себя в педагогической деятельности, заработать волонтёрские баллы, необходимые для поступления в ВУЗ. Наставляемые преодолевают свои затруднения по предметам, расширяют круг общения, видят возможности для личностного развития. Опыт первого года работы показал, что в организации наставничества в форме «ученик-ученик» заинтересованы как сами ученики, так и педагоги, и родители.

**РАЗВИТИЕ ПОИСКОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ
АКТИВНОСТИУ ДОШКОЛЬНИКОВ. ПРОЕКТ «УДИВИТЕЛЬНАЯ ТЕНЬ»**

Силантьева Е.Н., Петрова Ю.В., Владимириова Т.В., Матиева А.Б.

Государственное бюджетное общеобразовательное учреждение города Москвы
«Школа №37», 119192, г. Москва, ул. Столетова, д.3, email: 37@edu.mos.ru,
Тел. (495) 932-61-02, (499) 739-35-21, (499) 739-35-28 – факс

Учитывая тот факт , что детям присуще наглядно-образное мышление, то те знания, которые добыты самостоятельно всегда являются осознанными и более прочными. Тень-явление совершенно удивительное. Что такое тень? Какая она? И хотя детей заинтересовало такое явление, как тень: очень интересно в солнечный день обводить мелом на асфальте свою тень и тень друга, но ответить на эти вопросы дети не могли. Ребята предположили, что без света не может быть тени. Так и появился наш проект, а название проекта придумали дети. Для ответа на вопрос провели ряд экспериментов с помощью настольной лампы, и фонарика, узнали, что тень от деревянного бруска и от тонкого пластика неодинакова, что прозрачные предметы не дают теней, так как пропускают через себя свет. Чем прозрачнее предмет, тем тень светлее. Тёмные плотные предметы дают тёмную тень, так как от них меньше отражаются лучи света. Установили, что тень зависит от расположения источника света, что от одного предмета, может быть несколько теней, если на него направлено несколько источников света, тень уменьшается при отдалении источника света, становится размытой, нечёткой и увеличивается, становится более чёткой при приближении источника света к предмету . Белый свет разлагается в спектр и состоит из множества цветных лучей. Эксперимент с глобусом наглядно показал, что всё время освещена только та его часть, на которую попадает свет. Таким образом было установлена причина смены дня и ночи. На прогулке, для этого установили на площадке вертикальный шест, который смонтируют из основания для пирамидки, рассматривали с ребятами тень, которую отбрасывает на асфальт вертикальный шест и мелом отмечали положение и длину тени на асфальте, как она изменяется в зависимости от времени. Во время наблюдений ребята замечают, что тень не только меняла своё положение, она становилась короче. Таким образом познакомились с первым прообразом часов. Вместе с детьми мы изготовили Театр теней из картонной коробки. Закрепили с помощью скотча кальку. Получился экран. Ребята вырезали разнообразные фигурки из бумаги и приклеили к деревянным палочкам, а еще использовали свои ладошки. Включили настольную лампу и наши герои ожили. В ходе проведенного исследования наши гипотезы подтвердились: Тень не может существовать сама по себе, она появляется, когда свет падает на предмет. Если свет не падает на предмет, то он отбрасывает тень. Если предмет передвигается, то и тень движется вместе с предметом. Тень может становиться длиннее или короче, быть чёткой или размытой. Тень повторяет контуры предмета. При помощи тени можно создать свой волшебный удивительный теневой спектакль.

**РОЛЬ ЛИТЕРАТУРОВЕДЕНИЯ В МИФОЛОГИЗАЦИИ / ДЕМИФОЛОГИЗАЦИИ
КУЛЬТУРНО-ИСТОРИЧЕСКОГО ПРОШЛОГО (НА ПРИМЕРЕ
ФРАНЦУЗСКОГО КЛАССИЦИЗМА)**

Симонова Л.А.

Библиотека-читальня им. А.С.Пушкина, г. Москва, 105066, ул. Спартаковская, д. 9

Общего характера, лаконичная, относительно законченная, устойчивая в её основных организующих принципах условная схема служит не просто первичной, направляющей в подходе к определению творчества представителей литературы, но и определяющей, безусловно доминирующей, навязывающей жёсткие знаково-смысловые границы, замыкающие, неизбежно упрощающие конкретный художественный дискурс, препятствующие обнаружению его кардинально значимой изменчивости, незавершённости, его обязательному выходу к другим опознавательным возможно доступным, хотя и отчётливо не данным смыслам. Так, тексты поэтов (Малерба, Лафонтена), драматургов (Мерз, Ротру, Тристана Лермита, Корнеля, Расина) рассматриваются исходя из определённого набора общих, во многом упрощающих характеристик, так что само понятие «классицизм» по отношению к их творчеству становится штампом, во многом лишающим этих авторов самостоятельности, исключительности, отчётливо выраженной индивидуальности, которая уже самим фактом творения как свободного акта выражения существует не только в согласии с заданной временем культурно-смысловой системой и зависимостью от неё (хотя подобного рода детерминированность нельзя отрицать), сколько в споре с ней и вопреки ей. Педалирование общих черт, принимаемых за доминирующие, обуславливающие все иные, тех черт, связь которых с авторским письмом – драматическим, прозаическим или поэтическим – как непосредственным проявлением индивидуальной творческой манеры в рамках того или иного жанра ослаблена, приводит к формированию жёсткой, негибкой семиотической парадигмы, которая закрепляется в её однородной непротиворечивости на разных уровнях: мировоззренческом, историческом, социальном, культурном, наконец, литературном. Отметим, что оформление этой парадигмы в её предельно возможной полноте и функциональности возможно исключительно относительно Франции XVII века, где классицизм получил наибольшее развитие. В ситуации первичного рассмотрения доступный для семиотической дешифровки образ эпохи складывается из следующих смыслов: абсолютная монархия, идея государственности, а также политического и культурного превосходства французской нации, контроль власти над наукой и искусством, рационализм, этический идеал разумности и порядка, культ античности как образцового воплощения гражданственности и долга, а также доступных для освоения и подражания форм искусства, развитие и реформирование языка, закрепление господствующей идеологии через языковую норму, акцентирование дидактической задачи искусства, принцип «правдоподобия», иерархия жанров и стилей в литературе, расцвет драматических жанров, нормативность и кодифицированность художественных форм и средств. В этом первично – из доминирующих смысловых ориентиров – смоделированном культурном образе эпохи – превалирует официальное, догматическое как то, что стоит над личным, исторически ему задано, довлеет над индивидуальным поступком и сознанием. Акцентирование подобного рода смыслов, распространение их в качестве основных на целый ряд социальных и литературных процессов прошлого во многом задаётся продиктованной современной исследователю политической, культурной, идеологической ситуацией установкой, которая определяет мифологизацию исторического и культурного прошлого.

**РАЗВИТИЕ ПОИСКОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ
АКТИВНОСТИ У ДОШКОЛЬНИКОВ. ПРОЕКТ «ВОЛШЕБНАЯ СОЛЬ»**

Смирнова А.В., Гришина Е.А., Быкова М.А.

Государственное бюджетное общеобразовательное учреждение города Москвы «Школа №37», 119192, г. Москва, ул. Столетова, д.3, Тел. (495) 932-61-02, (499) 739-35-21, (499) 739-35-28 – факс, e-mail: 37@edu.mos.ru

Экспериментирование в детском саду — это эффективная деятельность, направленная на развитие познавательной активности дошкольников. Эксперименты помогают развить у ребенка творческие способности, логическое мышление. Основная задача дошкольного образовательного учреждения поддержать и развить в ребенке интерес к исследованиям, открытиям, создать необходимые для этого условия. Многие из самых обычных веществ вокруг нас представляют собой кристаллы. Замерзающая вода превращается в кристаллы льда или снежинки. Каждая отдельная частица соли или сахара — тоже кристалл! Люди научились выращивать искусственные кристаллы такие как: рубины, изумруды, бриллианты, которые широко используют в ювелирной промышленности. Читая с детьми энциклопедию, эта тема заинтересовала. Мы задались вопросом, а можно ли вырастить кристаллы в домашних условиях? А почему бы не попробовать! Актуальность проекта заключается в том, чтобы находить интересное и необычное рядом, в доступных для наблюдения и изучения предметах. Соль есть на каждом столе, в каждом доме. Цель: вырастить кристаллы соли в условиях помещения детского сада, а также сформировать интерес к исследовательской деятельности и экспериментированию, определить свойства соли. Задачи: -Исследовать свойства соли опытным путём; -Проанализировать совместно с детьми воздействие внешних факторов на рост кристаллов соли; -Расширить знания о ней не только как о веществе, необходимом для жизни человека, но и об интересном материале для проведения различных опытов, наблюдений и применении в детском творчестве. Материал: соль. Для реализации проекта были созданы благоприятные условия, позволяющие изучить, расширить и обобщить знания детей о соли. Были проведены познавательные и творческие занятия. Дети выяснили, что такое соль и каким образом она попадает на наш стол. Узнали много нового об особенностях соли, её свойствах и качествах, разнообразии, как ее можно использовать в творчестве. Провели интересные опыты с солью: «Из чего состоит соль», «Соль растворяется в воде», «Соль хрустит», «Соль в холодной и горячей воде», «Плавающее яйцо», «Покраска соли краской и мелом». Эксперимент «Выращивание кристалла соли», показал, что кристаллы можно вырастить в условиях группы. Кристаллы растут в насыщенном растворе при постепенном испарении жидкости. Кристаллы соли растут медленно. Весь процесс происходит за 2-4 недели. Опыт оказался очень увлекательный для детей. В дальнейшем исследовательскую работу можно продолжить, вырастив цветные кристаллы из искусственного материала, из набора для детского экспериментирования «Лучистые кристаллы».

**ВОСПРИЯТИЕ ОПТИКО-ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ИЛЛЮЗИИ
МИЮЛЛЕРА-ЛАЙЕРА У ДЕТЕЙ МЛАДШЕГО ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА В
ЗАВИСИМОСТИ ОТ УСПЕВАЕМОСТИ**

Толмачева Е.А., Сазонова М.Е.¹, Максименко М.Ю.²

Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И.

Пирогова Министерства здравоохранения Российской Федерации,

Медико-биологический ф-т, каф. Физиологии, Россия, 117997, г. Москва, ул.

Островитянова, 1, Тел. +7 (495) 434-35-21, E-mail: e.tolmacheva17@yandex.ru

¹МБОУ Гимназия №3 Россия, 141281, Московская область, г. Ивантеевка, ул.

Коминтерна, 2А

²Российский государственный гуманитарный университет, Институт Психологии им. Л.С. Выготского, каф. нейро- и патопсихологии, Россия, 125047, г. Москва, ул. Чаянова,

15

Изучение математики в начальной школе служит основой всего дальнейшего образования и когнитивного развития ребенка в целом. В настоящее время происходит рост количества детей с дефицитарностью когнитивной сферы, которая отчетливо проявляется в учебной деятельности. Оптико-геометрические иллюзии это феномен, связанный с искажением восприятия пространственных характеристик объектов зрительной сцены, основанный на механизмах, обеспечивающих константность восприятия размеров и форм зрительных объектов в трёхмерном пространстве.

Целью данного исследования было изучение точности глазомера при уравнивании длин двух отрезков и подверженности оптико-геометрической иллюзии Мюллера-Лайера (МЛ) в зависимости от успеваемости по математике и русскому языку у детей младшего школьного возраста. Количественные измерения проводили методом многократного уравнивания при помощи специального интерактивного компьютерного обеспечения. В исследовании приняло участие 28 детей, обучающихся в общеобразовательной школе, в возрасте 9-10 лет, из которых были сформированы группы с высокой, средней и низкой успеваемостью, в соответствии с оценками «5», «4» и «3» по математике и по русскому языку.

Статистически значимой взаимосвязи между точностью глазомера, подверженностью иллюзии МЛ и школьной успеваемостью по русскому языку выявлено не было. Дисперсионный анализ ANOVA для повторных измерений, связанных с точностью глазомера, не выявил достоверных отличий между группами. В группе детей с высокой успеваемостью по математике была установлена более высокая точность уравнивания отрезков в условиях действия иллюзии МЛ по сравнению с детьми с низкой успеваемостью.

КАК УГОЛОК ЛЕСА ПОМОГАЕТ ИССЛЕДОВАТЬ ПРИРОДУ ВМЕСТЕ С ДЕТЬМИ В ДЕТСКОМ САДУ

Черминская М.А., Потапова Т.В.¹

Государственное бюджетное общеобразовательное учреждение города
Москвы «Школа № 37», Россия, 119192, г. Москва, ул. Столетова, д. 3,
тел. (495) 932-61-02, (499) 739-35-21, (499) 739-35-28 – факс, e-mail: 37@edu.mos.ru

¹Московский государственный университет имени М. В.Ломоносова, НИИ физико-
химической биологии имени А.Н. Белозерского. Россия, 119192, г. Москва,
Воробьевы горы, МГУ, тел.: (495) 9395358, факс: (495) 9393181,
e-mail: potapova@belozersky.msu.ru

Детям, которые живут в больших городах, не просто общаться с природой, а это очень важно для их развития. Поэтому мы в наших дошкольных учреждениях работаем с детьми в соответствии с принципом «Исследуем природу вместе с детьми». Еще весной 2010 г. в нашем дошкольном отделении школы №37 г. Москвы был заложен «уголок леса», существующий и поныне и постоянно пополняющийся новыми обитателями. Помогают нам в этом ученые МГУ. Благодаря «уголку леса» дети могут круглый год наблюдать природные изменения в жизни дикорастущих растений, многие из которых им знакомы по сказкам и песням. Здесь мы проводим с детьми занятия, исследования, наслаждаемся пением птиц, просто отдыхаем от шумного города и, что очень важно, имеем возможность практически круглый год черпать материал для нашей обширной проектной деятельности, реализующейся во всех возрастных группах. Например, в 2021/2022 уч. гг. в младшей группе был осуществлен проект на тему «Наблюдения за неживой природой и сезонные изменения в природе». В рамках данного проекта мы изучали свойства воды, снега, льда, песка, камней и воздуха. Младшим дошкольникам особенно нравится возиться с водой и песком, рассматривать камешки, любоваться снежинками, играть с ветрячками. А в 2022/2023 уч. гг. уже в подготовительной к школе группе мы провели целое исследование по теме «Жилище»: из каких материалов лучше построить дом. За основу была взята английская народная сказка «Три поросенка». Детям было предложено самим собрать такие материалы, как сухая трава, ветки и камни, изучить их свойства и решить – что является наиболее подходящим для строительства дома. Вывод был вполне ожидаемым: лучше сочетать разные виды «стройматериалов», поскольку у каждого из них есть свои достоинства и недостатки. У «уголка леса» уже есть своя, хоть и недолгая, но славная история. Несколько лет назад делегация американских лесоводов подарила ему рябинку, а в прошлом году Центральное телевидение показало его на широком экране в рубрике «Черные дыры. Белые пятна». Пережил он и нашествие городских коммунальных служб. Но мы надеемся, что с нашей помощью он все выдержит и будет продолжать дарить пищу для размышлений и радость новым поколениям наших воспитанников.

К УСТОЙЧИВОМУ РАЗВИТИЮ ЧЕРЕЗ УСТОЙЧИВОЕ МЫШЛЕНИЕ

Чеснокова А.А., Борисова Е.В.¹

Тверской государственный технический университет
Россия, 170024 г. Тверь, наб. Афанасия Никитина, 22,

alenachesnokova2003@gmail.com

[1.elenborisov@mail.ru](mailto:elenborisov@mail.ru)

Зеленая урбанистика – это подход, минимизирующий антропогенное влияние на окружающую среду, главным принципом которого является создание общественных пространств, удобных для жизни людей. Основные принципы зеленой урбанистики: сохранение зеленых насаждений; защита и сохранение экологического каркаса городской среды; рачительное использование возобновляемых источников энергии; разумное обращение с отходами. Рассмотрены вопросы организации экологического каркаса городов, призванные обеспечить устойчивость и взаимосвязь природных элементов в агрессивной урбанизированной среде. Выявлены основные типы структур каркасов: полосовидная, звездчатая, многолучевая, кольцевая, многоядровая. Построены простейшие математические модели, позволяющие формализовать описание экологического каркаса общественных пространств средствами аналитической геометрии. Верификация параметров моделей дает набор вариантов благоустройства, как визуальных, так и пригодных для экологических расчетов. Проведенная исследовательская работа, что лучшим является выбор смешанных (многолучевая и кольцевая) структур, определяемых местоположением территории, рельефом местности, климатическими условиями, розой ветров, составом промышленных предприятий. Полученные результаты использованы в курсовой работе по дисциплине

Участие в факультативной работе клуба «Вышматия» дало возможности посмотреть на математику под другим углом и подтолкнуло к созданию научно-познавательного видеоролика, посвященного женщинам России, в разное время создавшим славу математической и педагогической науки «Женское лицо российской математики». Такое знание обеспечит мотивацию молодых девушек идти в науку. Согласитесь, ведь даже слова «наука» и «математика» - женского рода. Как сказал поэт В.Конищев: «Что общего у женщин и науки? И там, и там пленяет красота...»

Литература

1. Блинова И.В., Попов И.Ю. Кривые, заданные параметрически и в полярных системах координат. Учебное пособие. – СПб: Университет ИТМО, 2017. – 56 с
2. Месенева Н.В. К вопросу использования малых архитектурных форм в дизайне городской среды // Современные научноемкие технологии. – 2016. - № 8-2. – С.256-260.
3. Мир математики: в 45т. Т.42: Хоакин Наварро. Женщины-математики. От Гепатии до Эмми Нетер. /Пер с исп. –М.Де Агостини. 2014.-144с.

ПРИЛОЖЕНИЕ ВЕКТОРНОЙ АЛГЕБРЫ И АНАЛИТИЧЕСКОЙ ГЕОМЕТРИИ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАДАЧАМ ЭКОЛОГОВ

Числова К.А., Борисова Е.В¹.

Тверской государственный технический университет
Россия, 170024 г. Тверь, наб. Афанасия Никитина, 22,
kstschislova04@gmail.com
¹elenborisov@mail.ru

Уже на младших курсах кроме освоения фундаментальных знаний по математике, важна прикладная направленность задач, которые составляют основу для изучения специальных дисциплин. Так на факультете «Природопользования и инженерной экологии» возник клуб по интересам «Вышматия», в рамках деятельности которого и выполнены представляемые расчетно-исследовательские работы. При обучении на нашем факультете в разных учебных дисциплинах формируются и совершенствуются компетенции в области экологического образования, в широком смысле этого понятия. В современном мире существует множество экологических рисков, которые необходимо учитывать. Существенный сдвиг экобаланса на планете происходит под влиянием природных явлений, последствий нарушения технологий, стремления бизнеса получитьию сиюминутную выгоду. Нами представлены результаты прикладного использования знаний и умений, приобретенных при изучении инженерного курса высшей математики.

В докладе обсуждаются результаты двух исследовательских работ, объединенных общей идеей - использование карт-снимков территорий для экспресс оценки площадей средствами их аппроксимации элементарными геометрическими формами. Рассматриваются методы и приемы оценки биологического разнообразия нашей планеты и площади территорий, пострадавших от стихийных бедствий. Применен векторный способ, применительно к картографическим объектам и сравнительный анализ точности моделей при вариации форм элементарных площадей.

Изучение математики по учебной программе завершилась, но участие в клубных мероприятиях (групповые игровые формы) и исследовательская деятельность , ориентированная на курсовые проекты продолжается.

Литература

1. Бердышев В.И., Петрак Л.В. Аппроксимация функций, сжатие численной информации, приложения
2. Дроны считают медведей, камеры «сдаются» браконьеров. Зачем экологам нужны технологии. <https://tass-ru.turbopages.org/tass.ru/s/obschestvo/6188250>
3. Измерение расстояний с помощью градусной сетки
<https://www.yaklass.ru/p/geografiya/131512/re-d77ff3cc-0858-4fd8-aabd-69f1fdffb41d>

S5

O СОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННОГО IT-ОБРАЗОВАНИЯ

F EATURES OF MODERN IT EDUCATION

Руководители:

*Андрей Васильевич Нечаевский, Владимир Васильевич Кореньков,
Евгения Наумовна Черемисина.*

СОВРЕМЕННЫЙ ПОДХОД К ПОДГОТОВКЕ АРХИТЕКТОРОВ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Миловидова А.А., Кудрявцева Д.В.

Государственный университет «Дубна», Россия, 141980, Дубна, Университетская д.19,
+79263321256, d.kudriavtseva@uni-dubna.ru

Современный подход к проектированию архитектуры программных систем включает в себя ряд ключевых принципов и методологий, которые направлены на создание гибких, масштабируемых и устойчивых решений. Вот несколько основных аспектов этого подхода:

1. Микросервисная архитектура. Заметным трендом является переход от монолитных приложений к микросервисной архитектуре. Это подразумевает создание небольших, автономных сервисов, каждый из которых выполняет конкретную функцию. Такой подход облегчает масштабирование, обновление и поддержку системы.

2. Облачные сервисы и распределенные вычисления. Использование облачных сервисов и распределенных вычислений становится стандартом. Это позволяет эффективно использовать ресурсы, обеспечивать отказоустойчивость и улучшать производительность.

3. DevOps, ArchOps и непрерывная поставка. DevOps и ArchOps-подходы интегрируют процессы проектирования, разработки и поставки, сокращая время от идеи до внедрения. Непрерывная поставка (Continuous Delivery) и автоматизированные тестирования ускоряют цикл разработки и повышают надежность системы.

4. Масштабируемость и управление ресурсами. Архитектура должна быть легко масштабируемой для адаптации к росту нагрузки. Использование контейнеризации (например, Docker) и оркестрации (например, Kubernetes) помогает управлять ресурсами и обеспечивать гибкость.

5. Безопасность. Защита информации становится приоритетом - современные системы проектируются с учетом принципов безопасности, включая шифрование данных, контроль доступа и мониторинг безопасности.

6. Использование архитектурных шаблонов. Проектирование с использованием проверенных архитектурных шаблонов, таких как MVC (Model-View-Controller), REST (Representational State Transfer), и GraphQL, позволяет создавать структурированные и легко поддерживаемые системы.

7. Специализированные технологии и языки программирования. Выбор специализированных технологий и языков программирования в соответствии с требованиями проекта помогает оптимизировать производительность и обеспечивает соответствие целям системы.

При подготовке архитекторов программных систем необходимо учитывать, что современный подход к проектированию архитектуры программных систем уделяет внимание гибкости, масштабируемости, безопасности и автоматизации процессов разработки и внедрения, что соответствует требованиям быстро меняющегося мира информационных технологий. Обучение архитектора программных систем — это комплексный процесс, который включает в себя как технические аспекты, так и навыки управления проектами и коммуникаций. Необходимо отметить следующие ключевые аспекты подготовки.

ПОДГОТОВКА ИТ СПЕЦИАЛИСТОВ НА БАЗЕ СКВОЗНЫХ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Черемисина Е.Н.¹, Кирничева Е.Ю.², Миловидова А.А.³

Государственный университет «Дубна», Россия, 141980, Дубна, Университетская д.19,
89689310485, milanna@uni-dubna.ru

Сегодня Россия перешагнула порог, став на путь цифровой экономики, при которой изменения, особенно в области технологий, будут происходить еще стремительнее. И нам, чтобы оставаться востребованными для работодателей, придется вовремя реагировать на эти перемены.

Целями программы «Цифровая экономика Российской Федерации» выступают: создание экосистемы цифровой экономики Российской Федерации, в которой данные в цифровой форме являются ключевым фактором производства во всех сферах социально-экономической деятельности и в которой обеспечено эффективное взаимодействие, включая трансграничное, бизнеса, научно-образовательного сообщества, государства и граждан; создание необходимых и достаточных условий институционального и инфраструктурного характера, устранение имеющихся препятствий и ограничений для создания и (или) развития высокотехнологичных бизнесов и недопущения появления новых препятствий и ограничений как в традиционных отраслях экономики, так и в новых отраслях и высокотехнологичных рынках;

- повышение конкурентоспособности на глобальном рынке как отдельных отраслей экономики Российской Федерации, так и экономики в целом.

Цифровая экономика представлена 3 следующими уровнями, которые в своем тесном взаимодействии влияют на жизнь граждан и общества в целом:

- рынки и отрасли экономики (сфера деятельности), где осуществляется взаимодействие конкретных субъектов (поставщиков и потребителей товаров, работ и услуг);
- платформы и технологии, где формируются компетенции для развития рынков и отраслей экономики (сфер деятельности);
- среда, которая создает условия для развития платформ и технологий и эффективного взаимодействия субъектов рынков и отраслей экономики (сфер деятельности) и охватывает нормативное регулирование, информационную инфраструктуру, кадры и информационную безопасность.

В системе образования расширяется применение цифровых технологий. Однако численность подготовки кадров и соответствие образовательных программ нуждам цифровой экономики недостаточны. Говоря о программе «Цифровая экономика», утвержденной распоряжением Правительства РФ от 28 июля 2017 года, Д. Песков обратил внимание коллег на следующий факт. К 2024 году России будут нужны 120 тыс. выпускников по направлению «Информационные технологии» – кадры высочайшего уровня, которые смогут создавать новые цифровые миры, а также 800 тыс. выпускников вузов и ссузов с профессиональными цифровыми компетенциями на мировом уровне и 40 % населения РФ, обладающего цифровыми компетенциями.

В связи с этим через десять-пятнадцать лет не останется ни одной сферы деятельности, где не будут задействованы цифровые технологии. Поэтому подготовка соответствующих кадров в программе «Цифровая экономика» – является ключевым: это сделает возможным реализацию всего остального, что уже придумано или будет придумано в будущем. В случае с кадрами в системе образования, поскольку она сильно ориентирована на государство, без опережающего регулирования не обойтись. Действия, совершающиеся сегодня, все-таки позволяют надеяться на то, что завтра наша страна не окажется среди аутсайдеров. Ведь специалисты «аналоговой эпохи» не способны построить цифровую экономику.

Основными целями направления, касающегося кадров и образования, являются:

- создание ключевых условий для подготовки кадров цифровой экономики;
- совершенствование системы образования, которая должна обеспечивать цифровую экономику компетентными кадрами;
- рынок труда, который должен опираться на требования цифровой экономики; создание системы мотивации по освоению необходимых компетенций и участию кадров в развитии цифровой экономики России.

Таким образом, в связи с переходом на цифровую экономику перед профессиональным образованием ставятся непростые задачи.

Очевидно, что в ответ на данные вызовы необходимо трансформировать образовательную модель – сочетать традиционные методы и подходы процессов обучения с инновационными цифровыми решениями и средствами.

В докладе будет представлена система подготовки высококвалифицированных ИТ специалистов в Институте системного анализа и управления сквозным цифровым технологиям. Рассмотрены особенности развития соответствующих компетенций и навыков у обучающихся с учетом специфики направлений/профилей ИСАУ.

МЕТОДИКА ОБУЧЕНИЯ ИТ СПЕЦИАЛИСТОВ СИСТЕМНОМУ ПОДХОДУ В УПРАВЛЕНИИ

Черемисина Е.Н., Миловидова А.А., Потемкина С.В.

государственный университет «Дубна», Россия, 141980, Дубна, Университетская д.19,
89689310485, milanna@uni-dubna.ru

В рамках методики обучения применению системного подхода рассматриваются практические примеры решения междисциплинарных задач от выявления и анализа проблемной ситуации, постановки задачи до обоснованного выбора метода решения и анализа полученного результата. Важнейшим этапом применения системного подхода является многоаспектный анализ системы, в том числе: анализ структуры системы (функциональной, организационной, информационной, территориальной, экономической и др.), процессов (с учетом обратных связей), целей и стратегий развития, систем взаимосвязанных показателей, взаимодействия с внешней средой.) и многое другое. В процессе такого многоаспектного и многоуровневого анализа строятся различные модели, которые являются фрагментами единой модели системы. При построении этой модели задача состоит в том, чтобы, концентрируя внимание на отдельных элементах системы, постоянно анализировать результаты ее функционирования в целом. Как обеспечить решение этой сложной задачи? Как интегрировать модели, построенные, возможно, различными группами специалистов, имеющими свое понимание системы, свою терминологию.

Чтобы провести многоаспектный анализ нужно иметь достаточный набор типовых методологических, методических и технологических решений.

Системная инженерия тесно связана с системным подходом и является конкретизацией его принципов и методов.

Системная инженерия фокусируется на целостном и взаимном понимании потребностей заинтересованных сторон; изучении возможностей; документировании требований; синтезе, верификации, проверки и эволюции решений при рассмотрении полной задачи, от поиска концепций системы до утилизации системы.

Согласно принципам системной инженерии архитектурное проектирование порождает множество различных реализаций, что позволяет осуществлять переход:

- от непосредственной реализации к моделекентричной реализации (все ошибки убираются на этапе моделирования, а не на этапе реального воплощения);
- от документоцентризма к датацентризму (работа с изменениями ведется в терминах отдельных данных, а не «документов»);
- от работы «для одного заказчика» к работе со множеством заинтересованных сторон;
- от «проверки» к раздельным верификации к валидации;
- от методов жесткого планирования к использованию гибких методов;
- от «технологического конвейера» к «заказам-поставкам».

В докладе будет представлена методика обучения ИТ специалистов в Институте системного анализа и управления системному подходу к управлению. Рассмотрены особенности развития соответствующих компетенций и навыков у обучающихся с учетом специфики направлений/профилей ИСАУ.

CONCEPT OF TRAINING IT PROFESSIONALS BASING ON CROSS-CUTTING DIGITAL TECHNOLOGIES

Cheremisina E., Kirpicheva E., Milovidova A.

Dubna State University, Universitetskaya 19, 141980, Dubna, Russia, 79689310485,
milanra@uni-dubna.ru

Currently there is a severe shortage of IT experts required for the development of national projects in Russia. The rapid digitalization of the economy requires qualified experts. The Government of the Russian Federation has formed a national program “Digital Economy of the Russian Federation”, one of the goals of which is to solve the issue of ensuring the accelerated introduction of digital technologies in the economy and social sphere [1]. A number of federal projects are being developed within the framework of this program: “Normative Regulation of the Digital Environment”, “Human Resources for the Digital Economy”, “Information Infrastructure”, “Information Security”, “Digital Technologies”, “Digital Public Administration”, “Artificial Intelligence”. The main goal of the federal project “Human Resources for the Digital Economy” is to provide training of highly qualified personnel for the digital economy. It is achieved through performing several tasks, in particular: meeting the labor market needs for experts in the field of IT and information security, as well as for experts with digital competencies who have been trained in the relevant programs of higher and secondary vocational education. The emergence of the new generation digital technologies, which were called “cross-cutting” due to the scale and depth of impact, determined a large-scale transformation of business and social sphere models. These changes have a strong impact on the content of professional activities: employees are required to have new skills and, consequently, new competencies. Formation of educational programs that meet global trends, taking into account the most popular technologies, has the particular importance. These technologies and their subtechnologies are described in roadmaps created within the framework of the national program “Digital Economy of the Russian Federation”: neurotechnologies and artificial intelligence, virtual and augmented reality technologies, distributed ledger technologies, quantum technologies, new production technologies, robotics and sensorics components, wireless communication technologies. Thus, in connection with the transition to the digital economy, professional education faced challenging tasks. In response to these challenges, the Institute for Systems Analysis and Management of Dubna State University adopted and develops a teaching concept that allows to combine traditional methods and approaches in the educational process with innovative digital solutions and tools.

References

1. Passport of the national project “National Program “Digital Economy of the Russian Federation” (approved by the Presidium of the Council under the President of the Russian Federation for Strategic Development and National Projects, minutes of 06/04/2019 N 7) // Access from the reference legal system “ConsultantPlus” <http://www.consultant.ru/>.

MODERN APPROACH TO TRAINING SOFTWARE ARCHITECTS

Milovidova A., Kudryavtseva D.

Dubna State University, Universitetskaya 19, 141980, Dubna, Russia, +79263321256,
d.kudriavtseva@uni-dubna.ru

A contemporary approach to designing the architecture of software systems includes several key principles and methodologies aimed at creating flexible, scalable, and resilient solutions. Here are some main aspects of this approach:

1. Microservices architecture. A noticeable trend is the shift from monolithic applications to a microservices architecture. This involves creating small, autonomous services, each performing a specific function. Such an approach facilitates scalability, updates, and system maintenance.

2. Cloud Services and distributed computing. The use of cloud services and distributed computing becomes a standard. This allows efficient resource utilization, ensures fault tolerance, and improves system performance.

3. DevOps, ArchOps and continuous delivery. The DevOps and ArchOps approaches integrate design, development and operations processes, reducing the time from idea to deployment. Continuous Delivery and automated testing accelerate the development cycle and enhance system reliability.

4. Scalability and resource management. Architecture should be easily scalable to adapt to growing workloads. The use of containerization (e.g., Docker) and orchestration (e.g., Kubernetes) helps manage resources and provides flexibility.

5. Security. Information protection becomes a priority, and modern systems are designed with security principles in mind, including data encryption, access control, and security monitoring.

6. Use of architectural patterns. Designing with proven architectural patterns, such as MVC (Model-View-Controller), REST (Representational State Transfer), and GraphQL, allows the creation of structured and easily maintainable systems.

7. Specialized technologies and programming languages. Choosing specialized technologies and programming languages according to project requirements helps optimize performance and align with system goals.

When training software architects, it is essential to consider that the modern approach to designing the architecture of software systems emphasizes flexibility, scalability, security, and the automation of development and deployment processes, meeting the requirements of the rapidly changing world of information technology. Training a software architect is a comprehensive process that includes both technical aspects and skills in project management and communication. The following key aspects of training should be noted.

S6

Mузей

В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ

MUSEUM

IN MODERN CULTURE

Руководители:

*Татьяна Петровна Гончарова, Любовь Наумовна Краснопольская,
Александр Дмитриевич Силаев, Павел Николаевич Сорокин.*

НОВОМУ ВЕКУ – НОВЫЕ ИМЕНА

Айрапетянц А.А.

105264, Москва, 7-я Парковая ул., д. 30/24, кв. 58

С 2016 года при поддержке Российского фонда культуры и Благотворительного фонда «12» Н.С.Михалкова проект «Новому веку – новые имена» выпустил серию музыкально-драматических постановок, посвященных великим русским писателям, их творческому наследию. Обратившись первыми к забытой с советских времён традиции, которая в своё время нашла воплощение в постановке Театра им. В.Маяковского по трагедии Еврипида «Медея» на сцене Концертного зала им. П.И.Чайковского (режиссёр Н.Охлопков, 1961 год), участники проекта внесли существенный вклад в возрождении этого жанра. При этом участниками и авторами проекта было обозначено собственное видение этой формы искусства – девять спектаклей были представлены в камерном прочтении: «Олеся. Июньских дней рассказ», «Гранатовый браслет. Предвестие любви» по произведениям А.И.Куприна; «Дама с собачкой. Таинственная подробность» и «Цветы запоздалые. Маленький роман» по произведениям А.П.Чехова; «Идиот. Оплаканный грех» по мотивам романа Ф.М.Достоевского, «Анна Каренина. Та самая страсть» по мотивам романа Л.Н.Толстого, «Угрюм-река – жизни океан» по роману В.Я.Шишкова и др. Участниками культурно-просветительского проекта «Новому веку – новые имена» на протяжении семи лет являлись: выпускники театральных вузов столицы; студенты и преподаватели Московской консерватории им. П.И.Чайковского; выдающиеся артисты, в частности, актеры театра и кино Народные артисты РФ Валерий Баринов и Евгения Добровольская. Заслуженная артистка РФ пианистка Екатерина Мечетина, Государственный камерный оркестр «Виртуозы Москвы» и др.

Каждая из премьер состоялась на сцене Большого зала Московской консерватории им. П.И.Чайковского с аншлагом. Порядка 15 тысяч зрителей посетили постановки, многие из которых и сегодня высказывают благодарный и восторженный отклик. Удивительная солидарность в оценке серии спектаклей демонстрируют и СМИ, отмечая бережное отношение к авторскому замыслу, отточенную выверенность композиции, сдержанность и такт в организации scenicеского пространства, «с которым будто соперничает высокий градус интенсивности и экспрессии передачи артистами эмоций и чувств». Здесь в полной мере раскрываются индивидуальность и творческий потенциал артиста. Здесь по-новому открывает для себя зрителя глубину, драматизм, разнообразие русского языка. Дополнительные художественные средства – костюмы, декорации, свет сведены в этом формате до минимума. Легкими штрихами они лишь дорисовывают образ главного героя-артиста и добавляют необходимые подробности в создании атмосферы «русского мира» эпохи XIX - начало XX веков.

Основным показателем успешности проекта можно считать и тот факт, что тенденция и жанр, обозначенные в рамках культурно-просветительского проекта «Новому веку – новые имена», сегодня получили свое продолжение в новых формах и трактовках – запрос на театральные постановки в концертном пространстве страны повсеместно. *Миссия нашего проекта:* в стремлении решения одной из важнейших общенациональных задач – сохранение русского языка, русской художественной литературы, классической русской музыки. Проект призван объединить в рамках музыкально-театральной программы начинающих творческую карьеру молодых артистов и выдающихся российских артистов современности, открывая тем самым новые возможности и перспективы новым именам и способствуя сохранению исторической преемственности, связи поколений в сфере театрального и музыкального искусства.

ПОЭЗИЯ МУРАНОВСКИХ ПЕЙЗАЖЕЙ

Гончарова Т.П.

Музей-заповедник «Усадьба Мураново им. Ф.И.Тютчева», Московская область,
Пушкинский район, дер. Данилово, д. 126, tgoncharova@bk.ru

Как обычно во время золотой осени в Муранове открылась традиционная выставка «Поэзия мурановских пейзажей». Более 20 авторов представили свои произведения, которые они создали в этом году, вдохновленные природой этого места и уникальным «домом двух поэтов». Тем самым продолжалась традиция 19-20 вв., когда здесь работали «художник-генерал» Д.В.Путята, академик акварельной живописи П.П.Ниссевин, И.А.Астафьев, известный своими произведениями на религиозные сюжеты. Позже здесь работал «русский Ренуар» П.Д.Шмаров – любимый ученик Ильи Репина. После открытия музея в Муранове творили М.В.Нестеров, П.И.Петровичев, А.И.Кравченко, Е.С.Кругликова, Н.Н.Вышеславцев, Н.С.Козочкин, Р.Р.Фальк, И.Э.Грабарь, С.И.Лобанов и другие известные художники. На выставке мы показываем произведения уже известных мастеров: В.Секрета, С.Филитова, А.Власова, К.Чудного; полные обаяния работы О.Комаровой, М.Бодриной, Н.Фарковой, М.Абрамовой и Т.Мегал. Интересны театральным флером работы Т.Спасоломской и А.Миронова. Также, как всегда, радуют произведения потомков Е.А.Боратынского и сотрудников музея Е.Догониной, О.Гончаровой и В.Письменской. В мемориальной части (так называемая «мемориальная стена»), где мы отмечаем юбилейные даты художников, произведения которых находятся в собрании музея, представляем работы Николая Сергеевича Козочкина (1898-1961), в связи с 125-летием со дня рождения, который много работал в Муранове в 40-х и 50-х годах 20 в. Также на выставке демонстрируется керамика Елены Николаевны Храмцовой (1943-2021), прправнучки Е.А.Боратынского, в связи с 80-летием со дня рождения.

Выставка имела свои особенности: она посвящена памяти Ф.И. Тютчева – 220-летию со дня его рождения, а также 200-летию со дня рождения И.С. Аксакова. Эти имена звучали на разных мероприятиях, которые проходили в течение экспонирования выставки. Новое, что было осуществлено – это так называемые «музыкальные субботы». Интерес к этим музыкальным вечерам был большой. Особенно наши гости отметили театрально-музыкальную композицию, посвященную памяти Ф.И.Тютчева Анны Айрапетянц, вечер, посвященный 150-летию со дня рождения С.В.Рахманинова, который блестательно провел композитор и пианист Иван Соколов; музыкально-поэтическое действие «Ф. Тютчев. Душа хотела б быть зездой...». Автор молодой композитор-импровизатор Святослав Оводов.

**О СЕМЬЕ ЗАСЛУЖЕННОГО ПРОФЕССОРА МОСКОВСКОГО
УНИВЕРСИТЕТА АЛЕКСАНДРА ИВАНОВИЧА ЧУПРОВА (1842–1908)**

Ермолаева Е.О., Зеликин Н.В.

МГУ имени М.В. Ломоносова, Россия, 119991, Москва, Ленинские горы, д. 1,
8 916 759 2747, soermolaeva@yandex.ru, n-zl@yandex.ru

А.И. Чупров, экономист и статистик, в конце 19 века был одной из ярких фигур в Москве. Он преподавал в Императорском Московском университете и на Высших Женских курсах (МВЖК), работал в Московской губернской земской управе и газете «Русские ведомости». Чупров родился в г. Мосальске в семье священнослужителя, окончил в 1866 г. юридический факультет ИМУ, в 1968 г. женился на дочери богатого мосальского купца О.Е. Богдановой. У супругов был сын Александр и шестеро дочерей, трое из которых умерли в малолетнем возрасте. Чупровоказал большое влияние на карьеру сына, а судьба трех дочерей, получивших отличное домашнее образование, полностью отразила сложность и противоречия эпохи. А.А. Чупров (1874–1926) окончил физмат факультет ИМУ в 1896 г., стал профессором Санкт-Петербургского политехнического института, в 1917 г. был избран членом-корреспондентом Российской АН, уехал за границу, откуда не вернулся. Документы, фотографии и письма фонда № 14 архива Чупровых Научной библиотеки МГУ и фонда № 2244 Центрального государственного архива Москвы свидетельствуют, что старшая дочь Чупровых Ольга (1869 г/р) окончила в 1898 г. Женевский университет, получила диплом доктора в области естественных наук (ее специализацией была ботаника), в 1902 г. вышла замуж за общественного деятеля и историка, профессора МГУ Н.В. Сперанского; Елена (1877 г/р) в 1903 г. вышла замуж за коллегу, известного в будущем немецкого профессора – зоолога Р. Хеймонса, всю жизнь была его научной ассистенткой, жила за границей, их сын стал ученым-химиком. По совету отца Мария (1881 г/р) окончила в 1904 г. физмат факультет МВЖК, и смогла поступить на 2-годичную стажировку в физическую лабораторию В. Рентгена Мюнхенского университета. Семейные фотографии и переписка Чупровых, а также портрет 30-х годов, хранящийся в Государственном Историческом музее, с надписью «М.А. Чупрова, доктор физ.-мат наук, дочь профессора Московского Университета А.И. Чупрова» позволяют сделать вывод, что единственная женщина (М.А. Чупрова) на фотографиях 1911 г. учеников и сотрудников первой в России физической научной школы, созданной профессором Московского университета П.Н. Лебедевым (1866–1912), как в музее физфака МГУ, так и в различных публикациях – младшая дочь Чупрова. Она стала одной из первых отечественных женщин-физиков, проложивших свой собственный путь в образование и науку, а все трое дочерей – достойными продолжателями научной и педагогической династии Чупровых. Ольга и Мария, еще до смерти отца вернувшись на родину, всю жизнь обучали, просвещали, помогали тем, кто только что вставал на путь своего развития. Они видели в отце достойный для себя пример ученого и гражданина, и всегда следовали ему. А.И. Чупров постоянно интересовался и гордился успехами всех своих детей. направляя их своими советами и всемерно помогал в образовании.

**ЭДУАРД АЛЕКСЕЕВИЧ ЛЯМИН –
ОДИН ИЗ ОРГАНИЗАТОРОВ НАУКИ В ПУЩИНО**

Лямина Е.Э.

Институт мировой литературы РАН, Россия, 121069, Москва, ул. Поварская 25а,
Тел: +7(495)690-50-30, E-mail: eliamina2006@yandex.ru

История взаимодействия людей науки и правящей партии в СССР еще ждет исследователя. Обратим внимание на конкретный случай, пользуясь круглой датой – в декабре 2023 г. минет 50 лет со дня смерти Э. А. Лямина, одного из создателей НИВЦ в Пущинском научном центре.

В 1963 г. Лямин, сотрудник Калининградского отделения Морского гидрофизического института, проходит конкурс на должность м. н. с. Института биофизики в Пущине [1]. Членом КПСС он стал еще в 1961 г., понимая, что это будет полезно в деле организации науки. Вскоре после переезда Лямина избирают секретарем парткома центра, причем не «освобожденным», а совмещающим научную работу с организационными функциями. Напомним, партком отвечал отнюдь не только за «идеологию» и организацию собственно науки, но и за многое, имевшее отношение к повседневной жизни. В 1965 г. Лямина сменил на этом посту С.М. Кагиянц, сотрудник Института микробиологии.

После защиты канд. дисс. «Анализ зависимости импульсных потоков» в 1970 г., Лямин по договоренности А.С. Спирина с Г.М. Франком перешел из Института биофизики в Институт белка, для развития которого нужна была активная партгруппа, состоящая из ученых. Лямину удалось быстро провести сначала в кандидаты, а затем в члены партии зав. лабораториями Н.Н. Хечинашвили, И.Н. Сердюка, а также В.Н. Шаклунова, в дальнейшем зам. директора по общим вопросам. Лямин ездил с коллегами в Серпуховский райком и «болел» за них. Интересен следующий эпизод. Когда из райкома пришла очередная разнорядка на присыпку научных сотрудников для сельхозработ, он предложил оставить их заниматься наукой и избавить их от обязанностей «шефов». Это вполне бунтарское предложение вызвало предсказуемую реакцию в Серпухове, Лямину грозил выговор, но институт его отстоял.

В последние годы жизни Лямин занимался как собственными исследованиями (в т.ч., в сотрудничестве с О.С. Виноградовой, моделированием нейронных сетей в их связи с физиологическими данными), но и такому значимому проекту как НИВЦ. Обсуждения его структуры, функционала и мн. др., с А.М. Молчановым, Э.Э. Шнолем, В.Г. Ерохиным, проходили не только «на работе», но и у него дома. В 1973 г. в открывшемся НИВЦе Лямин возглавил Лабораторию статистических методов. К сожалению, ненадолго – он скончался 25 декабря 1973 г., в возрасте 41 года.

Литература.

1. Э.А. Лямин: жизнь и наука / Сост.: З.И. Вишневская, Э.Э. Шноль. М.: Локус-пресс, 2004. 192 с.

ПОПУЛЯРИЗАЦИЯ НАУКИ И ДОСТИЖЕНИЙ УЧЕНЫХ В УНИВЕРСИТЕТСКОМ МУЗЕЕ

Пикуленко М.М.

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Научно-учебный
Музей землеведения МГУ, Россия, 119991, г. Москва, Ленинские горы, д.1,
Главное здание МГУ, тел.: 8(495)9393011, e-mail: pikulenkomarina@mail.ru

Популяризация национального культурного и научного наследия на современном этапе является актуальной задачей в контексте минимизации информационных потерь в процессе проведения реформ, технологических обновлений и, в целом, на фоне глобальных изменений.

Университетский музей – Музей землеведения МГУ, активно занимается популяризацией и продвижением научных достижений и ценностей, обладая междисциплинарной естественнонаучной экспозицией в области наук о Земле. Проведение экскурсий и занятий естественнонаучной тематики неизменно базируется на культурно-исторической и научной традициях нашей страны, тем самым научные экспонаты, художественные полотна и коллекция объемных скульптурных изображений в залах музея могут быть объединены в единый учебный процесс. Предлагаемые музеем просветительские занятия (абонементы, школа юных) имеют высокую тематическую насыщенность научными направлениями, такими как, эволюция растений и изменение растительного покрова планеты в процессе истории развития всей природы Земли, систематика, современный растительный покров материков); экология и физиология растений, их приспособления к условиям среды, роль растений в ландшафтах и в жизни человека (антропогенное воздействие, интродукция, культивирование и селекция, охрана и возобновление ресурсов). На экспозиции музея в очном и онлайн формате можно познакомиться как с растительными сообществами Земли в междисциплинарных аспектах биологии, географии, палеонтологии, почвоведении, так и авторами фундаментальных знаний – В.В. Докучаевым, Н.М. Пржевальским, К.А. Тимирязевым, Н.И. Вавиловым. Это формирует понимание законов и закономерностей существования и развития наук во всем комплексе естественнонаучных представлений об окружающей природной среде. Отражение истории развития научных взглядов и теорий в научно-художественной экспозиции Музея землеведения МГУ на верхних этажах исторического памятника архитектуры создает для посетителей иллюзию реального общения с историческими персонажами через знакомство с их биографиями, трудами и оставшимся в веках научным наследием.

К 100-ЛЕТИЮ ПРОЛЕТКИНО (ПО ДОКУМЕНТАМ ЦГА МОСКВЫ)

Силаев А.Д.

Главный информационно-аналитический центр МВД РФ

В 2023 г. исполнилось 100 лет со дня образования акционерного общества «Пролетарское кино» «Пролеткино».

2 декабря 1922 г. в Московском городском совете профессиональных союзов (МГСПС) состоялось совещание по вопросу о создании кинокооперативного объединения «Пролеткино». Участники совещания пришли к единодушному заключению о своевременности, назревшей необходимости и возможности организации нового рабочего кинокооператива.

6 февраля 1923 г. было проведено учредительное собрание пайщиков, 28 апреля Совет труда и обороны (СТО) утвердил устав товарищества на паях «Пролетарское кино».

Кинокомпания не занималась прокатом заграничных картин, а ограничила свою коммерческую деятельность прокатом картин советского производства и развитием кинотеатральной сети.

В апреле 1924 года товарищество на паях «Пролеткино» было преобразовано в акционерное общество. В конце 1924 года в число акционеров «Пролеткино» вошло Центральное управление социального страхования.

Правление «Пролеткино» периодически менялось. В апреле 1925 года председателем правления стал И. Н. Бурсак, членами правления: К. И. Фельдман, А. Е. Федотов, Г. А. Целлер, В. Э. Мейерхольд. Заведующим производственным отделом «Пролеткино» и одновременно директором фабрики был назначен А. А. Ханжонков

В 1926 г. АО потерпело банкротство, был создан ликвидком по делам акционерного общества «Пролеткино».

14 сентября 1928 г. вышло постановление пайщиков «Пролеткино» об окончательном прекращении действия ликвидкома.

В 2023 г. в ЦГА Москвы были выявлены несколько любопытных документов за период существования АО «Пролеткино», как например1:

- препроводительная записка к Уставу товарищества на паях «киноиздательство РСФСР» (кинопечать);
- образец коллективного договора;
- правила внутреннего распорядка и т.д.

ПУТЬ К ЖИВОПИСИ, КАК ПУТЬ К СЕБЕ

Степанова Д.В.

Моск. обл., Пушкинский р-он, с. Софрино, «Новое село», д. 56, darya.diz777@gmail.com

Для меня эта тема очень личная. Она пройдена и прожита на собственном опыте. И мой опыт говорит о том, что между фразами «путь к живописи» и «путь к себе» можно поставить знак равенства.

Мой путь к себе как художнику, живописцу начался в 34 года. Несмотря на то, что всю свою сознательную жизнь я тем или иным образом была связана с изобразительным искусством. С красками я не расставалась с раннего детства. Изостудия, художественная школа, вузовское образование в области дизайна. К 34 годам за плечами было 10 лет в профессии дизайнера интерьера, много проектной графики, увлечение холодным батиком. Но вот именно живописью я перестала заниматься с момента окончания ВУЗа. К третьему курсу я окончательно уверилась в собственной бездарности и перестала любить живопись. Любить заниматься живописью. Я поставила себе цель: дотянуть до конца учебы. И дотянула. За год до возвращения к живописи я уехала в Италию и ушла из профессии дизайнера. Мой телефон резко замолчал. Прекратилась повседневная рабочая суета. Так я оказалась наедине сама с собой, в зоне своего внутреннего одиночества. Именно там я встретилась со своим желанием рисовать. Рисовать не то, что нужно для проектов, а то, что хочется мне самой здесь и сейчас. Разворот в сторону себя и живописи начался с графических зарисовок углем, карандашами, сухой пастелью. Первое, что я изобразила, были крупные, изрезанные трещинами камни, с пробивающейся между ними травой. Этот рисунок оказался очень символичным, будто бы я пробивалась сама к себе. Он был сделан углем. Потом пошел цвет. Все напористее и интенсивнее. В каждой новой зарисовке я встречалась с новыми гранями себя той, которую когда-то обесценила. Привычка смотреть на себя, сравнивая и обесценивая, плотно укоренилась в голове. Завышенные ожидания и стремление к некой «идеальности» очень мешали самовыражению. С каждой новой работой я училась относиться к себе-художнику бережно и с любовью. Я училась рассматривать себя с интересом и не выносить приговоров. Однажды, я делала пленэрную зарисовку в парке. Закончила, оглядела и разочарованно подумала: «Ну надо же?! Фонтан-то кривой! Где были мои глаза?!» Рядом со мной на лавочке сидел пожилой мужчина, он тоже оглядел мою работу и воскликнул: «О! Как красиво! Фонтан танцует!» Потом он сказал еще много интересного, в том числе, что он преподаватель живописи в Римской академии художеств. Краски и кисти не заставили себя долго ждать. На первой крупноформатной работе появилась я, сидящая спиной к зрителю. Цвета лаконичны, формы упрощены, пространство условно. Несмотря на умиротворяющий сюжет, все вместе создает сильную напряженность. Пробиваться к себе настоящей было непросто. Как черт из табакерки вдруг появлялся голос в голове: «Ну и что ты накаливала? Ну, неплохо, но не шедевр. А если не шедевр, то тогда зачем?». Но это уже не могло меня остановить, хотелось творить и становиться свободной. Новая среда обитания помогала мне в этом. Италия возвращала мне голос. Италия возвращала мне мой темперамент. Здесь было можно быть экспрессивной и чувственной, и не стесняться этого. Так в каждой следующей работе я обнаруживала частичку своего темперамента в бескомпромиссном кричащем цвете. Линии были еще скованы, формы статичны, пространство в работах «замершим». Но оно потихоньку оттаивало, начинало двигаться, а цвет – усложнялся. Так, я художник-живописец, постепенно высвобождалась из ограничений правильно-неправильно, можно-нельзя в сторону «можно быть странной и совсем неправильной, можно кому-то не нравиться, но зато быть настоящей. Восторг и опущение праздника от самого соприкосновения с красками вернулись окончательно. И уже по возвращении на родину я разрешила себе брать в руки краски и кисти не для того чтобы написать «шедевр», не для того чтобы кого-то удивить, не для того чтобы кому-то понравиться и услышать похвалу. А просто чтобы быть абсолютно свободной.

S7

P УССКИЙ НАУЧНЫЙ ЯЗЫК

R USSIAN SCIENTIFIC LANGUAGE

Руководитель:
Марина Юрьевна Сидорова.

ОНТОГЕНЕЗНОЕ МЫШЛЕНИЕ – ДЕРИВАТ ИЛИ ИСКОННОЕ?

Карякин Ю.В.

Томский политехнический университет art-39-1@yandex.ru

Означенная заголовком дилемма спровоцирована как опытом общения вообще, так и опытом обращения к сетевым хранилищам посредством поисковика для толкования незнакомого термина, и акцентирует факт предпочтительного предоставления толкования с опорой на ту часть в запросе, вероятностное значение которой выше. На запрос ОНТОГЕНЕЗНОЕ МЫШЛЕНИЕ получаем реакцию в виде толкований, связанных с наиболее «натоптаным» термином ОНТОГЕНЕЗ, связанным, в свою очередь, с темой антропогенеза. Ситуация поиска усложняется, провоцируя на повторный запрос с ориентацией на этимологию. Появление дополнительного признака лишь увеличивает поисковое пространство, но грамматическая связь между частями игнорируется. Востребованное толкование в виде «онтогенезное мышление - это способ выражения Я, включённого в целостность мира и участвующего в его развитии посредством взаимодействия с ним в форме цикловой организованности действий двух видов – чувственного восприятия и теоретического творения», недостижимо ввиду его отсутствия в поисковом пространстве. Такой информационно-знаковой конструкции в поле поиска нет. Сетевой поисковик – отражение культуры языковой коммуникации. В быту и иных видах общения мы при встрече с незнакомой вербальной конструкцией обращаемся, прежде прочего, к опыту, чтобы найти в памяти нечто похожее. Онтогенезное мышление в аспекте результатов его культивирования в научно-образовательной среде - это способ понимания и деятельностиного проявления популярно декларируемой мысли о том, что в мире все вещи взаимно связаны и образуют привлекательно-надёжную целостность в статусе гаранта безопасности.

**«В ЭТОМ ДОМЕ ПУШКИН ЖИЛ...»: ПРЕЗЕНТАЦИЯ ПОЗНАВАТЕЛЬНОГО
КВЕСТА «ПУШКИНСКАЯ ПРОГУЛКА ПО МОСКВЕ»**

Корнева М.И.

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, филологический
факультет

Работа со студентами-первокурсниками, направленная на более быструю и успешную их адаптацию к новой системе обучения, – одна из важнейших задач вуза. Образовательный квест – это эффективная интерактивная форма взаимодействия студентов-первокурсников в процессе адаптации к условиям новой для них учебной деятельности. В докладе представлена структура познавательного квеста «Пушкинская прогулка по Москве», посредством которого реализуются как цели, возникающие во время адаптационного периода первокурсников, так и более широкие культурно-просветительские цели. Итоги квеста, проведенного к юбилею А.С. Пушкина в МГУ имени М.В. Ломоносова, позволяют говорить о роли подобных форм внеаудиторной деятельности в повышении мотивации студентов к изучению русского языка и культуры речи, с одной стороны, и о выявлении проблем в их функциональной грамотности (неумение читать и выполнять инструкцию) – с другой. В докладе будет представлен маршрут пушкинской прогулки по Москве для всех желающих, составленный из наиболее интересных заданий квеста.

ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА ПЕРЕНОСА ЗНАНИЙ ПРИ ОБУЧЕНИИ КИТАЙСКИХ СТУДЕНТОВ МАТЕМАТИКЕ

Михайлов А.В.

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, факультет
фундаментальной физико-химической инженерии

Перенос (transfer) знаний – идея, предложенная известным педагогом и психологом Дж. Брунером. Согласно Брунеру, процесс обучения и понимания человеком науки во многом зависит от культурных особенностей обучаемого.

Опыт преподавания математики китайским студентам в ИРЯиК МГУ имени М.В. Ломоносова позволил автору доклада неоднократно наблюдать случаи, когда китайские студенты во время подготовительных курсов проявляли низкие способности к «переносу», т.е. испытывали сложности с решением задач, несмотря на то, что примеры, с которых должен был осуществляться перенос, были рассмотрены. В то же время, несмотря на свойственную китайской культуре проблему работы с аналогичными ситуациями, студенты, хорошо овладевшие русским языком, сталкивались с подобными трудностями значительно реже. Из этих наблюдений и идеи Брунера о культурном детерминизме мышления и обучения можно сделать вывод о том, что, обучающиеся, постигающие иную (русскую) культуру через язык, общение и посещение организуемых культурных мероприятий, способны преодолеть ограничения родной культуры и создать некий симбиоз плюсов русской и китайской культур, который положительно повлияет на обучение такому, казалось бы, «надкультурному» предмету, как математика.

КОГО МЫ УЧИМ? ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ОБУЧЕНИЯ ХИМИИ КИТАЙСКИХ СТУДЕНТОВ НА НАЧАЛЬНОМ ЭТАПЕ ВЛАДЕНИЯ РУССКИМ ЯЗЫКОМ

Пичугина Д.А.

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Химический
факультет

Обучение иностранных студентов на русском языке в современном образовании занимает важное, стратегическое значение. Основная задача подготовительного отделения заключается в обучении и подготовке иностранных студентов к поступлению и дальнейшему обучению в Университете. Это невозможно осуществить без занятий по русскому языку и соответствующих дисциплин, которые опираются на программу, методы обучения и эффективные уроки. «Если педагогика хочет воспитывать человека во всех отношениях, то она должна прежде узнать его тоже во всех отношениях», отмечал К.Д. Ушинский. Знаем ли мы наших иностранных студентов? Хорошо бы изучить их национальные особенности, национальные программы и традиции. Нами было проведено сравнение содержания ЕГЭ по химии с содержанием экзамена по ГАО-КАО в Китае. Отмечено, что выпускной экзамен в Китае не содержит тестовой части, в нем есть иллюстрации и ряд других отличий. Также известно, что в школах китайцы учатся в больших группах, много работают самостоятельно под присмотром преподавателя. Все эти факторы необходимо учитывать при обучении предметам.

**ЯЗЫКОВАЯ РЕФЛЕКСИЯ В ПИСЬМАХ И ДНЕВНИКАХ
Н.Н. МИКЛУХО-МАКЛАЯ**

Сидорова М.Ю.

МГУ имени М.В. Ломоносова

Николай Николаевич Миклухо-Маклай – выдающийся русский путешественник и неординарный мыслитель не только в естественнонаучной, но и в гуманитарной и общественно-политической сфере – оставил после себя значительное письменное наследие, которое, насколько нам известно, еще не исследовано с филологической точки зрения. Помимо собственно научных трудов, в это наследие входят письма и дневники, содержащие много примеров того, что Н.Н. Миклухо-Маклай был личностью с высоким уровнем языковой рефлексии, обращенной на собственную речь, на речь туземцев, с которыми он общался, на языки в целом. Весьма прискорбно, что в современных СМИ в силу модной тенденции к снижению образов великих русских людей и открытия о них «новой правды», как правило, негативного характера, встречается манипуляция цитатой из письма Миклухо-Маклай, в котором он сетует, что начал забывать родной язык.

В докладе на материале писем и дневников Н.Н. Миклухо-Маклай будет показано, что это высказывание должно рассматриваться в общем контексте его языковой личности, весьма требовательной к языковому выражению мысли. Об этом говорит и упомянутая цитата, если взять ее полностью («Обращаюсь к Вам с покорнейшею просьбою: обратить двойное внимание на корректуру моих сообщений, т.к. заметил, что забываю немного русский язык. Мне чересчур часто приходится задумываться над самыми ежедневными словами! Я не говорю о конструкции каждой фразы, но если Вы заметите "слишком нерусские выражения", то попрошу, если не составит большого труда, изменить их» - цитаты приводятся по изданию Миклухо-Маклай Н. Н. Собрание сочинений в пяти томах. М.-Л., 1950-1954 г.), и аналогичные просьбы Маклай, касающиеся публикации его сочинений на иностранном языке, и его письма брату. Второй важной чертой этой языковой личности является стремление к внимательному наблюдению и осмысливанию языковых фактов. Миклухо-Маклай не просто «с первого дня знакомства с папуасами... носил постоянно в кармане записную книжку для записывания при каждом удобном случае слов туземного языка» и «брал уроки» у своих друзей-туземцев, не просто фиксировал новые лексические единицы, называвшие предметы туземного быта и природные объекты, а также слова, нужные ему для общения с папуасами. Он рефлектировал над тем способом, которым ему удавалось получить значения этих слов, над тем, как осуществлялось общение при отсутствии необходимых слов, чем это отсутствие компенсировалось. Этот интерес позволил Миклухо-Маклаю эмпирическим путем «наивного лингвиста» обнаружить некоторые закономерности, входящие в теоретическую базу современной лингвистики, такие, например, как категоризация незнаного объекта через известные уже человеку языковые «этикетки» или трудность объяснения абстрактных понятий по сравнению с конкретными, темпоральными по сравнению с пространственными и т.п.

**ПРОФОРИЕНТАЦИЯ ИНОСТРАННЫХ СТУДЕНТОВ НА
ПОДГОТОВИТЕЛЬНОМ ОТДЕЛЕНИИ КАК ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ МЕТОД
ФОРМИРОВАНИЯ РЕЧЕВЫХ НАВЫКОВ**

Смирнов А.С.

Институт русского языка и культуры МГУ имени М.В.Ломоносова
alexeysmirnov@yandex.ru

С каждым годом интерес иностранных граждан к российскому образованию возрастает. Перед поступлением в организации высшего образования РФ иностранные студенты обучаются на подготовительных отделениях («подфаках»), которые обеспечивают иностранных студентов академическими и языковыми навыками, необходимыми для успешной дальнейшей учебы в российских вузах. Однако, количества часов в программе дополнительного образования, выделяемых на изучение предметов и научного стиля речи, не хватает для приобретения полноценных научно-коммуникативных компетенций. Из-за этого возникают сложности при освоении основных программ вузов на русском языке.

В докладе представлен опыт Института русского языка и культуры МГУ имени М.В.Ломоносова по интенсификации процесса приобретения научного стиля речи через профориентацию иностранных студентов, обучающихся на подфаке.

К подобным мероприятиям можно отнести участие студентов в конференции Ломоносов МГУ, которая каждый год служит отличной площадкой для обмена знаниями и опытом между иностранными студентами и преподавателями. Участие в данном мероприятии позволяет обучающимся погрузиться в научную среду, расширить общую культурную базу и развить коммуникативные навыки.

То же самое можно сказать о встречах иностранных студентов с представителями факультетов МГУ. Такие мероприятия стали ключевым этапом профориентации, на которых студенты получают полную информацию о различных направлениях и специальностях, предлагаемых университетом. Встречи помогают студентам точнее определиться с выбором будущей специальности, осознать свои потенциальные возможности, а в некоторых случаях, найти будущего руководителя.

Все вышеупомянутые аспекты подтверждают, что профориентация иностранных студентов на подготовительном отделении российских вузов должна быть неотъемлемой частью образовательного процесса для приобретения научно-коммуникативных навыков.

ЯЗЫК, ЧЕЛОВЕК, КУЛЬТУРА: ВЗГЛЯД ПСИХОЛИНГВИСТА

Уфимцева Н.В.

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, филологический ф-т, каф. ОСИЯ 119991, Москва, Ленинские горы, ГСП, 1-й корпус гуманитарных факультетов (1-й ГУМ), Тел.: +7 (495) 939-32-77, Факс: +7 (495) 939-55-96,

Методологически наше исследование опирается на теорию сознания, разработанную в психологической теории деятельности А.Н. Леонтьева, и отличается от других похожих работ своей объяснительной направленностью. В качестве общей теоретической основы исследования используется теория языкового сознания, разработанная в Московской психолингвистической школе.

Я остановлюсь на нескольких аспектах взаимоотношения языка, человека и культуры. Первая проблема, это язык в человеке как его центральный функциональный орган, который обеспечивает функционирование всех других высших психических функций (восприятие, мышление и т.д.). Формирование языковой способности подчиняется определенным закономерностям, поддерживается работой мозговых структур. Главное завоевание на этом пути – это овладение знаком, как главным человеческим орудием, который открывает для ребенка доступ к культуре, к возможности сформировать образ мира своей культуры как ориентировочную основу поведения. Формирование языковой способности проходит определённые этапы и совершается в определенной последовательности. Не последнюю роль в этом процессе играет и школьное образование. Понятие «функциональная неграмотность» появилось в 90-е годы XX века. Ее причиной является несформированность структур логического мышления в силу того, что учащиеся не читают и не анализируют тексты, поскольку учебные программы направлены не на понимание прочитанного, а на простое его воспроизведение. А еще Ж. Пиаже указывал, что «чем более сложными становятся структуры мышления, тем более необходимым для их завершения является язык» [1].

Второй аспект – это значение как социокультурный феномен, как производное культуры.

Огромная база ассоциативных данных, собранная в течение последних 50 лет Московской психолингвистической школой (словари РАС, ЕВРАС, СИБАС1, СИБАС 2, КрымАС , весь материал собран до начала СВО), позволяет проследить изменения в содержании языкового сознания нескольких поколений носителей русского языка/культуры и связать эти изменения с социально-политической ситуацией в российском обществе. Подход с позиций Московской психолингвистической школы позволяет анализировать знания, которые формируются в образе мира и закрепляются за телами языковых знаков, и не только их содержание, но и их системность.

Литература.

1. Пиаже Ж. Генетический аспект языка и мышление// Психолингвистика. Сборник статей. М., Прогресс, 1984. С.325-335.

**УЧЕБНИК ПО ЯЗЫКУ СПЕЦИАЛЬНОСТИ ДЛЯ ИНОСТРАННЫХ
СТУДЕНТОВ-БИОЛОГОВ И ПРОБЛЕМА РАННЕГО ВВОДА СПЕЦИАЛЬНОЙ
ЛЕКСИКИ НА ПОДГОТОВИТЕЛЬНОМ ЭТАПЕ**

Хапчайев Ш.Ю.

Университет МГУ-ППИ в Шэнчжэне. Биологический факультет.

Авторским коллективом (М.Ю. Сидорова, Ш.Ю. Хапчайев, А.П. Лосицкая) подготовлен учебник для иностранных студентов-биологов. Учебник фокусируется на проблеме раннего введения специальной биологической лексики на подготовительном этапе и снимает ряд проблем на этапе перехода от A2 к B1. Изучение биологии влечет за собой необходимость освоения обширного корпуса терминологии, что является особенно сложной задачей для студентов, не владеющих русским языком на достаточном уровне. В учебнике сделан акцент на активизацию лексики и грамматических категорий, необходимых для овладения языком специальности, и интеграции их в контекст обучения. Подход к подготовке учебного материала основывается на компьютерном анализе корпуса учебников, что позволило сформировать списки наиболее часто используемой терминологии и выстроить последовательность текстов и заданий, насыщенных этой лексикой.

Методическая сторона пособия разработана таким образом, чтобы обеспечить гибкость в применении в различных учебных контекстах, включая очное, дистанционное и смешанное обучение.

ЧЕМ ЛИНГВИСТИКА МОЖЕТ БЫТЬ ПОЛЕЗНОЙ ЕСТЕСТВОЗНАНИЮ: К ВОПРОСУ О ПРИНЦИПАХ И МЕТОДАХ МОДЕЛИРОВАНИЯ НАУЧНОГО ИДИОЛЕКТА

Чернейко Л.О.

МГУ им. М.В. Ломоносова. Email: avollis@mail.ru

Любая научная (и/или специальная) сфера знания в своей основе имеет обыденное сознание и воплощающий его общеупотребительный (повседневный) язык. По сложившейся в лингвистике традиции язык науки рассматривается прежде всего и главным образом как терминосистема, обслуживающая ту или иную научную сферу (дисциплину) с акцентом на проблеме термина и прежде всего на способах образования термина (а это всегда имя существительное либо аналитический термин, состоящий из существительного и прилагательного, в чем легко убедиться, открыв любой отраслевой словарь), достаточно хорошо систематизированных. И естествоиспытатель, стоящий перед проблемой создания нового термина, может при необходимости обратиться за консультацией к соответствующей лингвистической литературе. Однако научная речь не состоит из одних терминов-существительных и специальных, сугубо научных глаголов типа аннигилировать, абсорбировать, ионизировать, инвертировать, поляризоваться и под. Их доля значительно меньше по сравнению и с глаголами общеупотребительными, которые представлены в научной речи и ее формируют, и, тем более, с именами-терминами. Следует отметить, что лингвостатистический анализ используемых в той или иной специальной сфере глаголов мог бы дать нетривиальные для данной сферы когнитивные результаты, но важно знать, на какие глаголы следует обращать внимание. Оставив в стороне глаголы аргументации (полагать, утверждать, подчёркивать), следует сосредоточить внимание на глагольной сочтаемости ключевого термина в научной речи автора, анализ которой позволяет смоделировать его представление о стоящем за термином феномене (термин «почва» В.В. Докучаева, термин «сознание» В.П. Зинченко, термин «наука» В.И. Вернадского, «Слой земли» М.В. Ломоносова).

ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ ТЕРМИНОЛОГИЧЕСКИХ МИНИМУМОВ ПО ТЕХНИЧЕСКИМ СПЕЦИАЛЬНОСТЯМ

Щукина Д.А.

Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II 199106,
Санкт-Петербург, Васильевский остров, 21 линия д.2

В научном языке термины делятся на общеупотребительные и узкоспециальные. Узкоспециальные термины используются в определенной научной области, обозначают ее конкретные понятия, объекты и их признаки, данные термины точны и однозначны.

В учебно-научном дискурсе актуализируется вопрос о принципах формирования терминологических минимумов. Рассмотрим словари по техническим специальностям, составленные в Санкт-Петербургском горном университете, на примере терминологического минимума по специальности "строительное дело".

Ведущий принцип формирования словарника технических терминов - количественно-качественный, предполагающий включение 200-400 узкоспециальных технических терминов с переводом на английский язык и толкованием. Словари терминологических минимумов составлены на специальных кафедрах с учетом профессиональной подготовки инженеров-строителей и формированием их научно-профессиональной картины мира.

R1

KУЛЬТУРНОЕ ПРОСТРАНСТВО РОССИИ

RUSSIA CULTURE MEDIA

Руководители:

*Юрий Дмитриевич Нечипоренко, Галина Юрьевна Ризниченко,
Марина Юрьевна Сидорова.*

**К 80-ЛЕТИЮ К.А.КЕДРОВА.
ОБРАТНАЯ БИОНИКА.
ТВОРЧЕСКИЙ ИНСТРУМЕНТ
НА ПРИМЕРЕ ИНТУИТИВНОГО ПОЭТИЧЕСКОГО МЕТОДА
ПОЭТА И ФИЛОСОФА К.А.КЕДРОВА**

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

Главной чертой творчества К.А.Кедрова является объединение поэзии и науки. Но это не просто механическое соединение: они, по мысли учёного, не соединяются, а существуют параллельно, по принципу дополнительности. Поэзия становится, таким образом, способом познания окружающего мира и самого человека, становится совершенно новым инструментом познания, где поэтические строфы превращаются в формулы — и наоборот. (Издательство «Мысль», Москва 2001г.).

К.А.Кедров, как исследователь незримого и основоположник принципиально нового поэтического направления, обогатил мир дополнительной координатой познания. До этого было три пути: наука, искусство и религия. В 1976г. была открыта четвёртая координата — это поэзия. (см. Википедия Метаметафористы). Через поэзию К.А.Кедров ввёл в научный оборот философские понятия: именно им было предложено слово «Метаметафора», а в 1982г. поэт впервые опубликовал термин «Метакод», значение и смысл которых он описал в стихотворении «Компьютер любви» (1983г.) Где автор поэтическим языком изложил среди прочих научных дисциплин такое психологическое понятие как эффект обзора, который как термин был впервые упомянут только в 1987г. (см. Википедия Эффект обзора (англ. Overview effect).

Также на основе стихотворений К.А.Кедрова «Компьютер любви» и «Вихри Декарта» (2012г.) учёному и лётчику-космонавту Ю.М.Батурину пришла идея вихревого времени. Так в 2018 г. была издана коллективная монография в 2-х томах «Вихревая динамика развития науки и техники. Россия/СССР. Первая половина XX в.» - Российская академия наук. Институт истории естествознания и техники имени С.И.Вавилова РАН. Об этом космонавт рассказал в видео встрече с К.А.Кедровым «Среда ДООС: Диалог с изнанки неба» от 19.08.2022г.

Одним из итогов поэтических прозрений К.А.Кедрова является его космологический, философский и поэтический труд «ИНСАЙДАУТ» (2001 г.) Эта книга находится в собрании Нобелевской научной Стокгольмской библиотеки (3-й раздел-Нобелистика-космология №688).

Человек - это изнанка неба
Небо - это изнанка человека
«Компьютер любви» (фрагмент)

СИНЕРГЕТИКА И ДУХОВНО-НРАВСТВЕННОЕ СТАНОВЛЕНИЕ ТВОРЧЕСКОЙ ЛИЧНОСТИ СРЕДСТВАМИ МУЗЫКИ

Лисицкая Е.В.

ГАПОУ МО «Московский Губернский колледж искусств», преподаватель, Россия,
Москва +7(916)3276011, levgia@yandex.ru

Памяти Гернет Н.Д.
«Искусство вечно выше жизни
И жрец его - сверхчеловек,
В какие рамки нас ни втисни
И как ни дей из нас калек».
И. Северянин
«Колокола собора чувств», 1923

Многомерность музыкального воздействия на человека делает возможным рассматривать музыку как один из важных факторов процесса духовно-нравственного становления (ДНС) творческой личности (ТЛ). При этом значимую роль играет качество передачи содержания, нравственности музыкального произведения (МП), зависящее от многих этапов и составляющих: интонационной идеи, замысла композитора и его нотной фиксации, компетенций исполнителя, технологий звукового воплощения, адекватности музыкального восприятия и интерпретации музыкального материала слушателем и т.п. Указанные подпроцессы образуют сложную систему синергетического влияния на сознание человека, катализируя процесс творческого мышления, духовно-нравственного осмыслиения общечеловеческих ценностей, активации эмоционального интеллекта (ЭИ). ЭИ, как совокупность знаний, навыков, способностей ТЛ верно истолковывать обстановку, влиять на неё, понимать мотивации и желания окружающих, генерирует эмоции, развивает умение управлять ими, содействует мышлению, способствует эмоциональному и интеллектуальному росту.

Таким образом, процесс ДНС ТЛ носит системный характер, представляет собой коначное взаимодействие процессов, образующих определенную структуру, предназначенную для активного целенаправленного становления ТЛ, для исследования которой целесообразно использовать подход на основе синергетики (совместного действие различных элементов на результат) – науки о создании моделей совместного действия элементов, постановке и решении на их основе системных задач. Синергетический метод анализа иерархий (МАИ) представляет процесс влияния МП на ДНС ТЛ в виде иерархии, вершиной которой является ДНС ТЛ (фокус проблемы), затем – общечеловеческие ценности, далее уровень акторов (композитор, исполнитель, слушатель и т.п.), а нижний – музыкальные произведения. На основе иерархии реализуется экспертная процедура МАИ, с помощью которой находятся глобальные приоритеты (значимости) МП по степени их влияния на ДНС ТЛ.

Полученные численные значения глобальных приоритетов МП позволяют осуществить ранжирование МП по убыванию их значимостей, определить репертуар МП, рекомендуемый для музыкального обеспечения духовно-нравственного развития творческой личности рассматриваемого кластера.

ВОСПРИЯТИЕ И ОЦЕНКА ПРОИЗВЕДЕНИЙ А.С. ПУШКИНА В ЕВРОПЕ И ЛАТИНСКОЙ АМЕРИКЕ

Оболенская Ю.Л.

Филологический факультет МГУ, кафедра иберо-романского языкознания

Доклад посвящен истории перевода, оценок и восприятия произведений А.С.Пушкина в Европе и Латинской Америке. Хотя переводы отрывков его поэм появились впервые во Франции уже в начале 20-х годов 19 в., на протяжение 19 и 20 века Пушкин был известен в Европе скорее как прозаик - романтик в духе В.Скотта. А известность «Евгения Онегина» (издаваемого до последней трети 20 века главным образом в прозаических переводах) была связана с успехом оперных постановок. Исказжающие оригинал переводы и неверные трактовки творчества Пушкина в большинстве стран Европы и Латинской Америки связаны в культурным посредничеством Франции и романтлизацией его мифологизированной биографии.

ПУШКИН — «ВЫСШИЙ КРИТЕРИЙ ДЛЯ НАШИХ ДУШ» (Д.С. ЛИХАЧЕВ)

Сидорова М.Ю.

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Смысл «высокий», отраженный и в словах акад. Д.С. Лихачева, вынесенных в название доклада, традиционно соотносится в русской картине мира с именем А.С. Пушкина. Нами будет сделана попытка осмыслиения того, что на самом деле сделал Пушкин со смыслом «высокий» в русском языке, русской литературе и русской ментальности, неразрывно связав его со смыслом «простой». Мы будем говорить, во-первых, о языковых преобразованиях, внесенных нашим великим поэтом (который впервые позволил крестьянину торжествовать, а дворовому мальчику преображаться и освятил своим авторитетом возможность для литературного богатыря надеть рукавицу на десницу) в русский литературный язык и запустивших в нем процессы, надолго пережившие Пушкина и сохранившиеся в русском языке и сохраняющие его до наших дней. Во-вторых, будет обсуждаться тот «формат» творческой личности, модель ее поведения, который задал Пушкин для русского литератора и который неразрывно связан для нас с его именем. В-третьих, мы затронем вопрос о роли Пушкина в формировании системы ценностей русского человека, которая в дальнейшем отражалась и укреплялась русской литературой XIX – XX веков и, несмотря на активные попытки ее разрушить в наше время, проявляет устойчивость и свои защитные духовные свойства именно в силу опоры на высшие ценности в сочетании с «простотой», понимаемой как нелживость, нелукавство, искренность и естественное честолюбие.

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

- Aristova E.N. 70
Astafurov G.O. 70
Ataullakhhanov F.I. 154
Averkin A.N. 82, 83
Balabin F.A. 154
Bozdaganyan M. 130
Buchelnikov A.S. 131
Cheremisina E. 213
Cheremissina E.N. 80
Didorenko A.V. 180
Gudovich I.S. 181
Khalilov R.I. 152, 155
Kireev B.V. 153
Kirpicheva E. 213
Kovalenko A.D. 71
Kozin S.A. 131
Kudryavtseva D. 214
Lyubimova A.V. 80
Miloividova A. 213, 214
Minzov A.S. 81
Mitkevich V.A. 131
Molotkova E.A. 154
Nasibova A.N. 152, 155
Nechipurenko Y.D. 131
Nemchaninova S.V. 81
Nikitich A.A. 153
Orekhov P. 130
Polyakova R.V. 71
Progulova T.B. 180
Shevchenko A.V. 82
Sukhanov M.G. 80
Vasilenko E.O. 131
Vinokurova N.A. 181
Volkov E.N. 83
Yang A. 130
Yudin I.P. 71
Абатурова А.М. 100
Авакянц А.В. 101
Аверкин А.Н. 74, 79
Агейков В.Ю. 97
Агентова В.С. 134
Айрапетянц А.А. 216
Аксенова С.В. 102
Алексеев А.А. 94
Андреева И.А. 22
Аникина Л.А. 236
Анохина Е.А. 197
Анпилов С.В. 40, 61
Антал Т.К. 88, 94
Арзангулян М.Э. 28
Аристов В.В. 47
Аристова Е.Н. 29, 30, 31
Армееев Г.А. 104, 112, 113, 119, 120, 124
Архипова Л.Г. 23
Астафуров Г.О. 31
Атауллаханов Ф.И. 142
Афонин Д.А. 104, 119
Бадалов А.А. 90
Бажин А.С. 32
Балабин Ф.А. 142
Батмунх М. 148
Батова А.С. 102
Бевзо М.О. 33
Беляева Н.Е. 86
Бобкова И.А. 166
Бобылева А.В. 158
Боева А.В. 34
Борисова Е.В. 206
Бочаров Г.А. 144
Браже А.Р. 159, 160, 161, 162
Брацуn Д.А. 87, 91, 92
Бреев А.И. 24
Бугай А. 148
Бугай А.Н. 102, 135, 136
Бузмаков М.Д. 87
Бульчев А.А. 86
Бучельников А.С. 103
Быкова И.А. 184
Быкова И.А. 184
Быкова М.А. 203
Валуев Г.В. 41
Вальба О.В. 158
Василенко Е.О. 103
Васильев В.А. 104

- Васильева И.А. 179
Васильева М.А. 135
Васюченко Е.П. 105
Вервейко Д.В. 162
Верисокин А.Ю. 162
Виноградов Д.С. 108
Владимирова Т.В. 191, 201
Водолазская И.В. 37, 63
Волков Е.Н. 74
Волкова А.А. 149
Вольхин И.А. 106
Воронина Я.А. 160
Воронова В.М. 149
Глебов А.А. 136
Глухов Г.С. 119
Голицына И.А. 185
Гончарова Т.П. 217
Горицкий Ю.А. 35
Горский А.С. 158
Горчаков Г.И. 41
Горюнова Е.А. 75
Грачев В.А. 36
Грибкова А.К. 107
Гриневич А.А. 137
Гришина Е.А. 203
Гудимчук Н.Б. 108, 123
Гудков С.В. 45
Гурченко А.А. 30
Гусева И.Е. 137
Даценко О.И. 41
Дегтерева Н.С. 88
Депутатова О.А. 187
Дидоренко А.В. 167
Довбыш С.А. 186
Дубинина М.Г. 168
Душанов Э. 148
Душанов Э.Б. 102, 135
Ельцов И.А. 108
Ермаков А.С. 89
Ермаченко В.А. 86
Ермолаева Е.О. 218
Ершов Н.М. 50
Есеркепов А.В. 37, 63
Жигачева И.В. 138
Жуденков К.В. 149
Жулидин П.А. 109, 125
Забелин А.А. 45
Загубная О.А. 139
Заря Н.К. 24
Захарова А.И. 35
Захарова Т.М. 114
Зезюля Н.В. 187, 197
Зейналов Ш.С. 60
Зеликин Н.В. 169, 218
Иванцова О.В. 110
Ивонцин Л.А. 111
Измайлова В.Р. 55
Исаева А.В. 33, 57
Караваева Н.И. 29, 30
Карнаухов А.В. 47
Карпов А.В. 41
Кархов А.М. 160
Карякин Ю.В. 188, 224
Киреев Б.В. 140
Кирпичева Е.Ю. 211
Кирпичников М.П. 119
Клинских А.Ф. 34
Ковалева А.В. 170
Ковалева М.А. 189
Коваленко А.Д. 51
Коваленко В.В. 93
Коваленко И.Б. 105, 106, 123, 126, 128
Козин С.А. 103
Колегов К.С. 37
Колесникова Е.А. 136
Колотова Н.Ю. 190
Комаров В.М. 90
Комарова Г.А. 119
Комкина Т.А. 171
Кондратьев М.С. 90
Копылова В.С. 141
Корнева М.И. 225
Коробов Н.А. 46
Косарим Н.А. 112
Костарев К.В. 91, 92
Кочеткова Е.В. 172
Кочетов А.Н. 121
Краснобаева Л.А. 129
Красняков И.В. 92
Крикунова Н.И. 138

- Кристовский Н.В. 113, 115
Крупянский Ю.Ф. 93
Крынецкий Б.А. 38
Кудров А.В. 173
Кудрявцева Д.В. 210
Кудряшова З.А. 121
Кузьмин В.С. 160
Кулагин А.Е. 25
Кулагова Т. 148
Кулакова А.М. 114, 118
Кулем В.С. 145, 149
Кулик В. 148
Курков В.А. 39, 69, 127
Лагоша С.В. 161
Лапонин В.С. 40, 61
Левинская Д.Д. 191
Леон К. 149
Лисицкая Е.В. 237
Литвиненко Ю.А. 174
Лойко Н.Г. 93
Лукин П.О. 162
Лысенкова М.А. 175
Любимова А.В. 75, 78
Лямина Е.Э. 219
Мазуров М.Е. 62
Макарова О.В. 192, 200
Максименко М.Ю. 204
Максиментков Л.О. 41, 42
Малиновская Е.А. 41, 42, 54
Мамаева Н.Ю. 115
Мамалыга Р.Ф. 193
Мамчур А.А. 116
Марков П.Н. 46
Мартиросова О.А. 194
Матиева А.Б. 201
Маторин Д.Н. 94
Машковцева Е.В. 111, 141, 151
Меркулова К.О. 163
Миловидова А.А. 210, 211, 212
Миль Е.М. 138
Минзов А.С. 76
Митькевич В.А. 103
Михайлов А.В. 226
Моисеенко А.В. 104
Мокин А.Ю. 67
Мокин А.Ю. 55
Молоткова Е.А. 142
Москалев П.В. 43
Моторин Н.А. 104, 117, 119
Мулашкина Т.И. 118
Муратов Д.А. 44
Нагаев Е.И. 45
Надыкто А.Б. 46
Назаренко Е.С. 46
Назаренко К.М. 46
Найштут Ю.С. 36
Нараленкова И.И. 195
Нарциссов Я.Р. 111, 134, 139, 141, 143, 151
Натяганов В.Л. 196
Наумова М.М. 190
Немчинникова С.В. 76
Ненахов Н.Д. 56
Нечаев С.К. 158
Нечипуренко Ю.Д. 47, 103
Никитич А.А. 140, 144, 149
Николаев Н.Э. 44, 53
Никольский И.М. 48
Никонова М.А. 176
Носикова Л.А. 121
Оболенская Ю.Л. 238
Овсенева М.И. 145
Олейников П.Д. 119
Онищенко Л.С. 43
Оноприенко Е.Э. 197
Парамонов А.А. 38
Пархоменко А.Ю. 135
Песков К.В. 144, 149
Петрес Г.С. 104
Петрова Ю.В. 184, 191, 197, 201
Пикуленко М.М. 220
Пичугина Д.А. 227
Пищальников Р.Ю. 39, 45, 49, 69, 127
Пластун И.Л. 109, 125
Плюснина Т.Ю. 88, 96, 98, 150
Погосян С.И. 95
Полежаев А.А. 66
Полуян С.В. 50
Полякова Р.В. 51
Попов А.В. 177
Попов А.Н. 93

- Поспелов Н.А. 158
Постнов Д.Э. 163
Потапова Т.В. 198, 205
Потемкина С.В. 212
Прогулова Т.Б. 167
Продан Д.В. 52
Прытков М.П. 193
Пунтус И.Ф. 90
Пустовалов А.В. 53
Пыркина О.Е. 199
Равин А.Р. 53
Рассомахина Е.В. 200
Ризниченко Г.Ю. 86, 88, 95, 96, 100
Рубин А.Б. 86, 88, 96
Рудникова Н.А. 141
Рыскаленко П.Р. 54
Рябов Д.М. 120
Рябов Н.В. 110
Рясик И.О. 146
Савенкова Н.П. 40, 55, 56, 61, 67
Сазонова М.Е. 204
Самченко А.А. 90
Сапожников К.Э. 56
Саримов Р.М. 45
Сахаров П.С. 57
Семенов С.В. 58
Семьянов А.В. 161
Сергеенкова А.А. 121
Серовайский С.Я. 147
Сивкина А.Л. 119
Сидоров С.В. 59
Сидорова М.Ю. 228, 239
Сидорова О.В. 60
Силаев А.Д. 221
Силантьева Е.Н. 201
Симонова Л.А. 202
Сингх-Пальчевская Л.Р. 119
Синюков С.А. 25
Складчиков С.А. 40, 61
Слипченко А.В. 62
Смирнов А.С. 229
Смирнова А.В. 203
Соколов В.В. 149
Соколова О.С. 93
Солдатова А.Е. 161
Степанова Д.В. 222
Страховская М.Г. 105, 126
Стреблянская И.А. 178
Студитский В.М. 119
Сурков М.М. 122
Суханов М.Г. 78
Танканаг А.В. 137
Тарасевич Ю.Ю. 63
Тарасова Н.А. 179
Терешкин Э.В. 93
Терещкина К.Б. 93
Тихонова И.В. 137
Тогтохтур Т. 148
Тодоренко Д.А. 94
Токарев Д.А. 46
Толмачева Е.А. 204
Угольков Я.А. 149
Угрозов В.В. 64
Удовиченко Н.С. 56
Ульянов Е.В. 108
Устинов Н.В. 65
Утюмова Е.А. 193
Уфимцева Н.В. 230
Ушанкова М.Ю. 77
Фатеев И.С. 66
Федоров В.А. 105, 106, 123, 128
Федулова А.С. 101, 112, 117, 124
Федулова Ф.С. 119
Феофанов А.В. 119
Фескин П.Г. 119
Филин П.Д. 109, 125
Фурсова П.В. 95, 150
Хапчаев Ш.Ю. 231
Хечинашвили Н.Н. 90
Ходалицкий Д.Н. 67
Холина Е.Г. 105, 123, 126, 128
Хренова М.Г. 114, 118
Хрущев С.С. 88, 96, 98, 105, 106, 150
Цхай А.А. 97
Чемерис Н.К. 137
Червицов Р.Н. 88, 98
Черемисина Е.Н. 78, 211, 212
Черминская М.А. 205
Чернейко Л.О. 232
Чесалин Д.Д. 39, 45, 69, 127

Авторский указатель
Authors Index

- Чеснокова А.А. 206
Чехлова Т.К. 44, 53
Числова К.А. 207
Чистякова Ю.А. 98, 150
Чхетиани Г.И. 42
Шайтан А.К. 101, 104, 107, 112, 115, 117,
 119, 124
Шапкина Н.Е. 28
Шаповалов А.В. 24, 25
Шаряфетдинова А.С. 112, 117
Шатров А.В. 68
Шевченко А.В. 79
Шевченко О.В. 35
- Шивринская Е.В. 195
Шкирина У.А. 39, 69, 127
Шубина А.И. 128
Щукина Д.А. 233
Этезова Ф.М. 151
Юдин И.П. 51
Яворская Е.Л. 190
Яголович А.В. 101
Яковлев Р.Ю. 109
Яковlevа О.В. 94
Якушевич Л.В. 129
Ярошевич И.А. 116, 122

ДЛЯ ЗАМЕТОК

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 31

Подписано в печать 15.12.2023. Формат 60×84 $\frac{1}{16}$.

Печать цифровая. Усл. печ. л. 14,30. Уч.-изд. л. 14,11.

Гарнитура «Таймс». Бумага для цифровой печати. Заказ № 24-55.

АНО «Ижевский институт компьютерных исследований»,

426061, г. Ижевск, ул. Ворошилова, д. 123.

E-mail: mail@rcd.ru Тел./факс: +7 (3412) 50-02-95

Отпечатано в цифровой типографии

АНО «Ижевский институт компьютерных исследований».