

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
Физический факультет

НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
ЛОМОНОСОВСКИЕ ЧТЕНИЯ
Секция физики

Март–апрель 2024 года

Сборник тезисов докладов
Под редакцией профессора В.В. Белокурова



Москва
Физический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова
2024

Научная конференция «ЛОМОНОСОВСКИЕ ЧТЕНИЯ». Секция физики. Март-апрель 2024. Сборник тезисов докладов / Под ред. В.В. Белокурова. — М., Физический факультет МГУ, 2024 г. 286 с.
ISBN 978-5-0294-2

Тезисы докладов Секции Физики научной конференции «Ломоносовские чтения» представлены в следующих подсекциях:

«Оптика и лазерная физика»,
«Фотонные и квантовые технологии. Цифровая медицина»,
«Радиофизика, электроника и акустика»,
«Физика конденсированного состояния»,
«Биофизика»,
«Теоретическая физика»,
«Математическая физика»,
«Прикладная математика и математическое моделирование»,
«Медицинская физика»,
«Науки о Земле»,
«Газодинамика, термодинамика и ударные волны»,
«Методика преподавания».
«Синхротронные и нейтронные исследования»

Физический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова
Москва, ГСП-1, Ленинские горы, д.1, стр.2

ISBN 978-5-8279-0294-2

© Физический факультет МГУ
имени М.В. Ломоносова, 2024

СОДЕРЖАНИЕ

ОПТИКА И ЛАЗЕРНАЯ ФИЗИКА

ШИРОКОДИАПАЗОННЫЕ ФЕМТОСЕКУНДНЫЕ ИК ЛАЗЕРНЫЕ ИСТОЧНИКИ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ В ЗАДАЧАХ НЕЛИНЕЙНОЙ ОПТИКИ КОНДЕНСИРОВАННЫХ И ПЛОТНЫХ ГАЗОВЫХ СРЕД	10
Доц. Потёмкин Ф.В.	10
ОПТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОРФИРАЗИНОВЫХ И ФТАЛОЦИАНИНОВЫХ ФОТОСЕНСИБИЛИЗАТОРОВ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРАХ	18
Асп. А.Р. Крот, доц. И.А. Сергеева	18
ЛИНЕЙНЫЕ ОПТИЧЕСКИЕ И МАГНИТООПТИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ В ОКИСЛЕННЫХ НАНОПЛЕНКАХ ПЕРМАЛЛОЯ	19
Мл.науч.сотр. Помозов А.Р., доц. Свяховский С.Е., доц. Мурзина Т.В.	19
КВАНТОВЫЕ ФАЗОВЫЕ ПОРТРЕТЫ В ХОДЕ РЕАЛИЗАЦИИ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА, ГЕНЕРАЦИИ СУММАРНЫХ ЧАСТОТ И БЕЗ ПРИБЛИЖЕНИЯ ЗАДАННОЙ НАКАЧКИ В РДС-КРИСТАЛЛЕ	22
Физик Сингх Р., вед. научн. сотр. Белинский А.В.	22
ТЕМПЕРАТУРНАЯ СТАБИЛЬНОСТЬ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ $\text{Sc}_x\text{Y}_{1-x}\text{VO}_4:\text{Eu}^{3+}$	25
Мл. научн. сотр. Возняк В.С., ст. научн. сотр. Спасский Д.А. ¹ . ¹ НИИЯФ МГУ им. М.В. Ломоносова	25
Москва, Россия E-mail: levushkina@physics.msu.ru	26

ФОТОННЫЕ И КВАНТОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ. ЦИФРОВАЯ МЕДИЦИНА

НОВЫЕ ФОТОННЫЕ СТРУКТУРИРОВАННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ЗАДАЧ ПРЯМОЙ И ОБРАТНОЙ МАГНИТООПТИКИ	28
Ст. науч. сотр. Калиш А.Н., доцент Белотелов В.И.	28
КРЕМНИЕВЫЕ МИКРОИГЛЫ, ДЕКОРИРОВАННЫЕ НАНОЧАСТИЦАМИ ЗОЛОТА ДЛЯ АНАЛИЗА МОЛЕКУЛЯРНОГО СОСТАВА КЛЕТОК ЧЕЛОВЕКА МЕТОДОМ СПЕКТРОСКОПИИ ГИГАНТСКОГО КОМБИНАЦИОННОГО РАССЕЯНИЯ СВЕТА	30
Вед. науч. сотр. Осминкина Л.А., аспирант Собина И.О., науч. сотр. Гончар К.А., студент Гюппенен О.Д., мл.науч.сотр. Первушин Н.В., (ФФМ), мл. науч. сотр. Чечехин В.И., (ФФМ); вед. науч. сотр. Кудрявцев А.А. (ИГЭБ РАН); доцент Елисеев А.А. (ФНМ), доцент Тюрин-Кузьмин П.А. (ФФМ)	30
РАЗРАБОТКА СРЕДСТВ РЕАБИЛИТАЦИИ СЛУХА	33
Вед. спец. Сальников К.С.; ст. науч. сотр., Иваненко И.П.; доцент Тужилина К.В. (ФФМ); зав. кафедрой, Сысоев Н.Н.	33
КВАНТОВАЯ ОПТИКО-ТЕРАГЕРЦОВАЯ ФОТОНИКА	40
Ст. науч.сотр. Кузнецов К.А., доцент Прудковский П.А., профессор Китаева Г.Х.	40
ОПТИКА ЭНДОГЕННЫХ ФЛУОРОФОРОВ: ФОТОФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ БИОМЕДИЦИНСКОЙ ДИАГНОСТИКИ	43
Доц. Ширишин Е.А.	43

РАДИОФИЗИКА, ЭЛЕКТРОНИКА И АКУСТИКА

НЕЛИНЕЙНАЯ ДИНАМИКА ПУЧКОВО-ПЛАЗМЕННОЙ НЕУСТОЙЧИВОСТИ В ПЛАЗМЕННОМ СВЧ УСИЛИТЕЛЕ ПРИ НАЛИЧИИ ПОГЛОТИТЕЛЯ	55
Доц. Карташов И.Н., проф. Кузелев М.В., студент Туманов А.В.	55
ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОТОТИПА СЕТОЧНОГО ИОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С ВНЕШНИМ МАГНИТНЫМ ПОЛЕМ, РАБОТАЮЩЕГО НА КИСЛОРОДЕ И АЗОТЕ	57
Физик 1 кат. Дудин В.С., вед. науч. сотр. Кралькина Е.А., науч. сотр. Задириев И.И., науч. сотр. Никонов А.М., мл. науч. сотр. Швыдкий Г.В., вед. спец. Вавилин К.В.	57
ИЗМЕРЕНИЕ ПОГЛОЩЕННОЙ МОЩНОСТИ В СВЧ РАЗРЯДЕ ИНИЦИИРУЕМОМ ПОЛУВОЛНОВОЙ АНТЕННОЙ	59
Инж. Корнев К.Н., мл. науч. сотр. Логунов А.А., проф. Двинин С.А., техник Сурконт О.С., студент Абушаев Т.Р., студент Вольнец А.Л.	59
СПЕКТРОМЕТР НА ЧАСТОТНУЮ ОБЛАСТЬ 2 – 4 ГГц НА ОСНОВЕ ПЛАЗМЕННОГО РЕЛЯТИВИСТСКОГО ИСТОЧНИКА	61
Ст. науч. сотр. Иванов И.Е., ИОФ РАН, мл. науч. сотр. Диас Михайлова Д.Е., ИОФ РАН	61

УСИЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН В ПОПЕРЕЧНО НЕОДНОРОДНОМ ПЛОСКОМ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ВОЛНОВОДЕ С ЛЕНТОЧНЫМ ЭЛЕКТРОННЫМ ПУЧКОМ КОНЕЧНОЙ ТОЛЩИНЫ	65
Асп. <i>Ершов А.В.</i> , проф. <i>Кузелев М.В.</i>	65
АКУСТИЧЕСКАЯ ГОЛОГРАФИЯ В УСЛОВИЯХ ИМПУЛЬСНЫХ И НЕЛИНЕЙНЫХ ПОЛЕЙ ДЛЯ ХАРАКТЕРИЗАЦИИ ИСТОЧНИКОВ И ПРИЁМНИКОВ УЛЬТРАЗВУКА	68
Доц. <i>Цысарь С.А.</i> , проф. <i>Сапожников О.А.</i>	68
ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПОРТАЛ "АКУСТИКА". РУССКОЯЗЫЧНЫЕ ИСТОЧНИКИ.....	69
Ст. науч. сотр. <i>Шамаев В. Г.</i> , науч. сотр. <i>Горшков А.Б.</i> , ГАИШ МГУ.....	69

ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ

ВЛИЯНИЕ РУТЕНИЯ НА ПАРАМЕТРЫ МИКРОСТРУКТУРЫ И ТЕМПЕРАТУРУ ДЕБАЯ ПАЛЛАДИЕВЫХ СПЛАВОВ	73
Науч. сотр. <i>Акимов О.В.</i> , науч. сотр. <i>Овчаров А.В.</i> (НИЦ «Курчатовский институт»), науч. сотр. <i>Куликова Е.С.</i> (НИЦ «Курчатовский институт»), мл. науч. сотр. <i>Горбунов С.В.</i> (Институт металлургии и металловедения им. А.А. Байкова РАН).....	73
ЕСТЕСТВЕННОЕ СТАРЕНИЕ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ НА ОСНОВЕ НИКЕЛИДА ТИТАНА: УРОВЕНЬ КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ.....	76
Доц. <i>Бровкина Е.А.</i> , доц. <i>Киселева Т.Ю.</i> , проф. <i>Хунджиа А.Г.</i> , студ. <i>Джавадов Р.Р.</i>	76
САМОАККОМОДАЦИОННЫЕ КОМПЛЕКСЫ В СПЛАВАХ С МАРТЕНСИТНЫМИ ПРЕВРАЩЕНИЯМИ ДИСТОРСИОННОГО ТИПА	78
Студ. <i>Джавадов Р.Р.</i> , проф. <i>Хунджиа А.Г.</i> , доц. <i>Бровкина Е.А.</i> , доц. <i>Володин Б.А.</i>	78
МАГНИТНЫЕ И МАГНИТОТЕПЛОВЫЕ СВОЙСТВА МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ИНТЕРМЕТАЛЛИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ	80
Ст. преп. <i>Панкратов Н.Ю.</i> , вед. науч. сотр. <i>И.С. Терёшина</i> , проф. <i>С.А. Никитин</i>	80
АВТОЭЛЕКТРОННАЯ ЭМИССИЯ ИЗ УГЛЕРОДНЫХ НАНОСТРУКТУР В РЕЖИМЕ КУЛОНОВСКОЙ БЛОКАДЫ	84
Ст. науч. сотр. <i>Клец В.И.</i> , проф. <i>Образцов А.Н.</i>	84
МАГНИТОТЕПЛОВЫЕ СВОЙСТВА ТЯЖЕЛЫХ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ, СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ Fe-Rh, НАНОЧАСТИЦ ФЕРРОМАГНИТНЫХ ОКСИДОВ В ОБЛАСТИ ФАЗОВЫХ ПЕРЕХОДОВ.....	86
Доцент <i>Зверев В.И.</i>	86

БИОФИЗИКА

ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ И МЕХАНОХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РЕГУЛЯЦИИ АДГЕЗИИ И АГРЕГАЦИИ ТРОМБОЦИТОВ ПРИ ТРАВМАХ И ВОСПАЛЕНИИ МИКРОСОСУДОВ.....	89
Ст. науч. сотр. <i>Беляев А.В.</i>	89
ВЛИЯНИЕ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ И ФИТОСАНИТАРНОЕ СОСТОЯНИЕ КАРТОФЕЛЯ	98
Программист 1 кат. <i>Зубрицкая Я.В.</i> , зав. лаб. <i>Близнюк У.А.</i> , проф. <i>Черняев А.П.</i> , доц. <i>Борщевская П.Ю.</i> , ст. науч. сотр. <i>Юров Д.С.</i> , зам. руководителя по научной работе <i>Малюга А.А.</i> , вед. науч. сотр. <i>Чуликова Н.С.</i> (СибНИИЗиХ СФНЦА РАН),.....	98

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

УРАВНЕНИЕ СОСТОЯНИЯ СИСТЕМЫ ЧАСТИЦ С НЕОТРИЦАТЕЛЬНО ОПРЕДЕЛЕННЫМ ПОТЕНЦИАЛОМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ	101
Проф. <i>Николаев П.Н.</i>	101
ПРИМЕНЕНИЕ СПЕЦИАЛЬНОГО МЕТОДА ВЫЧИСЛЕНИЙ БЕТА-ФУНКЦИИ В СУПЕРСИММЕТРИЧНЫХ ТЕОРИЯХ ДЛЯ ПРОВЕРКИ NSVZ-СООТНОШЕНИЯ В SQED НА ЧЕТЫРЕХПЕТЛЕВОМ УРОВНЕ	103
Асп. <i>Широкова В.Ю.</i> , науч. сотр. <i>Широков И.Е.</i>	103
СТРУКТУРЫ ОТО И КИНКО-ПОДОБНЫЕ СОЛИТОНЫ В СТРУННО-МОТИВИРОВАННЫХ ТЕОРИЯХ С ПОТЕНЦИАЛОМ	106
Профессор <i>Кечкин О.В.</i>	106

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

СТАЦИОНАРНЫЙ ТЕПЛОВЫЙ ФРОНТ В ЗАДАЧЕ ВОССТАНОВЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ПОЛУПРОВОДНИКА ПО ДАННЫМ МОДЕЛИРОВАНИЯ.....	111
Доц. М. А. Давыдова, мл. научн. сотр. Г.Д. Рублев ИФА РАН.....	111
ОБРАТНАЯ ЗАДАЧА РЕКОНСТРУКЦИИ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ ГАЛАКТИЧЕСКИХ ДЖЕТОВ	115
Юшков Е.В. (докладчик), Чумарин Г.А., Соколов Д.Д.	115
ДВУМЕРНЫЕ НЕСТАЦИОНАРНЫЕ КОНТРАСТНЫЕ СТРУКТУРЫ В СРЕДЕ С НЕСБАЛАНСИРОВАННОЙ ПЛОТНОСТЬЮ ИСТОЧНИКОВ	116
Проф. Быков А. А.	116
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ ПОСТРОЕНИЯ АДАПТИВНЫХ СЕТОК В ОДНОМЕРНЫХ ПАРАБОЛИЧЕСКИХ ЗАДАЧАХ С КОНТРАСТНЫМИ СТРУКТУРАМИ.....	119
Асп. Булатов П. Е.	119
ЧИСЛЕННО-АСИМПТОТИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ГРАНИЧНОГО УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ УРАВНЕНИЙ ТИПА БЮРГЕРСА	123
Доц. Левашова Н.Т., доц. Волков В.Т., асп. Булатов П.Е., студ. Чэн Хань, студ. Вэй Юйсюань,	123
СТАЦИОНАРНЫЕ РЕШЕНИЯ СИСТЕМ «РЕАКЦИЯ–ДИФфуЗИЯ» ТИХОНОВСКОГО ТИПА: СЛУЧАЙ СМЕНЫ УСТОЙЧИВОСТИ	125
Проф. Нефедов Н. Н.	125
СТРУКТУРА ВНУТРЕННЕГО ПЕРЕХОДНОГО СЛОЯ В ПЕРИОДИЧЕСКОЙ ЗАДАЧЕ РЕАКЦИЯ–ДИФфуЗИЯ СО СЛАБЫМ РАЗРЫВОМ РЕАКЦИИ.....	125
Ст. науч. сотр. Никулин Е.И., доц. Волков В.Т., студ. Карманов Д.А.	125
ДВИЖЕНИЕ ФРОНТА В ЗАДАЧЕ РЕАКЦИЯ–ДИФфуЗИЯ–АДВЕКЦИЯ С KPZ-НЕЛИНЕЙНОСТЬЮ.....	126
Ст. науч. сотр. Орлов А. О.	126

ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА И МАТЕМАТИЧЕСКО МОДЕЛИРОВАНИЕ

МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ ВОЛНОВОДНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ С КРИВОЛИНЕЙНЫМИ ГРАНИЦАМИ	129
Проф. Быков А.А.	129
НАКОПЛЕНИЕ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ ВЫБОРА БАЛАНСА МЕЖДУ СЛУЧАЙНОЙ И СИСТЕМАТИЧЕСКОЙ ОШИБКАМИ В ЗАДАЧАХ БОЛЬШИХ ДАННЫХ.....	132
Проф. Голубцов П.В.	132
СИНТЕЗ И МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВЕРТИКАЛЬНЫМ ПОЛОЖЕНИЕМ ПЛАЗМЫ В ТОКАМАКЕ КТМ	136
Науч. сотр. Коньков А.Е., науч. сотр. Кружков В.И., науч. сотр. Павлова Е.А., науч. сотр. Коренев П.С. (все авторы из ИПУ РАН им. В.А. Трапезникова).....	136
ПОСТРОЕНИЕ И АНАЛИЗ МОДЕЛЕЙ ДВИЖЕНИЯ ПЛАЗМЫ В ТОКАМАКЕ КТМ	138
Науч. сотр. Коренев П.С., науч. сотр. Коньков А.Е. (все авторы из ИПУ РАН им. В.А. Трапезникова).....	138
УСРЕДНЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ МЕТАМАТЕРИАЛОВ В ТРЕХМЕРНЫХ СТРУКТУРАХ.....	141
Проф. Боголюбов А.Н., асп. Никитченко А.Д.	141
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗЕРКАЛЬНОГО КОЛЛИМАТОРА СО СКРУГЛЕННЫМИ ПОГЛОЩАЮЩИМИ КРАЯМИ.....	143
Вед. программист Хлебников Ф.Б., проф. Боголюбов А.Н., доц. Шапкина Н.Е. (Институт теоретической и прикладной электродинамики РАН), науч. сотр. Коняев Д.А. (Институт теоретической и прикладной электродинамики РАН).	143
МАТЕМАТИЧЕСКИЙ МИКРОСКОП В ГРАВИТАЦИОННОМ ЛИНЗИРОВАНИИ	144
Ст. препод. Терентьев Е.Н., проф. Шугаев Ф.В., lead developer Shilin-Terentyev N.E. (EPAM system, Moscow)	144
МАТЕМАТИЧЕСКИЙ МИКРОСКОП: ВЗАИМНОЕ ПОГЛОЩЕНИЕ СТАЛКИВАЮЩИХСЯ ЗВЕЗД И СТРУКТУРА НЕЙТРОННОЙ ЗВЕЗДЫ.....	148
Ст. препод. Терентьев Е.Н., проф. Шугаев Ф.В., lead developer Shilin-Terentyev N.E. (EPAM system, Moscow)	148
ГРАВИТАЦИОННЫЕ ВОЛНЫ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ЧЕРНЫХ ДЫР И НЕЙТРОННЫХ ЗВЕЗД.....	151
Ст. препод. Терентьев Е.Н., проф. Шугаев Ф.В., lead developer Shilin-Terentyev N.E. (EPAM system, Moscow)	151
ТОЧНОСТИ И СТАНДАРТЫ ОЦЕНИВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ОБЪЕКТОВ В ИЗОБРАЖЕНИЯХ С ИЗМЕРИТЕЛЬНО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ	155
Ст. препод. Терентьев Е.Н., студ. Махнюк М.В., студ. Балабан Е.Д., студ. Романов Д.Р., студ. Шацков И.А.	155

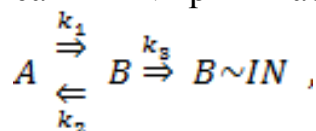
ИТЕРАЦИОННЫЙ ПРОЦЕСС ИТОНА ДЛЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ЧАСТИЦЫ В ВЯЗКОЙ СРЕДЕ	159
математик <i>Майер А.М.</i> , науч. сотр. <i>Бузинов М.Э.</i> , (Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН)	159
СУЩЕСТВОВАНИЕ РЕШЕНИЯ НАЧАЛЬНО – КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ ЛЭМБА В СЛУЧАЕ ПРЕДЕЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ПУАССОНА	161
Доцент <i>Кравцов А.В.</i>	161
ПРОБЛЕМА ВЫБОРА РЕШЕНИЙ ПРИ КЛАССИЧЕСКОМ ФОРМАТЕ ОПИСАНИЯ МОЛЕКУЛЯРНОЙ СИСТЕМЫ	164
Вед. научн. сотр. <i>К.Э. Плехотников</i>	164

МЕДИЦИНСКАЯ ФИЗИКА

РАСЧЕТ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ДОЗОВОЙ НАГРУЗКИ ОТ ВТОРИЧНЫХ ЧАСТИЦ ПРИ РАБОТЕ МЕДИЦИНСКОГО ЛИНЕЙНОГО УСКОРИТЕЛЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПАКЕТА GEANT4	169
Мл. науч. сотр. <i>Щербаков А.А.</i> , доц. <i>Лыкова Е.Н.</i> , проф. <i>Черняев А.П.</i>	169
ФАКТОР N КАК ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЬ В ИММУННЫХ БИОХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЯХ С ПОЛОЖИТЕЛЬНОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ В СИСТЕМЕ КОМПЛЕМЕНТА	170
Ст. препод. <i>Власова И.М.</i> , вед. науч. сотр. <i>Власов А.А.</i>	170
ЛЕТУЧИЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ КАК ИНДИКАТОРЫ ОКИСЛИТЕЛЬНЫХ И МИКРОБНО-ФЕРМЕНАТИВНЫХ ПРОЦЕССОВ В ОБЛУЧЕННЫХ БИООБЪЕКТАХ ОРГАНИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ	172
Мл. науч. сотр. <i>Ипатова В.С.</i> , зав. лаб. <i>Близнюк У.А.</i> , доц. <i>Борщевская П.Ю.</i> , проф. <i>Козлова Е.К.</i> , проф. <i>Черняев А.П.</i> , ст. науч. сотр. <i>Юров Д.С.</i> , мл. науч. сотр. <i>Болотник Т.А.</i> , вед. науч. сотр. <i>Родин И.А.</i> , асп. <i>Опруненко А.Ю.</i>	172
ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПОГРЕШНОСТИ КООРДИНАТ УЗКИХ ПУЧКОВ НА КАЧЕСТВО КЛИНИЧЕСКОГО ПЛАНА ПРОТОННОЙ ТЕРАПИИ	175
Зав. службой, <i>Киселев, В.А.</i> («ФНКЦ МРиО» ФМБА), проф. <i>Черняев А.П.</i> , ген. директор <i>Удалов Ю.Д.</i> («ФНКЦ МРиО» ФМБА), мл. науч. сотр. <i>Белихин, М.А.</i> , (ФИАН), Медицинский физик, <i>Демидова А.М.</i> («ФНКЦ МРиО» ФМБА), Нач. центра <i>Гриценко С.Е.</i> («ФНКЦ МРиО» ФМБА),	175
ФИЗИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ ИСТОЧНИКОВ ИЗЛУЧЕНИЯ В КОМБИНИРОВАННЫХ РАДИАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ СТЕРИЛИЗАЦИИ КОСТНЫХ ИМПЛАНТАТОВ	176
Асп. <i>Хуцистова А.О.</i> , мл. науч. сотр. <i>Золотов С.А.</i> , проф. <i>Розанов В.В.</i> , гл. науч. сотр. <i>Матвейчук (ФГБНУ ВИЛАР)</i> , проф. <i>Черняев А.П.</i> , зав. отд. <i>Зайцева Н.А.</i> (МНИОИ им. П.А. Герцена)	176
РАДИАЦИОННАЯ ПОВЕРХНОСТНАЯ ОБРАБОТКИ ПИЩЕВОЙ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ НИЗКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИМ ЭЛЕКТРОННЫМ ПУЧКОМ НА УСКОРИТЕЛЯХ УРТ... ..	178
Доцент <i>Вазиров Р.А.</i> (ФТИ УрФУ), вед. науч. сотр. ИЭ УрО РАН, профессор ФТИ, УрФУ <i>Соковнин С.Ю.</i> , асп. <i>Нархова А.А.</i> (ФТИ, УрФУ)	178
ДОЗИМЕТРИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ РАДИАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ БИООБЪЕКТОВ И МАТЕРИАЛОВ	181
мл. науч. сотр. <i>Золотов С.А.</i> , зав. лаб. <i>Близнюк У.А.</i> , науч. сотр. <i>Антипина Н.А.</i> (ФГАУ «НМИЦ Нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко»), асп. <i>Никитченко А.Д.</i> , инженер-физик <i>Николаева А.А.</i> (ФГАУ «НМИЦ Нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко»), зав. лаб. <i>Студеникин Ф.Р.</i> , проф. <i>Черняев А.П.</i>	181
ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПАЦИЕНТА НА ДОЗОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛАНА ОБЛУЧЕНИЯ	183
Мед. физик <i>Лисовская А.О.</i> (ДГОИ им. Д. Рогачева), техник-дозиметрист <i>Попова А.В.</i> (ДГОИ им. Д. Рогачева, НИИЯУ «МИФИ»), зав. отд. луч. терапии <i>Нечеснюк А.В.</i> ДГОИ им. Д. Рогачева), проф. <i>Беляев В.Н.</i> НИИЯУ «МИФИ», рук-ль службы мед физики и рад. контроля отд. луч. терапии <i>Логонова А.А.</i> (ДГОИ им. Д. Рогачева)	183
ВЛИЯНИЕ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ И ФИТОСАНИТАРНОЕ СОСТОЯНИЕ КАРТОФЕЛЯ	185
Прогр-мист 1 кат. <i>Зубрицкая Я.В.</i> , зав. лаб. <i>Близнюк У.А.</i> , проф. <i>Черняев А.П.</i> , доц. <i>Борщевская П.Ю.</i> , ст. науч. сотр. <i>Юров Д.С.</i> , зам. рук. по научной работе <i>Малюга А.А.</i> (СибНИИЗиХ СФНЦА РАН), вед. науч. сотр. <i>Чуликова Н.С.</i> (СибНИИЗиХ СФНЦА РАН)	185
СТАНДАРТЫ ДОЗИМЕТРИИ ЕАЭС ПРИ РАДИАЦИОННОЙ ОБРАБОТКЕ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ	187
Ст. науч. сотр. <i>Павлов А.Н.</i> , мл. науч. сотр. <i>Чиж Т.В.</i> , мл. науч. сотр., <i>Снегирев А.С.</i> , науч. сотр. <i>Глушенко Н.В.</i> (НИЦ «Курчатовский институт» – ВНИИРАЭ)	187
ДИАГНОСТИКА БАКТЕРИЙ С ПОМОЩЬЮ КРЕМНИЕВЫХ НАНОНИТЕЙ	190
Науч. сотр. <i>К.А. Гончар</i> ; асп. <i>Д.А. Назаровская</i> ; лаб. <i>П.А. Домнин</i> ; студ. <i>О.Д. Гюппенен</i> ; студ. <i>А.А. Ерохина</i> ; асп. <i>М. Ван</i> ; асп. <i>И.И. Циняйкин</i> ; рук. лаб. <i>С.А. Ермолаева</i> (НИЦЭМ им. Гамалеи); вед. науч. сотр. <i>Л.А. Осминкина</i>	190

$$\begin{aligned}\frac{dA}{dt} &= -k_1A + k_2B \\ \frac{dB}{dt} &= +k_1A - k_2B\end{aligned}$$

Если ввести в систему ингибитор-выключатель (*IN*), аналогичный фактору Н в системе комплемента, то исходная схема реакции образования инактивированного комплекса $B \sim IN$ принимает вид:



где константа k_3 либо ненулевая (ингибитор выключает положительную обратную связь в системе комплемента), либо равна нулю (ингибитор инактивирован, и положительная обратная связь в системе комплемента активирована).

В режиме работы ингибитора кинетические уравнения имеют вид:

$$\begin{aligned}\frac{dA}{dt} &= -k_1A + k_2B \\ \frac{dB}{dt} &= +k_1A - k_2B - k_3B\end{aligned}$$

Соответственно, как видно из последнего уравнения, ингибитор – фактор Н выключает лавинообразную активацию системы комплемента.

Таким образом, в рамках математического моделирования динамики сложных биологических систем целесообразно представить работу ингибитора в виде переключателя, включающего и отключающего цепь положительной обратной связи в биологических реакциях.

ЛЕТУЧИЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ КАК ИНДИКАТОРЫ ОКИСЛИТЕЛЬНЫХ И МИКРОБНО-ФЕРМЕНАТИВНЫХ ПРОЦЕССОВ В ОБЛУЧЕННЫХ БИООБЪЕКТАХ ОРГАНИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Мл. науч. сотр. *Ипатова В.С.*, зав. лаб. *Близнюк У.А.*,
доц. *Борщеговская П.Ю.*, проф. *Козлова Е.К.*, проф. *Черняев А.П.*,
ст. науч. сотр. *Юров Д.С.*, мл. науч. сотр. *Болотник Т.А.*,
вед. науч. сотр. *Родин И.А.*, асп. *Опруненко А.Ю.*

Облучение пищевых продуктов используется для продления срока годности пищевых продуктов и обеспечения микробиологической безопасности. Однако биомакромолекулы пищевых продуктов, такие как липиды и белки, подвергаются окислению в результате радикальных процессов, что влияет на органолептические показатели продуктов [1].

Интенсивность физико-химических процессов, происходящих в биологических объектах, можно оценить по наличию и концентрации летучих органических соединений (ЛОС), поскольку они особенно чувствительны к любому воздействию [2]. Идентифицированные соединения позволяют судить о жирно-кислотном составе продукта [3], а также влияние на него бактериальной активности [4], за счет интенсивности автолиза, гидролиза липидов, фрагментации аминокислотных последовательностей белковых молекул и микробно-ферментативных процессов, вызывающих появление ЛОС.

При облучении продукции животного происхождения необходимо также учитывать дополнительное воздействие на биомакромолекулы ионов двухвалентного железа, содержащегося в миоглобине и гемоглобине, запускающие цепную реакцию окисления липидов [5]. В данном исследовании особое внимание уделяется мясной продукции с целью изучения широкого спектра биофизических и биохимических изменений, которые могут возникнуть в облученном охлажденном мясе при хранении.

Образцы говядины, помещенные по 0.5 г в микроцентрифужные пробирки, облучали на ускорителе электронов непрерывного действия УЭЛР-1-25-Т-001 (НИИЯФ МГУ, Россия) с максимальной энергией 1 МэВ при среднем токе 0.5 мкА. Дозы облучения составили 250, 500, 1000 и 5000 Гр, мощность дозы – 10 Гр/с. После облучения контрольные и облученные образцы по 2 г помещались в герметичные вials и хранились в течение 4х дней при 4 °С. Концентрация летучих соединений определялась ежедневно с помощью газового хромато-масс-спектрометра Shimadzu GCMS-QP2010 Ultra (Shimadzu, Япония).

По результатам проведенного исследования установлена нелинейная зависимость концентрации всех идентифицированных ЛОС в говядине от дозы облучения сразу после проведения радиационной обработки, а также при последующем 4х дневном мониторинге.

Было установлено, что альдегиды (пентаналь, гексаналь, гептаналь, октаналь, нонаналь), являющиеся продуктами окисления липидов, и альдегиды (2-метилпропаналь, 3-метилбутаналь, 2-метилбутаналь) – продукты окисления белковых молекул, демонстрируют различный химический выход и скорость накопления сразу после облучения. Так, окисление липидов наблюдается уже при дозах 250 Гр и выше, при этом скорость окисления белков становится соизмеримой со скоростью окисления липидов при облучении говядины в дозе 5000 Гр.

Получено, что альдегиды окисления липидов проявляли себя преимущественно в течение первых двух суток после облучения по мере достижения максимума их химического выхода, причем чем выше доза, тем позже наступал пик концентрации. На 3-й и 4-й день мониторинга были идентифицированы алканы (гексан, гептан и октан), образующиеся при со-

единении двух липидных радикалов, что может служить маркерами глубоких окислительных процессов в мясе; однако химический выход алканов был в среднем в 10 раз меньше по сравнению с альдегидами, которые являются маркерами первичного окисления липидов.

Анализ зависимости концентрации спирта этанола от времени показал, что этанол может являться маркером микробно-ферментативных процессов, протекающих в говядине при хранении. Химический выход и абсолютное значение концентрации этанола был максимальным в необлученных образцах мяса и тем ниже, чем выше доза облучения.

Концентрация маркеров окисления липидов и белков, а также маркеров бактериальной активности могут быть учтены при выборе критерия определения границ эффективного диапазона доз: нижний предел диапазона доз может определяться концентрацией этанола как показателя микробно-ферментативных процессов, верхний предел диапазона доз может определяться концентрацией альдегидов как показателей интенсивного окисления липидов. Таким образом, эффективный диапазон доз для говядины, облученной ускоренными электронами, составил от 250 Гр до 1000 Гр.

Необходимость выявления факта облучения пищевых продуктов в промышленных масштабах побудила к поиску универсальных биохимических маркеров, которые можно было бы применить к широкому спектру мясных продуктов. В данной работе был обнаружен потенциальный маркер воздействия излучения на образцы говядины – альдегид 3-метилбутаналь, являющийся продуктом окисления аминокислоты изолейцина, обнаруженный только в облученных образцах мясной продукции. Через четыре дня после облучения 3-метилбутаналь был обнаружен только в образцах, облученных в дозе 5 кГр, что подтверждает, что этот альдегид может являться потенциально эффективным маркером окисления белка в результате облучения.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №22-63-00075.

Литература

1. Indiarto R., Irawan A.N., Subroto E. Meat Irradiation: A Comprehensive Review of Its Impact on Food Quality and Safety // *Foods*. 2023, Vol. 12(9), p. 1845.
2. Bleicher J., Ebner E.E., Bak K.H. Formation and Analysis of Volatile and Odor Compounds in Meat—A Review // *Molecules*. 2022, Vol. 27(19), p. 6703.
3. Mancinelli A.C., Silletti E., Mattioli S. et al. Fatty acid profile, oxidative status, and content of volatile organic compounds in raw and cooked meat of different chicken strains // *Poultry Science*. 2020, Vol. 100(2), p. 1273–1282.
4. Nieminen T.T., Dalgaard P., Björkroth J. Volatile organic compounds and *Photobacterium phosphoreum* associated with spoilage of modified-

- atmosphere-packaged raw pork // International Journal of Food Microbiology. 2016, Vol. 218, p. 86–95.
5. Bliznyuk U., Borshchegovskaya P., Chernyaev A. et al. Hemoglobin derivatives in beef irradiated with accelerated electrons // Molecules. 2023. Vol. 28(15), p. 5773.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПОГРЕШНОСТИ КООРДИНАТ УЗКИХ ПУЧКОВ НА КАЧЕСТВО КЛИНИЧЕСКОГО ПЛАНА ПРОТОННОЙ ТЕРАПИИ

Зав. службой *Киселев В.А.* («ФНКЦ МРиО» ФМБА),
проф. *Черняев А.П.*, ген. директор *Удалов Ю.Д.* («ФНКЦ МРиО»
ФМБА), мл. науч. сотр. *Белихин М.А.* (ФИАН),
мед. физик *Демидова А.М.* («ФНКЦ МРиО» ФМБА),
нач. центра *Гриценко С.Е.* («ФНКЦ МРиО» ФМБА)

Методика протонной терапии сканирующим тонким пучком на сегодняшний день является одним из наиболее высокотехнологичных подходов в создании конформного (совпадающего по форме с опухолью) распределения дозы в облучаемой мишени в теле пациента. Распределение дозы с высокой конформностью достигается благодаря оптимизации множества тонких пучков протонов. Для предотвращения клинически значимых ошибок к точности доставки каждого отдельного тонкого пучка предъявляются повышенные требования [1]. На качество клинического плана протонной терапии могут оказывать влияние как количество неверно доставленных узких пучков [2,3], так и отклонения в поперечном размере узкого пучка [4].

Для создания индивидуального плана протонной терапии применяется система дозиметрического планирования (СДП). После создания плана в СДП Pinnacle³ 16.2 возможен экспорт файлов, содержащих данные о положении и относительном дозовом вкладе каждого узкого пучка в текстовом формате. Существует возможность ручного изменения указанных значений с помощью текстового редактора и импорт измененных файлов в СДП.

Были внесены изменения, соответствующие случайной ошибке в положении узких пучков в ортогональных направлениях X и Y (0 мм, ± 1 мм, ± 2 мм). Изменения были внесены в 12 планов пациентов с опухолями, расположенными в головном мозге, в области головы и шеи, в области молочной железы и в области предстательной железы. Для каждого из планов с внесенной ошибкой было проведено сравнение гипотетического распределения дозы в СДП с распределением исходного клинического плана. Для сравнения были выбраны следующие параметры:

- максимальная поглощенная доза в теле пациента,
- минимальная поглощенная доза в планируемом объеме облучения (PTV),
- медианная доза в PTV,