

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова

**ИНТЕГРАЦИЯ НАУК:
МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОСТЬ В МЕДИЦИНЕ**

ВКМиФ-2022

**Сборник тезисов Всероссийской научно-практической
конференции с международным участием**

20 – 22 июня 2022 г.

Якутск
2022

УДК 539.1+577+61
ББК 22.383+5+28.70

Ответственный редактор
С.Н. Мамаева, к.ф.-м.н., доцент

ИНТЕГРАЦИЯ НАУК: МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОСТЬ В МЕДИЦИНЕ.
ВКМиФ-2022 [Электронный ресурс] : сборник тезисов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. 20 – 22 июня 2022 г. – Якутск : Издательский дом СВФУ, 2022. – 1 электрон. опт. диск

ISBN 978-5-7513-3331-7

В материалах сборника освещаются результаты совместных научно-исследовательских и практических работ специалистов различных областей науки в решении актуальных медицинских проблем диагностики и терапии с применением высокотехнологичного медицинского и физического оборудования. Значимость научных работ обусловлена важностью представления современной актуальной информации о развитии имеющихся и разработке новых методов диагностики и терапии заболеваний, оказывающих высокую нагрузку на систему общественного здравоохранения, а также о возможностях улучшения качества медицинского обслуживания при интеграции ресурсов разных областей науки и техники.

Издание может быть полезно деятелям науки, специалистам клинической медицины, сотрудникам и студентам образовательных учреждений в проведении междисциплинарных научных исследований и практических работ в области медицины.

УДК 539.1+577+61
ББК 22.383+5+28.70

ISBN 978-5-7513-3331-7

© Северо-Восточный федеральный университет, 2022

СОДЕРЖАНИЕ

РЕЗОЛЮЦИЯ КОНФЕРЕНЦИИ.....	11
----------------------------	----

Раздел I

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ, КРУГЛЫЙ СТОЛ, ПОСВЯЩЕННЫЙ 100-ЛЕТИЮ ЯАССР, «РАЗВИТИЕ МЕДИЦИНСКОЙ ФИЗИКИ В РОССИИ И РС (Я)», ШКОЛА «МЕДИЦИНСКАЯ ФИЗИКА: АППАРАТЫ ЛУЧЕВОЙ ДИАГНОСТИКИ И ТЕРАПИИ»

<i>Верхотурова В.В.</i> МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ В ОБЛАСТИ МЕДИЦИНСКОЙ ФИЗИКИ (НА ПРИМЕРЕ ОПЫТА РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ МАГИСТРАТУРЫ «ЯДЕРНАЯ МЕДИЦИНА» ТОМСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА).....	15
<i>Верхотурова В.В.</i> ПОДГОТОВКА КАДРОВ В ОБЛАСТИ АТОМНЫХ СТАНЦИЙ МАЛОЙ МОЩНОСТИ, В ТОМ ЧИСЛЕ ДЛЯ ЗАДАЧ РАЗВИТИЯ СЕВЕРНЫХ РЕГИОНОВ РОССИИ, В РОССИЙСКИХ ВУЗАХ (НА ПРИМЕРЕ ТПУ)	17
<i>Дуглас Н.И.</i> ПРЕНАТАЛЬНАЯ УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ДИАГНОСТИКА.....	20
<i>Кислякова М.В.</i> ПАМЯТИ В.А. КОСТЫЛЕВА, ПРЕЗИДЕНТА АССОЦИАЦИИ МЕДИЦИНСКИХ ФИЗИКОВ РОССИИ (1943 – 2017 гг.)	22
<i>Розанов В.В., Матвейчук И.В., Николаева Н.А.</i> ТЕХНОЛОГИИ РАДИАЦИОННОЙ СТЕРИЛИЗАЦИИ КОСТНЫХ ИМПЛАНТАТОВ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ, ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ	24
<i>Слепцова С.С., Максимова Н.Р., Гольдерова А.С.</i> МУЛЬТИДИСЦИПЛИНАРНЫЙ ПОДХОД В ДИАГНОСТИКЕ И ТЕРАПИИ ЗАБОЛЕВАНИЙ.....	25
<i>Сухих Е.С., Сухих Л.Г., Лушникова П.А., Розанов В.В.</i> РАДИОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ ЛЕЧЕНИЯ СИНХРОННОГО ГИНЕКОЛОГИЧЕСКОГО РАКА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ВЫСОКОТОЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ФОТОННОЙ ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ.....	28
<i>Усачев К.С.</i> ИНТЕГРАТИВНАЯ СТРУКТУРНАЯ БИОЛОГИЯ – МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЙ ПОДХОД ИЗУЧЕНИЯ МОЛЕКУЛЯРНЫХ МЕХАНИЗМОВ КЛЕТКИ.....	30
<i>Черняев А.П., Лыкова Е.Н.</i> РАДИАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МЕДИЦИНЕ	32

Раздел II
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В БИОМЕДИЦИНЕ

<i>Гоголева Т.Е., Крылова Т.А., Алексеев В.А., Мамаева С.Н.</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ЭРИТРОЦИТОВ КРОВИ ПАЦИЕНТОВ С РАКОМ ШЕЙКИ МАТКИ В УСЛОВИЯХ ПРИМЕНЕНИЯ МОДИФИЦИРОВАННОГО МЕТОДА ЭЛЕКТРОФОРЕЗА.....	34
<i>Григорьева Н.А., Саввина Н.В.</i> ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПЕРИНАТАЛЬНОЙ ПАТОЛОГИИ У НОВОРОЖДЕННЫХ ЮНЫХ МАТЕРЕЙ.....	36
<i>Коростелева А.В., Саввина Н.В.</i> ОЦЕНКА СВЯЗИ МЕЖДУ СМЕРТНОСТЬЮ ОТ БОЛЕЗНЕЙ СИСТЕМЫ КРОВООБРАЩЕНИЯ И ПОГОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИМИ ФАКТОРАМИ В Г. ЯКУТСКЕ	39
<i>Мамаева С.Н., Антонов С.Р., Охлопков А.А., Мунхалова Я.А., Максимов Г.В.</i> РАСТРОВЫЙ ЭЛЕКТРОННЫЙ МИКРОСКОП В ИЗУЧЕНИИ БИООБРАЗЦОВ: МОДЕЛИРОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ ПУЧКА	41
<i>Менгист Г.А., Саввина Н.В.</i> МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОТЕРИ ВЕСА У ВЗРОСЛЫХ: СИСТЕМАТИЧЕСКИЙ ОБЗОР	43
<i>Исянова А.М., Лобанов А.В., Мартин (Шевченко) М.А., Мешков О.Д., Олейникова В.С., Черкасов С.Н., Федяева А.В.</i> СОВРЕМЕННЫЕ ОСОБЕННОСТИ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОГО ПОДХОДА ПРИ МАТЕМАТИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ В МЕДИЦИНЕ: АНАЛИЗ И ПРОГНОЗ	45
<i>Петрова М.Н., Дьячковский Н.С., Андреева А.С.</i> ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ПЕДАГОГИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОТДЕЛЕНИЯ «ВЫСШЕЕ СЕСТРИНСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ» МИ СВФУ	47
<i>Семенов О.А., Мамаева С.Н.</i> МАШИННОЕ РАСПОЗНАВАНИЕ ЭРИТРОЦИТОВ В ИЗОБРАЖЕНИЯХ РЭМ.....	49
<i>Теренина М.С., Хазипов Р.Н., Захаров А.В.</i> ВОЗМОЖНОСТИ ЭКСТРАКЛЕТОЧНОГО МОДУЛЯ СИСТЕМЫ NEURON ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭПИПИАЛЬНОЙ АППЛИКАЦИИ ИНДУКТОРОВ РАСПРОСТРАНЯЮЩЕЙСЯ ДЕПРЕССИИ	52

Раздел III
РАДИАЦИОННЫЕ И НАНОТЕХНОЛОГИИ В БИОЛОГИИ И МЕДИЦИНЕ

<i>Андреев А.С., Алексеев Р.Э., Семенов С.О., Лукин Е.С., Федоров М.В.</i> ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ВОЛНЫ НА ТЕМПЕРАТУРНОЕ ПОЛЕ ЗАМЕРЗШИХ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ.....	55
---	----

<i>Винокуров П.В.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ФОТОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ СТРУКТУР НА ОСНОВЕ ДИСУЛЬФИДА МОЛИБДЕНА И ГРАФЕНА	56
<i>Егорова М.Н., Томская А.Е., Смагулова С.А.</i> СИНТЕЗ УГЛЕРОДНЫХ ТОЧЕК И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В БИМЕДИЦИНСКИХ ПРИЛОЖЕНИЯХ	58
<i>Иванов А.В., Румянцева В.Д., Шилов И.П.</i> НАНОКОМПОЗИТЫ С ИТТЕРБИЕВЫМИ КОМПЛЕКСАМИ ПОРФИРИНОВ ДЛЯ ТЕРАНОСТИКИ ОПУХОЛЕЙ	60
<i>Максимов Г.В., Никельшпарг Э.И., Алахвердиев Э.С., Слатинская О.В., Браже Н.А.</i> НОВЫЕ НАНОТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЙ КОНФОРМАЦИИ ГЕМОГЛОБИНА ПРИ ПАТОЛОГИИ	61
<i>Наркевич Б.Я., Крылов А.С., Рыжков Д.А.</i> ЯДЕРНАЯ МЕДИЦИНА В ПЕДИАТРИИ	63
<i>Неустров Е.П., Андреев Н.А., Павлова В.М.</i> ОЦЕНКА КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ НАНОЧАСТИЦ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ СКАНИРУЮЩЕЙ ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ	64
<i>Рыжков С.А., Водоватов А.В., Чипига Л.А.</i> РАДИАЦИОННЫЕ АВАРИИ И ОШИБКИ В ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МЕДИЦИНСКОГО ПЕРСОНАЛА	65
<i>Санина Н.М.</i> РЕГУЛЯЦИЯ АДЪЮВАНТНОГО ЭФФЕКТА ТУБУЛЯРНЫХ ИММУНОСТИМУЛИРУЮЩИХ КОМПЛЕКСОВ	68

Раздел IV

МЕДИЦИНСКАЯ ФИЗИКА И БИОФИЗИКА В МЕДИЦИНЕ

<i>Халиуллина А.В., Филиппов А.В.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМ ДОСТАВКИ ЛЕКАРСТВЕННЫХ СРЕДСТВ МЕТОДАМИ ЯМР	71
<i>Машенцева Н.В., Лебеденко И.М., Кравец О.А.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАДИОБИОЛОГИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЛУЧЕВЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ У БОЛЬНЫХ РАКОМ ШЕЙКИ МАТКИ	73
<i>Левин Г.Г., Самойленко А.А., Иванов А.Д.</i> ОПТИЧЕСКИЙ АБСОРБЦИОННЫЙ МИКРОТОМОГРАФ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВНУТРЕННЕЙ СТРУКТУРЫ В ЖИВЫХ КЛЕТКАХ	74
<i>Николаева Н.А., Розанов В.В., Черняев А.П., Матвейчук И.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ СОСТОЯНИЯ ПОВЕРХНОСТИ КОСТНЫХ ИМПЛАНТАТОВ ПРИ КОМБИНИРОВАННОЙ МЕТОДИКЕ СТИРИЛИЗАЦИИ	75
<i>Петрова А.Ф., Лыкова Е.Н., Морозова Е.П., Черняев А.П., Громова Н.В.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ УТЕЧКИ ДОЗ ИЗ МНОГОЛЕПЕСТКОВОГО КОЛЛИМАТОРА НА ЛИНЕЙНЫХ УСКОРИТЕЛЯХ VARIAN HALCYON И VARIAN TRUEBEAM STX ...	78

<i>Платонова В.А., Мамаева С.Н., Алексеев Р.З.</i> ИЗУЧЕНИЕ МОРФОЛОГИИ ЭРИТРОЦИТОВ МЕТОДОМ РЭМ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ.....	80
<i>Кононов В.Н., Игнатъева Г.А., Мамаева С.Н.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ РАДОНА МЕТОДОМ ЖИДКОСТНО-СЦИНТИЛЛЯЦИОННОЙ СПЕКТРОМЕТРИИ.....	82
<i>Рыжов С.А., Наркевич Б.Я., Моисеев А.Н.</i> РОЛЬ МЕДИЦИНСКОГО ФИЗИКА В МЕДИЦИНСКОМ УЧРЕЖДЕНИИ.....	84
<i>Толстоухова В.П., Ившин М.Д.</i> СРАВНЕНИЕ ДОЗОВЫХ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ ПРИ ОВГМ С ИСКЛЮЧЕНИЕМ ГИППОКАМПА, ПОЛУЧЕННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ НУРЕРАРС И НЕКОМПЛАНАРНЫХ АРОК VMAT.....	86
<i>Лыкова Е.Н., Черняев А.П., Желтоножская М.В., Розанов В.В., Близнюк У.А., Борщеговская П.Ю.</i> АКТУАЛЬНЫЕ НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В МЕДИЦИНСКОЙ ФИЗИКЕ	88
<i>Лукоянова А.В., Юзекаева Э.Р., Хазипов Р.Н.</i> ПОСТНАТАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ ПРЯМОГО ТОРМОЖЕНИЯ В ГРАНУЛЯРНЫХ КЛЕТКАХ ЗУБЧАТОЙ ФАСЦИИ	90
<i>Григорьева А.А., Булавская А.А., Милойчикова И.А., Стучебров С.Г.</i> ИЗГОТОВЛЕНИЕ КОЛЛИМАТОРА МЕТОДОМ ПОСЛОЙНОГО НАПЛАВЛЕНИЯ ДЛЯ ЭЛЕКТРОННОЙ ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ.....	92
<i>Мусабинова Г.С., Энгберг О., Гупта А., Рой Д.С., Майти С., Хустер Д.</i> ЛИГАНДЫ СЕРОТОНИНОВЫХ РЕЦЕПТОРОВ ИЗМЕНЯЮТ ФАЗОВОЕ РАВНОВЕСИЕ ЛИПИДНОГО БИСЛОЯ.....	94
<i>Протопопов Ф.Ф.</i> СОСТАВ ЖЕЛЧНЫХ КАМНЕЙ НА ИК-ФУРЬЕ МИКРОСКОПЕ	96
<i>Алексеев Р.З., Ершова М.М., Нифонтов К.Р., Стручков Н., Мамаева С.Н.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ БИОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИ ОБЩЕМ ОХЛАЖДЕНИИ ТЯЖЕЛОЙ СТЕПЕНИ	98
<i>Румянцева М.Н., Мамаева С.Н., Васильев И.В.</i> СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ ПРИ РАКЕ МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ.....	101
<i>Корякина В.Н., Мамаева С.Н., Рычков М.М., Васильев И.В., Николаева Н.А., Маликов Е.Л., Лисин В.А., Сорокин В.Б., Кононов В.Н., Чочосов А.Н.</i> РАЗРАБОТКА И ПРИМЕНЕНИЕ МАЛОГАБАРИТНОГО БЕТАТРОНА В ИНТРАОПЕРАЦИОННОЙ ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ.....	103

Раздел V
МУЛЬТИДИСЦИПЛИНАРНЫЙ ПОДХОД В ДИАГНОСТИКЕ
И ТЕРАПИИ ЗАБОЛЕВАНИЙ

<i>Антонов С.Р.</i> МОДЕЛЬ ПРОВЕДЕНИЯ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА ПРИМЕРЕ КОМПЛЕКСНОГО ПРОЕКТА ПО МЕДИЦИНСКОЙ ФИЗИКЕ СВФУ.....	105
<i>Гольдерова А.С., Николаева И.Э., Егоров А.Н., Захарова Ф.А.</i> ИММУНОФЕНОТИПИРОВАНИЕ ДЕНДРИТНЫХ КЛЕТОК НА ПРОТОЧНОМ ЦИТОФЛУОРИМЕТРЕ	106
<i>Гольдерова А.С., Алексеев Р.З., Мамаева С.Н.</i> ОСОБЕННОСТИ КОМПОНЕНТОВ СИНОВИАЛЬНОЙ ЖИДКОСТИ КОЛЕННОГО СУСТАВА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМАХ АРТРИТОВ МЕТОДОМ РАСТРОВОГО ЭЛЕКТРОННОГО МИКРОСКОПА	108
<i>Горбунова В.Ф., Егоров А.Н., Гольдерова А.С.</i> ОЦЕНКА Т-КЛЕТОЧНОГО ИММУНИТЕТА К SARS-COV-2 МЕТОДОМ ELISPOT.....	110
<i>Григорьева А.А.</i> АККУМУЛЯЦИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВЕ И КОРМОВЫХ ТРАВАХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ.....	113
<i>Ефремова А.В.</i> МАРКЕРЫ БРАУНИНГА У ВЗРОСЛЫХ КОРЕННЫХ ЖИТЕЛЕЙ ЯКУТИИ В УСЛОВИЯХ ЕСТЕСТВЕННОГО ХОЛОДА.....	115
<i>Захарова Ф.А., Федорова Н.Ф.</i> МУЛЬТИДИСЦИПЛИНАРНЫЙ ПОДХОД В ДИАГНОСТИКЕ COVID-19	117
<i>Ильясов К.А., Усманова И.И., Недепекин О.И.</i> ВЫЯВЛЕНИЕ СТРУКТУРНЫХ СВЯЗЕЙ В ГОЛОВНОМ МОЗГЕ ИЗ ДАННЫХ МРТ ПО ТЕНЗОРУ ДИФФУЗИИ	119
<i>Кононова И.В., Мамаева С.Н.</i> КАК, ИСПОЛЬЗУЯ РЕЗУЛЬТАТЫ ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ КРОВИ, ПРИДУМАТЬ МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИЙ СПОСОБ ВЫЯВЛЕНИЯ РАКА ШЕЙКИ МАТКИ.....	122
<i>Крылова Т.А., Гоголева Т.Е., Мамаева С.Н., Алексеев В.А., Федорова Н.Ф.</i> ВПЧ (ВИРУС ПАПИЛЛОМЫ ЧЕЛОВЕКА): РЭМ И МЕТОД ИММУНОФЛУОРЕСЦЕНТНОГО АНАЛИЗА В ИССЛЕДОВАНИИ ЭРИТРОЦИТОВ ПАЦИЕНТОВ С РАКОМ ШЕЙКИ МАТКИ.....	124
<i>Максимов А.В.</i> КАНЦЕРОКИНЕЗ – НОВОЕ СЛОВО В ОНКОЛОГИИ.....	125
<i>Оконешникова А.К., Калинин А.А., Бывальцев В.А.</i> ТАКТИКО-ХИРУРГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ ОКАЗАНИЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ НЕЙРОХИРУРГИЧЕСКОЙ ПОМОЩИ ПАЦИЕНТАМ С ДЕГЕНЕРАТИВНЫМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ ДУГООТРОСТЧАТЫХ СУСТАВОВ НИЖНЕПОЯСНИЧНОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА.....	127

<i>Павлов Я.Н.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОГО ПОДХОДА ДЛЯ МЕДИКО-СОЦИАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ РЕПРОДУКТИВНЫХ ПОТЕРЬ НАСЕЛЕНИЯ РАЙОНОВ КРАЙНЕГО СЕВЕРА	129
<i>Петрова М.Н.</i> МУЛЬТИДИСЦИПЛИНАРНЫЙ ПОДХОД К ПРОФИЛАКТИКЕ АЛИМЕНТАРНО-ЗАВИСИМЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ	131
<i>Протопопова А.И., Дамбаев Г.Ц.</i> НАЛОЖЕНИЕ НИКЕЛИД ТИТАНОВЫХ АНАСТОМОЗОВ.....	133
<i>Сивцева Е.Н., Шадрин С.С.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА СЫВОРОТКИ КРОВИ СЕВЕРНЫХ НАРОДОВ МЕТОДОМ СПЕКТРОМЕТРИИ С ИНДУКТИВНО-СВЯЗАННОЙ ПЛАЗМОЙ (ICP-MS).....	134

Раздел VI

СТУДЕНЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «АКТУАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ МЕДИЦИНЫ: МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ НА СТЫКЕ НАУК», ПОСВЯЩЕННАЯ 300-ЛЕТИЮ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

<i>Алексеева Т.А., Гоголева Т.Н., Крылова Т.А., Мамаева С.Н.</i> МЕТОД МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ИЗУЧЕНИИ СВОЙСТВ ЭРИТРОЦИТОВ КРОВИ ПАЦИЕНТОВ С РАКОМ ШЕЙКИ МАТКИ С УЧЕТОМ ГРУППЫ КРОВИ	136
<i>Андреев К.Е., Алексеев А.А.</i> АНАЛИЗ СПЕКТРОВ, ПОЛУЧЕННЫХ НА ИК- И ГАММА-СПЕКТРОМЕТРАХ, ЛИШАЙНИКОВ ЯКУТИИ	137
<i>Бушмина Е.А., Булавская А.А., Милойчикова И.А., Черепенников Ю.М., Стучебров С.Г.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ГЛУБИННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДОЗЫ ПЛАСТИКОВЫМИ БОЛЮСАМИ ПРИ ОБЛУЧЕНИИ МЕДИЦИНСКИМИ ЭЛЕКТРОННЫМИ ПУЧКАМИ.....	139
<i>Габышева А.А., Алексеев В.А., Мамаева С.Н.</i> ИММУНОФЛУОРЕСЦЕНТНЫЙ АНАЛИЗ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВИРУС СПЕЦИФИЧНЫХ АНТИТЕЛ В ИССЛЕДОВАНИИ КРОВИ ПАЦИЕНТОВ С РАКОМ ШЕЙКИ МАТКИ	141
<i>Григорьева Л.А., Платонова В.А.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ МОРФОЛОГИИ ЭРИТРОЦИТОВ У БОЛЬНЫХ COVID-19, А ТАКЖЕ ДО И ПОСЛЕ ПОЛУЧЕНИЯ ВАКЦИНЫ ПРОТИВ COVID-19 МЕТОДОМ РАСТРОВОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ	142
<i>Егоров Д.В., Павлов А.Н., Мамаева С.Н.</i> ИНФРАКРАСНАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ СУХИХ МАЗКОВ КРОВИ У ПАЦИЕНТОВ С СИНДРОМОМ ГЕМАТУРИИ	144

<i>Ермакова А.С., Григорьева А.А., Милойчикова И.А., Стучебров С.Г.</i> ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ПЛАСТИКОВЫХ ИЗДЕЛИЙ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ С ПОМОЩЬЮ ТРЕХМЕРНОЙ ПЕЧАТИ	145
<i>Зубкова Ю.А., Григорьева А.А., Милойчикова И.А., Стучебров С.Г.</i> ТРЕХМЕРНОЕ КОНФОРМНОЕ ОБЛУЧЕНИЕ ДОЗИМЕТРИЧЕСКОГО ФАНТОМА, ИЗГОТОВЛЕННОГО С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА ПОСЛОЙНОГО НАПЛАВЛЕНИЯ.....	147
<i>Кардашевская Я.В., Мамаева С.Н.</i> МОРФОЛОГИЯ ИЗМЕНЕНИЯ ЭРИТРОЦИТОВ ПАЦИЕНТОВ С РАКОМ ШЕЙКИ МАТКИ ВО ВРЕМЯ ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ.....	149
<i>Кириллова С.Л., Туранов А.Н.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ТРАНСЛЯЦИОННОЙ ПОДВИЖНОСТИ И ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ ОБРАЩЕННЫХ МИЦЕЛЛ В МИКРОЭМУЛЬСИИ БРОМИД ЦЕТИЛТРИМЕТИЛАММОНИЯ/ Н-БУТАНОЛ/Н-ДЕКАН/ВОДА.....	151
<i>Костромькина В.В., Рогожников Г.С.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ПОГЛОЩЕНИЯ ТЕРАГЕРЦОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В АТМОСФЕРЕ ПРИ ДИСТАНЦИОННОМ ЗОНДИРОВАНИИ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ	153
<i>Макарова М.П., Николаева Н.А., Розанов В.В.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СПОСОБОВ СТЕРИЛИЗАЦИИ НА СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ КОСТНЫХ ОБРАЗЦОВ.....	154
<i>Максимова А.Т., Максимов А.В., Мамаева С.Н.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ МЕМБРАНЫ ЭРИТРОЦИТОВ МЕТОДОМ АТОМНО-СИЛОВОЙ МИКРОСКОПИИ БОЛЬНЫХ РАКОМ ПОЧЕК.....	156
<i>Марков Н.Э.</i> АНАЛИЗ РАДИАЦИОННОГО КАЧЕСТВА КОМПОНЕНТОВ В ОКРЕСТНОСТЯХ ХАРБАЛАХСКОГО УГОЛЬНОГО РАЗРЕЗА	157
<i>Мачахова Р.С., Алексеев А.А.</i> ИК-СПЕКТРОСКОПИЯ РОТОВОЙ ЖИДКОСТИ ЧЕЛОВЕКА ПРИ ДИАГНОСТИКЕ САХАРНОГО ДИАБЕТА	159
<i>Никитин Э.Б.В., Мамаева С.Н.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ МОРФОЛОГИИ ЭРИТРОЦИТОВ КРОВИ БОЛЬНЫХ РАКОМ ШЕЙКИ МАТКИ ДО И ПОСЛЕ ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ МЕТОДОМ АТОМНО-СИЛОВОЙ МИКРОСКОПИИ	161
<i>Обутова Д.С., Алексеев Р.Э., Платонова В.А.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕМОЛИЗА ЭРИТРОЦИТОВ КРОВИ СВИНЬИ ПРИ ДЕЙСТВИИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР МЕТОДОМ РАСТРОВОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ	164
<i>Румянцев А.И., Алексеев А.А.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ МЕГИНО-КАНГАЛАССКОГО РАЙОНА МЕТОДОМ ИК-СПЕКТРОСКОПИИ	166

<i>Садовникова М.А., Мурзаханов Ф.Ф., Мамин Г.В., Фадеева И.В., Гафуров М.Р.</i> ИДЕНТИФИКАЦИЯ И ИЗУЧЕНИЕ ТРИКАЛЬЦИЙФОСФАТА, ДОПИРОВАННОГО ИОНАМИ Gd^{3+} , МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОННОГО ПАРАМАГНИТНОГО РЕЗОНАНСА	168
<i>Скрыбыкина А.А., Рогожников Г.С.</i> РАСЧЕТНО-ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРОВ ОБРАТНОГО РАССЕЯНИЯ ВОДНОЙ СУСПЕНЗИИ ПОЛИСТИРОЛЬНЫХ МИКРОСФЕР	170
<i>Сорокина А.А., Бушмина Е.А., Григорьева А.А., Булавская А.А.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПЛАСТИКОВЫХ ИЗДЕЛИЙ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ МЕДИЦИНСКОГО ПУЧКА ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ.....	171
<i>Теренина М.С., Хазипов Р.Н., Захаров А.В.</i> ВОЗМОЖНОСТИ ЭКСТРАКТЕЧНОГО МОДУЛЯ СИСТЕМЫ NEURON ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭПИПИАЛЬНОЙ АППЛИКАЦИИ ИНДУКТОРОВ РАСПРОСТРАНЯЮЩЕЙСЯ ДЕПРЕССИИ.....	173
<i>Тюкянова М.К., Мамаева С.Н.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ЭРИТРОЦИТОВ КРОВИ ПАЦИЕНТОВ С РАКОМ ШЕЙКИ МАТКИ ДО И ПОСЛЕ ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ.....	175
<i>Хакимзянова А.Р., Халиуллина А.В., Филиппов А.В.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ИОННОЙ ЖИДКОСТИ С МОДЕЛЬНОЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ МЕМБРАНОЙ МЕТОДОМ ЯДЕРНОГО МАГНИТНОГО РЕЗОНАНСА	177
<i>Христофорова В.А., Платонова В.А.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ МОРФОЛОГИИ ЭРИТРОЦИТОВ «МОРЖЕЙ» И ДОБРОВОЛЬЦЕВ ПРИ ИХ ПОГРУЖЕНИИ В ХОЛОДНУЮ ВОДУ.....	179
<i>Чернова О.С., Григорьева А.А., Булавская А.А., Стучебров С.Г.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МЕДИЦИНСКИХ ПРОТОННЫХ ПУЧКОВ С ПЛАСТИКОВЫМИ ИЗДЕЛИЯМИ, ИЗГОТОВЛЕННЫМИ С ПОМОЩЬЮ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ	181
<i>Шайдуллина А.Ф., Волков М.Ю., Савостина Л.И., Туранов А.Н.</i> ПРОЦЕСС ФОТОИЗОМЕРИЗАЦИИ 1,2-ДИ(4-ПИРИДИЛ)ЭТИЛЕНА, ИЗУЧЕННЫЙ МЕТОДАМИ УФ- И ЯМР-СПЕКТРОСКОПИИ, КВАНТОВО-ХИМИЧЕСКИМ МОДЕЛИРОВАНИЕМ.....	182
<i>Шарина С.В., Протопопов Ф.Ф.</i> ИЗУЧЕНИЕ ЖЕЛЧНЫХ КОНКРЕМЕНТОВ С ПОМОЩЬЮ ИК- И УФ-СПЕКТРОСКОПИИ	184
<i>Шарипова Л.В., Хайрутдинов Б.И., Зуев Ю.Ф.</i> ВНУТРИМОЛЕКУЛЯРНАЯ ПОДВИЖНОСТЬ КОМПЛЕКСА ПИЛЛАР[5]АРЕН-ТИОКТОВАЯ КИСЛОТА	187
<i>Шарытова А.Е., Григорьева А.А., Милойчикова И.А., Булавская А.А.</i> РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОФИЛЯ МЕДИЦИНСКИХ ПУЧКОВ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ.....	188

РЕЗОЛЮЦИЯ КОНФЕРЕНЦИИ

Всероссийская научно-практическая конференция

«Интеграция наук: междисциплинарность в медицине»

20-22 июня 2022 г. в г. Якутске на научно-технологической базе Северо-Восточного федерального университета имени М.К. Аммосова состоялась Первая Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием **«Интеграция наук: междисциплинарность в медицине»**. Её проведение стало новым значительным вкладом в развитие междисциплинарных исследований в поиске новых методов и технологий для повышения эффективности диагностики и лечения, для расширения использования физических методов и аппаратов в диагностике и лечении заболеваний, в первую очередь, в онкологии.

Конференция и научные школы по применению ионизирующего излучения для лечения злокачественных опухолей, по использованию высокотехнологичного оборудования, аппаратов и приборов лучевой диагностики привнесли новые знания и опыт лучших практик в успешное внедрение проектно-ориентированных основных профессиональных образовательных программ бакалавриата и магистратуры по профилю «медицинская физика», реализуемых в университетах России, повышение квалификации преподавателей вузов и специалистов медицинских учреждений РФ.

Организаторами конференции, научных школ и круглых столов выступили:

- Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова, физико-технический и медицинский институты;
- Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, физический и биологический факультеты;
- Ассоциация медицинских физиков России;
- Якутский научный центр комплексных медицинских проблем, при активном участии в организации конференции Инженерной школы ядерных технологий, Томский политехнический университет; Института мирового океана и Института фундаментальной медицины и биологии, Дальневосточный федеральный университет. Конференция проводилась при финансовой поддержке Эндаумент фонда СВФУ (Комплексный научно-исследовательский проект по медицинской физике) и в исполнении государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ (номер проекта № FSRG-2021-0014).

Ведущими специалистами и известными в стране и в мире учеными были представлены ФИЦ «Якутский научный центр СО РАН»; ФИЦ «Казанский научный центр РАН»; Казанский федеральный университет, Институт физики; Московский международный онкологический центр; НИИ проблем управления им. В.А. Трапезникова; ГБУ РС (Я) «Якутский республиканский онкологический диспансер»; ФГБНУ «Якутский научный центр комплексных медицинских проблем»; Республиканская больница № 1 – Национальный центр медицины; ФГБУ «НМИЦ ДГОИ им. Дмитрия Рогачева» Минздрава России; ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт оптико-физических измерений»; «НМИЦ онкологии имени Н.Н. Блохина» МЗ РФ; Республиканский клинический онкологический диспансер им. С.Г. Примушко МЗ Республики Удмуртия; МОО «Общество ядерной медицины» г. Москва; ГБУ РС (Я) «Республиканский медицинский информационно-аналитический центр» и др.

В работе конференции участвовали более полтораста ученых, специалистов, студентов, ординаторов и аспирантов из пяти ведущих университетов РФ, шести федеральных и региональных научно-исследовательских центров России, Бельгии, Вьетнама и Узбекистана, руководителей и главных специалистов более 10 учреждений практического здравоохранения Москвы, Якутии, Удмуртии, Хабаровского и Приморского края и др.

На конференции обсуждались 5 ключевых актуальных тем:

- участие специалистов различных сфер в комплексных междисциплинарных исследованиях в области диагностики и лечения заболеваний населения РФ;

- актуальность мультидисциплинарного подхода в поиске и обнаруживании в сходных областях новых способов и методов исследования причин возникновения заболеваний, разработки новых методов диагностики и терапии;

- фундаментальные и прикладные основы медицинской физики, физико-математического моделирования органов, систем и процессов в диагностике и терапии, радиационной безопасности и радиэкологии и др.;

- необходимость разработки и реализации региональных программ радиэкологических исследований для снижения риска онкологических заболеваний;

- проблемы и перспективы подготовки кадров в области медицин-

ской физики, в области ядерной медицины, лучевой диагностики и терапии.

Программа конференции в отличие от традиционных научно-практических конференций включала работу 4 тематических секций, проведение пленарного заседания, работу научной школы, стендовой сессии, дискуссионных «круглых столов» и студенческой конференции, в которых активно обменивались теоретическими и практическими знаниями и опытом спикеры, специалисты различных областей науки, студенты и аспиранты в смешанном составе.

Участники конференции выразили благодарность за продуманность программы конференции, реализацию интерактивных форм диалога, возможность дискуссии и рейтингового обсуждения научно-исследовательских работ магистрантов, аспирантов и ординаторов.

Участники конференции отметили высокий уровень докладов профессоров МГУ имени М.В. Ломоносова А.П. Черняева, В.В. Розанова, Г.В. Максимова и других, актуальность докладов Сухих Л.Г., С.А. Рыжова, Лебеденко И.М., Саниной Н.М., Левина Г.Г., Смолярчук М.Я., Кононовой И.В., также участниками признана важность заслушивания работ обучающихся и профессиональная экспертная оценка этих работ ведущими специалистами смежных областей науки и отраслей экономики.

С учетом значимости и востребованности комплексных исследований и повышения качества обследования, диагностики и лечения населения организационный и программный комитеты конференции рекомендуют:

1) Для расширения междисциплинарных исследований, направленных на повышение эффективности диагностики и лечения населения, в первую очередь, от онкологических заболеваний, в рамках реализации целей и задач Межрегионального НОЦ «Север – территория устойчивого развития» в области повышения качества системы здравоохранения, ввести координирование научной деятельности участников конференции и совместное участие в конкурсах грантов РФ;

2) Дополнить и модифицировать рабочие программы обучения студентов ФТИ по профилю «Медицинская физика» и студентов медицинского института;

3) Наладить обмен студентами и лекторами для реализации обучения в университетах;

4) Университетам сосредоточить усилия на модернизации и цифровизации образовательных программ в области медицинской физики и

радиоэкологии, реализации в сетевой форме между ведущими университетами России на уровнях магистратуры и аспирантуры;

5) Сформировать региональную программу радиоэкологических исследований для снижения риска онкологических заболеваний;

6) Инициировать вопрос об организации референс-центра медицинской физики и лучевой диагностики посредством объединения всех видов рентгенодиагностического оборудования, используемого при оказании медицинской помощи в регионе, в единую информационную систему и внести, например, на рассмотрение экспертной комиссии СВФУ по подготовке конкурсного проекта специальной части программы развития «Приоритет-2030»;

7) Рекомендовать руководствам университетов инициировать формирование консорциума по радиационным технологиям совместно с ведущими университетами, научными институтами России, региональными органами исполнительной власти субъектов РФ.

Заслушав выступления участников конференции, задаваемые вопросы и обсуждения, проводимые в рамках круглых столов и обмена мнений, **организационный и программный комитет конференции при подведении итогов конференции отмечают:**

1) высокую степень потребности в лечебно-профилактических учреждениях многих субъектов РФ в специалистах – медицинских физиках;

2) востребованность конференции «Интеграция наук: междисциплинарность в медицине» и рекомендуют регулярное проведение конференции с периодичностью один раз в три года.

Резолюция принята единогласно 23.06.2022 г.

**ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ, КРУГЛЫЙ СТОЛ
«РАЗВИТИЕ МЕДИЦИНСКОЙ ФИЗИКИ
В РОССИИ И РС (Я)», ПОСВЯЩЕННЫЙ
100-ЛЕТИЮ ЯАССР, ШКОЛА
«МЕДИЦИНСКАЯ ФИЗИКА:
АППАРАТЫ ЛУЧЕВОЙ ДИАГНОСТИКИ
И ТЕРАПИИ»**

В.В. Верхотурова

ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», 634050, г. Томск, проспект Ленина, 30, Россия

**МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ В ОБЛАСТИ МЕДИЦИНСКОЙ
ФИЗИКИ (НА ПРИМЕРЕ ОПЫТА РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ
МАГИСТРАТУРЫ «ЯДЕРНАЯ МЕДИЦИНА»
ТОМСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА)**

Актуальность разработки и реализации практических методик подготовки специалистов в области ядерной медицины обусловлена имеющимся дефицитом специалистов в области ядерной медицины в российских лечебных учреждениях, который, по прогнозам экспертов, будет только нарастать. Ядерная медицина – это направление современной медицины, использующее радиоактивные вещества и свойства атомного ядра для диагностики и терапии в различных областях научной и практической медицины

По оценкам Ассоциации медицинских физиков России нехватка квалифицированных медицинских физиков в стране составляет не менее тысячи человек, способных эффективно обслуживать имеющуюся технику, использовать все возможности аппаратуры и гарантировать безопасность и качество лучевого лечения. Помимо этого, нехватка квалифицированных специалистов отмечается также в области, которая связана с разработкой, производством и применением диагностических и терапевтических радиофармпрепаратов для внутреннего облучения.

В России медицинских физиков в 10 раз меньше, чем должно быть по европейским показателям, и в 28 раз меньше, чем в США [1].

При этом, помимо дефицита кадров, существует проблема именно практической подготовки специалистов во время обучения в вузе на действующих установках. По словам первого президента Ассоциации медицинских физиков России В.А. Костылева, в настоящее время в большинстве медицинских учреждений, эксплуатирующих сложную технику, в лучшем случае используется только 10 % возможностей оборудования. Это связано, в том числе, с отсутствием практических компетенций по работе с данным оборудованием у выпускников вузов. Зачастую, выпускникам образовательных программ по ядерной медицине/медицинской физике, при трудоустройстве в онкологические клиники с современным медицинским оборудованием, требуется дополнительное время на доучивание и получение практических компетенций по работе с ядерно-радиационными установками, находящимися в медицинских учреждениях.

Таким образом, перед университетами стоит задача практической подготовки специалистов в области ядерной медицины с использованием новейших технологий (включая, технологии гибридной реальности) на действующем ядерно-радиационном оборудовании (исследовательский реактор, циклотрон, бетатроны и др.). В этом случае, национальная система здравоохранения в максимально быстрые сроки получает готового специалиста «под ключ».

Литература

1. Мамаева С.Н., Николаева Н.А., Дьяконова Д.П. и др. Актуальность реализации проектно-ориентированных основных профессиональных образовательных программ бакалавриата и магистратуры по профилю «Медицинская физика» в Северо-Восточном федеральном университете имени М.К. Аммосова // Современные проблемы науки и образования. – 2019. – № 6.

* * *

В.В. Верхотурова

ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», 634050, г. Томск, проспект Ленина, 30, Россия

ПОДГОТОВКА КАДРОВ В ОБЛАСТИ АТОМНЫХ СТАНЦИЙ МАЛОЙ МОЩНОСТИ, В ТОМ ЧИСЛЕ ДЛЯ ЗАДАЧ РАЗВИТИЯ СЕВЕРНЫХ РЕГИОНОВ РОССИИ, В РОССИЙСКИХ ВУЗАХ (НА ПРИМЕРЕ ТПУ)

Государственной корпорацией «Росатом» принята Программа развития до 2030 г.г., в которой одним из приоритетных направлений развития выделены Атомные станции малой мощности (АСММ). В Программе определены основные фундаментальные и прикладные исследования в этой области, связанные с развитием и оптимизацией под современные условия реакторных установок малой мощности РУ РИТМ-200 и РУ Шельф, в том числе: расчетно-экспериментальные обоснования увеличения ресурсных характеристик реакторных установок и их безопасности, разработка цифровых двойников и др. Подобные реакторные установки разрабатываются в РФ уже более 10 лет и предназначены для использования в качестве источника электроснабжения объектов, расположенных на морском шельфе, включая районы Арктического побережья, а также районов с практически отсутствующей энергетической и транспортной инфраструктурой. В рамках развития инфраструктуры Северного морского пути внедрение АСММ имеют важное народно-хозяйственное значение для России [1].

Развитие технологий АСММ требует, помимо решения научных и инженерных задач, разработку образовательных программ для подготовки специалистов в области как реакторных технологий, так и обеспечения физической ядерной безопасности, с учетом особенностей АСММ.

Томский политехнический университет осуществляет подготовку кадров по направлению «Ядерные физика и технологии», в том числе по специализации «Ядерные реакторы и энергетические установки». В образовательном процессе используется действующий исследовательский реактор ИРТ-Т. В Томском политехническом университете созданы все условия для успешной подготовки эксплуатационного персонала для АСММ.

Помимо востребованности технологий АСММ на внутреннем рынке, данные технологии вызывают интерес у зарубежных партнеров,

что, как следствие, ставит вопрос о необходимости подготовки кадров не только для отечественной, но и зарубежной атомной отрасли.

Понимая это, в ТПУ разработаны и реализуются программы подготовки специалистов в области реакторных технологий на русском и английском языках [1].

Например, образовательная программа «Ядерные реакторы и энергетические установки» охватывает основные конструкционные особенности действующих и перспективных ядерных энергетических установок, особое внимание уделяется обоснованию надежности этих установок. Выпускник подготовлен к решению проблем управления ядерной паропроизводящей установкой; замкнутых ядерных топливных циклов, в том числе оптимизации схем загрузки и движения топлива в ядерных энергетических реакторах, схем хранения отработанного ядерного топлива; продления ресурса ядерных реакторов;

В свою очередь деятельность выпускников образовательной программы «Ядерная и радиационная безопасность» нацелена на обеспечение ядерной и радиационной безопасности в атомной отрасли, на предприятиях и объектах, использующих ядерные установки, природные и техногенные источники ионизирующих излучений, ускорительную технику, а также для государственных организаций, осуществляющих радиационный контроль, оптимизируют работу служб радиационного контроля предприятий атомной отрасли. В процессе обучения студенты осваивают различные методы и программы расчета ядерных реакторов, приобретают навыки выявления и предотвращения внешних ситуаций, управления радиационными рисками.

Выпускники образовательных программ направления «Ядерные физика и технологии» способны разрабатывать, управлять и обеспечивать безопасность ядерных реакторов различного целевого назначения. Область профессиональных интересов включает современные ядерные энергетические установки энергетического и научного применения, их прикладные аспекты и особенности эксплуатации [2]. Студенты проходят практики на действующих атомных электростанциях и транспортных ядерных установках, включая суда атомного ледокольного флота РФ.

Международные англоязычные программы обучения ТПУ направлены на подготовку российских и иностранных специалистов для атомной энергетики с учетом передового мирового и отечественного опыта. В числе преподавателей не только представители универси-

тетской среды, но и сотрудники российской и зарубежной атомной отрасли. Программа «Nuclear Power Engineering/Ядерные реакторы и энергетические установки» предлагает широкую физико-математическую подготовку, сочетающую в себе глубокое изучение ядерных энергетических технологий, технологических систем, оборудования АЭС, а также режимов работы и эксплуатации объектов ядерной промышленности и ядерной безопасности.

Обучение в рамках программы «Nuclear Safety, Security and Non-Proliferation of Nuclear Materials/ Безопасность и нераспространение ядерных материалов» ориентировано на приобретение выпускниками профессиональных компетенций в областях, связанных с учетом и контролем, а также обеспечением физической защиты ядерных материалов и радиоактивных веществ при хранении, использовании и транспортировании на объектах использования атомной энергии.

Выпускники ядерных образовательных программ ТПУ – это специалисты высокого класса, за которых идет серьезная борьба на рынке труда. Томский политех сегодня формирует элитный инженерный корпус крупнейших корпораций России и ближнего зарубежья. Высокий спрос на выпускников подтверждается 100 % трудоустройством по многочисленным заявкам от промышленных партнеров.

При подготовке специалистов Университет исходит из того, что в данной области есть универсальные знания и компетенции, необходимые всем реакторщикам, без привязки к типу реактора. Поэтому во время обучения студенты получают теоретически и практические знания работы с такими типами реакторов как ВВЭР, БРЕСТ, КЛТ, РИТМ и другие.

Добавление модуля знаний по АСММ к уже имеющимся позволит повысить качество подготовки специалистов, которые будут иметь представление обо всех актуальных технологиях в области реакторных установок.

Литература

1. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 13 ноября 2009 г. № 1715-р. Энергетическая стратегия России на период до 2030 г. [Электронный ресурс]. – URL: <http://government.ru/docs/all/70320/>, доступ: свободный. – Заглавие с экрана. – язык русский. Дата обращения: 11.01.2021 г.

2. Приказ Минобрнауки РФ от 28.02.2018 г. № 152 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образова-

ния – магистратура по направлению подготовки 14.04.02 – Ядерные физика и технологии» [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.edu.ru/documents/view/64244/>, доступ: свободный. – Заглавие с экрана. – Язык русский. Дата обращения: 22.01.2021 г.

* * *

Н.И. Дуглас

*ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова»,
677000, г. Якутск, Белинского, 58, Россия, nduglas@yandex.ru*

ПРЕНАТАЛЬНАЯ УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ДИАГНОСТИКА

Пrenатальная диагностика – это комплекс диагностических мероприятий, направленных на выявление врожденных заболеваний плода.

Одна из самых верных и надёжных диагностик – ультразвуковое исследование. Данный вид исследования относится к неинвазивному методу пренатальной диагностики. УЗИ на сегодняшний день является простым и удобным методом контроля за состоянием плода. Ультразвуковое исследование может быть двух видов – трансабдоминальным и трансвагинальным. При трансабдоминальном исследовании на живот беременной устанавливается датчик УЗИ аппарата, от которого исходят звуковые волны, содержащие информацию о состоянии плода и плаценты. Вся информация отображается на мониторе УЗИ аппарата в виде графических изображений, а все данные фиксируются в компьютере. Только опытный врач пренатальной диагностики, который специализируется на выполнении ультразвукового исследования, может дать полную и достоверную информацию об увиденном. При этом для многих обычных врачей, которые не имеют специализации по УЗИ, увиденное представлено в виде различных графиков. Таким образом, выполнять скрининговые ультразвуковые исследования может только опытный врач пренатальной диагностики. Проводится в скрининговом режиме. Первый скрининг в 11 -13,6 недель беременности, второй в промежутке 18 -21,6 недель беременности. Проводится исследование на ультразвуковых аппаратах экспертного класса, с использованием двухмерных и трехмерных конвексных датчиков, а также датчиков для трансвагинального исследований.

Условия для проведения эффективного ультразвукового исследования в I триместре

- Ультразвуковое исследование в I триместре должно проводиться:
- в сроках 11-13/6 недель,
- На УЗ сканерах с высокой разрешающей способностью,
- Специалистами, прошедшими специализированный курс обучения,
- Соблюдение единого протокола по приказу МЗ РФ № 457 от 2000

года.

Целью данного исследования является выявление пороков развития плода, выявление хромосомных заболеваний на основании эхографических маркеров.

Ультразвуковые маркеры хромосомных аномалий в первом триместре:

- толщина воротникового пространства
- измерение длины оссифицированной части носовых костей
- измерение лицевого угла (фронтотемпоральный угол)
- измерение спектра кровотока в венозном протоке
- исключение регургитации на трикуспидальном клапане сердца

Второе скрининговое УЗИ при беременности проводят в промежутке 18 недель и до окончания 21 недели, в этот срок обязательно обследуют сердце плода на наличие пороков, измеряют все трубчатые кости конечностей, кисти и стопы, проверяют наличие желудка, мочевого пузыря, размеры почек, структуру головного мозга, размеры мозжечка и желудочков мозга, соответствие развития беременности согласно сроку, выявляют отклонения, которые не были замечены в первом скрининге.

Пренатальная ультразвуковая диагностика продолжает совершенствоваться постоянно. Совершенствуются навыки. Усложняются ультразвуковые аппараты. Мы каждый год открываем что-то новое в этом методе исследования. То, что было технически невозможно несколько назад, сейчас является привычной составляющей рутинного ультразвукового исследования. Этот метод еще долго будет оставаться одним из основных инструментальных методов диагностики.

Литература

1. <https://longavitas.ru/important/articles/prenatalnaya-ultrazvukovaya-diagnostika?ysclid=15402fs04o37545660>.

2. <https://www.centereko.ru/ecopedia/useful/7747-prenatalnaya-diagnostika>.

М.В. Кислякова

*Ассоциация медицинских физиков России,
115552, г. Москва, Каширское шоссе, 23, Россия, amphr@amphr.ru*

ПАМЯТИ В.А. КОСТЫЛЕВА, ПРЕЗИДЕНТА АССОЦИАЦИИ МЕДИЦИНСКИХ ФИЗИКОВ РОССИИ (1943 – 2017 гг.)

Валерий Александрович Костылев, доктор физико-математических наук, профессор, президент Ассоциации медицинских физиков России был одним из основателей российской школы медицинской радиационной физики и воспитателем нескольких поколений квалифицированных специалистов в этой области на базе Российского онкологического центра им. Н.Н. Блохина РАМН (теперь НМИЦ онкологии им. Н.Н. Блохина МЗ РФ), Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ» и Физического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова. По его инициативе и под его руководством на базе РОНЦ им. Н.Н. Блохина РАМН был создан учебный центр для проведения клинической практики студентов МИФИ и повышения квалификации медицинских физиков и лучевых терапевтов, в котором в то время прошли обучение более 100 студентов и более 700 специалистов.

В 2012 году создан Международный учебный центр по медицинской физике, радиационной онкологии и ядерной медицине, который сыграл исключительную роль в повышении квалификации русскоговорящих медицинских физиков из стран СНГ. Эта деятельность осуществлялась в рамках программы технического сотрудничества МАГАТЭ при поддержке Правительства РФ, Росатома и МАГАТЭ. При активном участии В.А.Костылева был создан преподавательский корпус, состоящий из докторов и кандидатов наук, а также молодых и перспективных клинических физиков, вместе с которыми были разработаны программы лекций и практических занятий.

Валерий Александрович активно содействовал организации кафедр медицинской физики в вузах и подготовке преподавателей для них (БелГУ, СВФУ), руководил проектами создания учебных лабораторий по радиационной медицинской физике для профильных кафедр, способствовал установлению связи между университетами и онкологическими диспансерами в части проведения практических занятий на клинической базе.

В.А. Костылев – автор более 250 научных работ, включая 14 монографий в области медицинской физики, а также соавтор с Наркевичем Б.Я. фундаментальных учебных пособий «Медицинская физика», «Радиационная безопасность в медицине». Им также подготовлен сборник научно-методических материалов «Медицинская атомная стратегия» и научно-методические рекомендации «Модернизация и создание радиотерапевтических центров. Научное планирование и научное сопровождение».

Под руководством В.А. Костылева выполнено более 50 научных проектов по программам Росатома (Минатома), Международного научно-технического центра (МНТЦ), Московского комитета по науке и технике (МКНТ) и по договорам с регионами. Он являлся автором и научным руководителем разработки медико-технических требований (МТТ), медико-технических заданий (МТЗ) на создание более 20 объектов атомной медицины (корпусов лучевой терапии и ядерной медицины) в различных регионах России. Под его научным руководством проведена экспертиза технического состояния комплекса оборудования, проектов и программ модернизации и развития радиологических корпусов около 60 онкологических клиник.

Как специалист и президент АМФР он активно развивал международные контакты в рамках МАГАТЭ, ВОЗ, IOBP, EFOMP, ESTRO, часто выступал с докладами на международных конгрессах, пользовался большим уважением и авторитетом у российских и зарубежных коллег. В 2013 году Международная организация медицинских физиков (IOBP) признала В.А. Костылева одним из 50 самых авторитетных физиков мира, которые внесли выдающийся вклад в развитие медицинской физики.

До последних дней Валерий Александрович оставался президентом Ассоциации медицинских физиков России, сопредседателем Радиационно-онкологического сообщества, директором НУ «Института медицинской физики и инженерии», ректором Международного учебного центра по медицинской физике, радиационной онкологии и ядерной медицине, профессором НИЯУ МИФИ, физфака МГУ и РМАНПО, экспертом МАГАТЭ, главным редактором журнала «Медицинская физика», сопредседателем редакционного совета журнала «Радиационная онкология и ядерная медицина», председателем рабочей группы «Модернизация и развитие радиационной терапии и ядерной медицины» Комиссии государств-участников СНГ по использованию атомной энергии в

мирных целях, членом научно-технических и экспертных советов при Минпромторге РФ, Росатоме и Федеральной антимонопольной службе.

Выдающийся ученый, блестящий организатор научных исследований, общительный, жизнерадостный и обаятельный человек, пользовавшийся заслуженным авторитетом и любовью у учеников, коллег и друзей, Валерий Александрович Костылев таким останется в нашей памяти.

* * *

В.В. Розанов^{1,2,3}, И.В. Матвейчук², Н.А. Николаева³

¹ ФГБОУ ВО «Московский государственный университет

им. М.В. Ломоносова, 119991, г. Москва, Ленинские горы, 1/2, Россия

² ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений», 117216, г. Москва, ул. Грина, 7, Россия

³ ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова», 677013, Якутск, ул. Кулаковского, 48, Россия

ТЕХНОЛОГИИ РАДИАЦИОННОЙ СТЕРИЛИЗАЦИИ КОСТНЫХ ИМПЛАНТАТОВ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ, ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ

Среди многочисленных технологий стерилизации биоматериалов все большую роль играют в настоящее время радиационные технологии [1], что обусловлено их высокой эффективностью, а также широкими перспективами использования в практике. В общем объеме технологий стерилизации на радиационные приходится около 50 % всего мирового рынка. Наибольшее распространение получили установки, использующие гамма-излучение – 40,5 %, около 4,5 % составляет стерилизация пучками быстрых электронов, а оставшиеся 5 % включают рентгеновскую обработку и другие виды воздействий. Вместе с тем, электронные и рентгеновские технологии постепенно превращаются в перспективные альтернативы традиционным гамма-квантам. Однако, любые радиационные воздействия на биологические ткани могут быть связаны с проявлением различных негативных, дозозависимых эффектов, как в отношении структуры и механических свойств, так и сохранения остеиндуктивного потенциала имплантатов. Снижение дозовой нагрузки при обеспечении высокого уровня стерильности

может быть достигнуто при использовании комбинированных технологий, в которых радиационная обработка дополняется воздействием других физико-химических факторов, к примеру, озона. В результате этого возможно достижение выраженного синергетического эффекта [2]. Дальнейшее развитие указанного направления определяет необходимость проведения комплексных исследований последствий сочетанного использования действующих факторов в отношении создаваемых биоимплантатов, включая изменения морфомеханических параметров, элементного состава, остеоиндуктивного потенциала, степени стерильности и других характеристик, определяющих качество изготавливаемых биоимплантатов.

Литература

1. Singh R., Singh D., Singh A. Radiation sterilization of tissue allografts: A review // World J. Radiol. – 2016; 8(4). – P.355-369.

2. Матвейчук И.В., Розанов В.В., Гордонова И.К., Никитина З.К., Сидельников Н.И., Литвинов Ю.Ю., Николаева А.А., Черняев А.П., Пантелеев И.В. Комбинированный способ стерилизации костных имплантатов // Патент РФ № 2630464 заявл. 29.07.2016; опубл. 08.09.2017. Бюл. № 25. – 3 с.

* * *

С.С. Слепцова, Н.Р. Максимова, А.С. Гольдерова

*ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова»,
677000, г. Якутск, Белинского, 58, Россия, sssleptsova@yandex.ru*

МУЛЬТИДИСЦИПЛИНАРНЫЙ ПОДХОД В ДИАГНОСТИКЕ И ТЕРАПИИ ЗАБОЛЕВАНИЙ

Наряду с сохраняющейся дисциплинарной организацией науки и усиливающейся специализацией идет активное формирование междисциплинарного знания, все чаще применяются проблемные и проектные подходы к исследованию, утверждается парадигма целостности, полученной в рамках отдельных научных дисциплин. Сегодня все инновационные разработки в медицине могут быть продуктивными только при использовании комплексного мультидисциплинарного подхода, решение новых вызовов в медицинской науке требует новых

подходов и решений. В Республике Саха (Якутия) изданы ряд основополагающих Указов по развитию медицинской науки, образования и здравоохранения региона для решения стратегических задач по охране здоровья населения и повышению качества жизни [1-3]. Основным научным направлением медицинской науки Якутии в рамках деятельности Медицинского Консорциума является медицина будущего как платформа для развития высокотехнологичного здравоохранения и технологий здоровьесбережения населения Северо-Востока России.

Результаты деятельности НИЛ «Молекулярная медицина и генетика человека» медицинского института заслужили признание не только в России, но и за ее пределами. Одним их последних достижений является разработки тест-системы на основе оксида графена для диагностики ЗМ-синдрома и SakhaBioChip микрочип для быстрого диагностического тестирования наследственных заболеваний в якутской этнической группе, выполненные совместно с сотрудниками лаборатории СВФУ «Графеновые нанотехнологии». Создана система «ЛЕКГЕН» – уникальный комплекс программного обеспечения, позволяющий автоматически обрабатывать и получать результаты фармакогенетического тестирования лекарств с учетом этнических особенностей пациентов различных национальностей.

Лаборатория «Клеточные технологии в медицине» медицинского института реализует проекты по изучению и внедрению технологий приготовления противоопухолевой вакцины на основе аутологичных дендритных клеток, разработке системы экстракорпоральной гемофильтрации с печеночной функцией на основе культивированных гепатоцитов человека и разработке эквивалентов кожи с использованием культивированных фибробластов и биорезорбируемой матрицы. Совместно с кафедрой «Общая и экспериментальная физика» апробированы новые методы диагностики и мониторинга лечения редких и сложно диагностируемых заболеваний на основе их комплексного исследования с применением высокотехнологичного современного физического оборудования и методов медицинской физики, включающих методы медицинской биофизики и физико-математического моделирования, математической статистики.

По математическому моделированию на основании методов бинарной логистической регрессии и деревьев классификации кафедрой инфекционных болезней, фтизиатрии и дерматовенерологии совместно с биостатистами определены ранние предикторы тяжелого течения

COVID-19 и впервые разработана оригинальная модель для прогнозирования клинических исходов, а также создана шкала для прогнозирования течения болезни для совершенствования тактики ведения больных.

Разработанные в ИБПК ФИЦ СО РАН уникальные биопрепараты на основе северного биосырья под руководством академика Академии наук РС (Я) Б.М. Кершенгольц с успехом апробированы в терапии и профилактике ряда инфекционных заболеваний, что подтверждено научными публикациями и патентами.

Междисциплинарный подход в медицинской науке является проявлением современного этапа научного познания и обязательным требованием для комплексного изучения рассматриваемой проблемы. Единство науки должно способствовать социально-экономическому развитию страны, обеспечивая ее безопасность и конкурентоспособность.

Литература

3. Указ Главы Республики Саха (Якутия) от 12 декабря 2019 г. № 887 «О государственной программе РС (Я) «Развитие здравоохранения РС (Я) на 2020-2024 годы»». – <https://glava.sakha.gov.ru/ot-12-dekabrya-2019-g-887>.

4. Указ Главы Республики Саха (Якутия) от 31 марта 2021 г. № 1782 «О стратегических направлениях укрепления общественного здоровья и развития системы здравоохранения в РС (Я)». – <https://prav.sakha.gov.ru/uploads/ckfinder/userfiles/2021/04/05/files/Preview.pdf>.

5. Указ Главы Республики Саха (Якутия) от 31.03.2021 № 1782 «О стратегических направлениях укрепления общественного здоровья и развития системы здравоохранения в РС (Я)». – <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/1400202104020002>.

* * *

Е.С. Сухих¹, Л.Г. Сухих¹, П.А. Лушникова², В.В. Розанов³

¹ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский

Томский политехнический университет», г. Томск, Россия

²Томский областной онкологический диспансер, г. Томск, Россия

³ФГБОУ ВО «Московский государственный университет

имени М.В. Ломоносова», г. Москва, Россия

РАДИОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ ЛЕЧЕНИЯ СИНХРОННОГО ГИНЕКОЛОГИЧЕСКОГО РАКА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ВЫСОКОТОЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ФОТОННОЙ ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ

Лечение первично-множественных злокачественных опухолей (ПМЗО) представляют сложную и многогранную проблему для современной онкологии [1]. Среди всех ПМЗО выделяют синхронный рак, метасинхронный и метакронный рак. Синхронными считают две и более злокачественные опухоли, выявленные одновременно в срок до 2 месяцев, метасинхронными – в срок более 2 месяцев, метакронными – опухоли, выявленные через промежуток времени, превышающий 6-месячный срок [2]. Сочетание гинекологических видов рака встречается довольно редко, особенно первичного рака влагалища в сочетании с онкогинекологическим заболеванием другой локализации [3–5].

Лучевое лечение ПМЗО гинекологических видов рака позволяет эффективно использовать возможности техник лучевой терапии с модуляцией интенсивности (ЛТМИ), а также методики одновременной эскалации дозы (SIB) при объемно модулированной лучевой терапии (VMAT).

Пациентка 34 лет поступила в радиотерапевтическое отделение ОГАУЗ «ТООД» в 2019 году с диагнозом ПМЗО синхронный рак:

1) рак влагалища I стадия ($T_1N_xM_0$). Гистологический вариант опухоли: аденосквамозная карцинома влагалища;

2) рак эндометрия I стадия ($T_1N_xM_0$). Гистологический вариант опухоли: аденокарцинома умеренной степени дифференцировки с фокусами плоскоклеточной метаплазии.

С учетом редкости сочетания первичного рака влагалища с онкопатологией тела матки, отсутствием протоколов и стандартов лечения таких больных и отказом пациентки от проведения хирургического вмешательства планировалось выполнить лучевое лечение в два этапа. На первом этапе – дистанционная лучевая терапия (ДЛТ) на об-

ласть матки, тазовых, паховых лимфатических узлов до СД 46,0 Гр (2 Гр за фракцию) при одновременной эскалации дозы на область опухоли влагалища до 69,0 Гр, что соответствует $EQD_2 = 74,8$ Гр при $\frac{\alpha}{\beta} = 10$ Гр. Вторым этапом планировалось выполнить курс внутривлагалищной брахитерапии на область тела матки суммарной дозой 28 Гр за четыре фракции в режиме два раза в неделю, что соответствует $EQD_2 = 39,7$ Гр при $\frac{\alpha}{\beta} = 10$ Гр. Таким образом, в рамках первоначального плана лечения планировалось доставить дозу $EQD_2 = 74,8$ Гр на область влагалища в течение 23 фракций (5 недель лечения) и дозу $EQD_2 = 85,7$ Гр на область тела матки в течение 7 недель лечения.

Проведение запланированного курса внутривлагалищной лучевой терапии, как второго этапа радикального лечения рака эндометрия, оказалось невозможно из-за выраженного сужения влагалища после дистанционной лучевой терапии и болевого синдрома. Было решено вторым этапом провести курс ДЛТ на область матки в режиме гипоракционирования.

На начало 2022 года наблюдается безрецидивный локальных контроль обеих опухолей. Оптимизация SIB-VMAT относительно классической комбинированной лучевой терапии (т.е. ДЛТ+брахитерапия) – это многопараметрическая оптимизационная задача относительно доставки дозы в опухоль, облучения критических органов и общей продолжительности лечения. Сочетание высокого качества ДЛТ и адаптивной комбинированной брахитерапии (внутриполостная+внутриканальная) под контролем по изображениям представляется лучшим выбором. В случаях, когда брахитерапия невозможна, SIB-VMAT позволяет увеличить дозу в опухоли по сравнению с классической комбинированной лучевой терапией (т.е. ДЛТ+брахитерапия) при более низких уровнях облучения критических органов, а также при сокращении общей продолжительности лечения, что всегда важно в случае РШМ.

Литература

1. Леонов О.В. и др. Первично-множественные злокачественные новообразования с поражением мочеполювых органов // Онкоурология. – 2010. – Vol. 6, № 2. – Р. 56–60.
2. Степанова Ю.А., Калинин Д.В., Вишневский В.А. Первично-множественные опухоли (обзор литературы) // Медицинская визуализация. – 2015. – Vol. 6. – Р. 93–102.

3. Каприн А.Д. et al. Брахитерапия в лечении рака влагалища // Biomed. photonic. – 2016. – Vol. 5, № 1. – P. 22–26.

4. Murakami N. et al. Radiation therapy for primary vaginal carcinoma // J. Radiat. Res. – 2013. – Vol. 54, № 5.

5. Handbook of Evidence-Based Radiation Oncology / ed. Hansen E.K., Roach III M. Cham: Springer International Publishing, 2018.

* * *

К.С. Усачев^{1,2}

¹ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»,
420008, г. Казань, Кремлевская, 18, Россия, k.usachev@mail.ru

²ФГБУН «Федеральный исследовательский центр «Казанский научный центр
Российской академии наук», 420111, г. Казань, Лобачевского, 2/31, Россия

ИНТЕГРАТИВНАЯ СТРУКТУРНАЯ БИОЛОГИЯ – МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЙ ПОДХОД ИЗУЧЕНИЯ МОЛЕКУЛЯРНЫХ МЕХАНИЗМОВ КЛЕТКИ

Развитие современных биофизических методов исследования структуры, свойств и функций биологических макромолекул, произошедшее за последние десятилетия, совершило настоящую революцию в ряде областей знаний физики, химии и биологии. Методы структурной биологии такие как спектроскопия ЯМР высокого разрешения, рентгеноструктурный анализ и криогенная просвечивающая электронная микроскопия, позволяют применять биофизические методы для решения наиболее актуальных задач медицины и фармакологии, таких как борьба с новыми штаммами патогенных бактерий, обладающих множественной устойчивостью к существующим антибиотикам. На основе информации о трехмерной структуре биомолекул возможен дизайн новых селективных антибиотиков, связывающихся с уникальными по своему трехмерному строению структурами в молекуле мишени. Мишенями выступают наиболее важные для жизнедеятельности клетки биомолекулы (рибосома, РНК и ДНК полимеразы, белковые факторы).

В рамках наших исследований установлены структуры рибосомы патогенной бактерии *Staphylococcus aureus* (Рисунок 1) и ее комплексов с лигандами, для которых выявлен ряд специфичных отличий как на белковом уровне, так и на уровне рРНК, которые могут выступать в качестве перспективных мишеней для разработки антибиотиков [1-3].

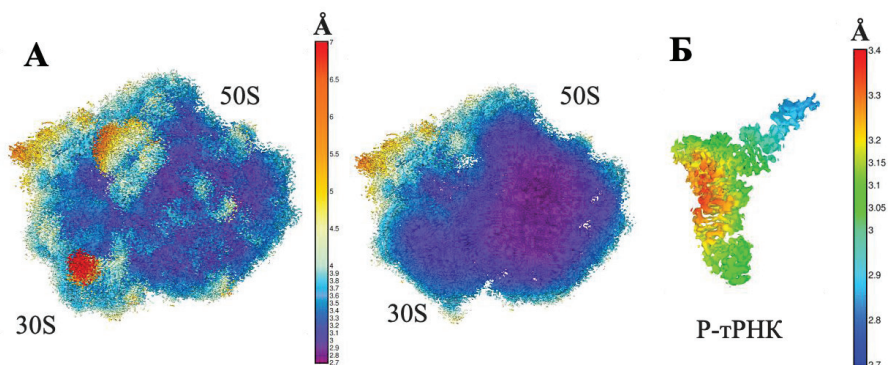


Рисунок 1 – Структура рибосомы *S. aureus* с мРНК и тРНК^{Мет}.
 Распределение разрешения в структуре рибосомы *S. aureus*, определенной методом крио-ЭМ (А). Справа вид рибосомы в разрезе. Карта электронной плотности Р-тРНК с отображенным локальным разрешением (Б)

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда (грант № 21-74-20034).

Литература

1. Golubev A., Fatkhullin B., Khusainov I., Jenner L., Gabdulkhakov A., Validov Sh., Yusupova G., Yusupov M., Usachev K. Cryo-EM structure of the ribosome functional complex of the human pathogen *Staphylococcus aureus* at 3.2 Å resolution // FEBS Letters. – 2020. – V. 594. – P. 3551-3567.
2. Khusainov I., Fatkhullin B., Pellegrino S. et al. Mechanism of ribosome shutdown by RsfS in *Staphylococcus aureus* revealed by integrative structural biology approach // Nature communications. – 2020. – V. 11. Article number 1656.
3. Усачев К.С., Юсупов М.М., Валидов Ш.З. Гибернация – стадия функционирования рибосом // Биохимия. – 2020. – № 85(11). – С. 1690-1700.

* * *

А.П. Черняев, Е.Н. Лыкова

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова»,
119191, г. Москва, Ленинские горы, д.1, стр.2, Россия, a.p.chernyaev@yandex.ru
ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова»,
677000, г. Якутск, Белинского, 58, Россия, sssleptsova@yandex.ru

РАДИАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МЕДИЦИНЕ

Общее количество источников ионизирующих излучений в мире примерно 10 -11 млн. единиц, основную часть которых составляют радиоактивные источники (~6-7 млн. единиц) и рентгеновские установки (~ 4 млн. единиц). Число высокотехнологичных установок, использующих ионизирующие излучения не превышает 200 тыс. единиц.

Ежегодно производится более 200 тысяч рентгеновских приборов и установок. России более десятка производителей поставляет на внутренний рынок 3 – 4 тысячи единиц рентгеновской техники, а полная потребность внутреннего рынка медицинских рентгеновских установок примерно 10 тысяч единиц.

В России – более 153 тыс. единиц всех источников ионизирующих излучений. В том числе приборов, установок и комплексов, использующих рентгеновское излучение, ~ 64700 единиц (42.2 %). Установок, приборов, закрытых источников, использующих радионуклиды, а также реакторов, хранилищ радиоактивных веществ и отходов ядерных реакторов в хозяйстве страны 78 665 единиц (52.2 %), в том числе радиоизотопных приборов и установок – 14.9 тыс., установок и 128 ядерных реакторов. Хранилищ радиоактивных веществ и отходов ядерных реакторов 651. Ускорителей заряженных частиц в нашей стране 502 (0.3 %) (420 ускорителей электронов и 82 протонов и ионов), в других организациях, структурах и т.д. – 8378 источников ионизирующих излучений (5.4 %). В том числе 300 – в медицине, 51 – в научных и учебных организациях, 151 – в народном хозяйстве (включая ускорители в таможенных, структурах Росатома и других предприятиях).

Для успешного развития радиационных технологий в нашей стране и выхода на передовые позиции в народном хозяйстве России необходимо в медицине и промышленности увеличить долю собственного рентгеновского оборудования на внутреннем рынке (она составляет примерно 40 % единиц). В медицине необходимо создание производств сложного рентгеновского оборудования медицинского назначения, например, КТ, ОФЭКТ, МРТ, ПЭТ, совмещенных систем КТ/МРТ, КТ/ОФЭКТ.

В ядерной медицине исключительно важной задачей остается проведение полного цикла работ по производству радиоизотопов медицинского назначения и радиофармпрепаратов без участия зарубежных фирм на конечном этапе создания продукта.

Важнейшим направлением является поиск новых идей для увеличения темпа ускорения и, следовательно, уменьшение размеров ускорителей, а также создание компактных ускорителей на «холодных» магнитах, что существенно (в несколько раз) уменьшит их размеры.

* * *

Т.Е. Гоголева¹, Т.А. Крылова¹, В.А. Алексеев², С.Н. Мамаева¹

¹ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова», 677000 г. Якутск, ул. Белинского, д. 58, Россия, gogoltakuo98@mail.ru

²Арктический медицинский центр, ФГБНУ «Якутский научный центр комплексных медицинских проблем», 677000, г. Якутск, ул. Кулаковского, 6, Россия

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ЭРИТРОЦИТОВ КРОВИ ПАЦИЕНТОВ С РАКОМ ШЕЙКИ МАТКИ В УСЛОВИЯХ ПРИМЕНЕНИЯ МОДИФИЦИРОВАННОГО МЕТОДА ЭЛЕКТРОФОРЕЗА

Рак шейки матки, несмотря на доступность и информативность методов, облегчающих постановку диагноза, все еще в лидирующих позициях, как одно из наиболее часто встречающихся во всем мире онкологических заболеваний женщин. Для исследования развития данного заболевания, эритроцит является универсальной моделью для изучения процессов на клеточном уровне.

В данной работе рассматривается математическая модель динамики эритроцитов под воздействием внешнего электрического поля на стадии проведения электрофореза при проведении ПЦР-исследования эритроцитарной массы, представленного в работе [1]. При построении наиболее близких к натурным экспериментам физической и математической моделей нельзя пренебрегать влиянием на скорость эритроцитов буферного раствора, применяемого при проведении электрофореза, а также электрических свойств эритроцитов в зависимости от морфологических изменений в патологии и группы крови.

В настоящей работе система, генерирующая внешнее электрическое поле, представляется как бесконечная плоская структура. Исследуются скорости эритроцитов, находящиеся под воздействием электрического поля \vec{E} , с учетом силы, возникающей в буферном растворе, а также рассчитанных в работе [2] поверхностных зарядов эритроцитов в зависимости от группы крови и вида дисморфии.

Т.к. в этом случае должна учитываться сила сопротивления, которая может быть обусловлена взаимодействием поверхностных зарядов эритроцитов и зарядов ионов буферного раствора, для расчета динамики эритроцитов используется гидродинамическое уравнение Навье-Стокса, с помощью которого можно учитывать буферный коэффициент, который рассматривается как постоянная величина.

Математическая модель, содержит следующие уравнения: уравнения движения Навье-Стокса с буферным коэффициентом:

$$(\vec{v} \cdot \nabla) \vec{v} = -\frac{\rho_z}{\rho_m} \vec{E} + \frac{\eta}{\rho_m} \Delta \vec{v} + \frac{\eta}{3\rho_m} \nabla(\nabla \cdot \vec{v}),$$

где ρ_z – плотность зарядов эритроцитов ($\frac{\rho_z}{\rho_m} = \frac{q_z}{m}$), η – буферный коэффициент, \vec{E} – напряженность электрического поля;

уравнение Максвелла: $\text{rot} \vec{E} = 0, \text{div} \vec{E} = \frac{\rho_z}{\varepsilon_0},$

где ε_0 – электрическая постоянная; уравнение непрерывности:

$$\rho_m \vec{v} + \rho_m \text{div} \vec{v} = 0.$$

Система дифференциальных уравнений рассматриваемой модели рассчитывается с помощью численного метода Рунге-Кутты.

В результате численных расчетов получены графики зависимости скорости эритроцитов крови пациентов с раком шейки матки с учетом формы и размеров, поверхностных зарядов эритроцитов при различных группах крови. Результаты представленного численного эксперимента могут быть применены в проведении анализа данных натурального эксперимента оценки скорости эритроцитов в условиях применения модифицированного метода электрофореза, для реализации которого будет разработаны новые камеры для буферного раствора с использованием методов нанотехнологий.

Литература

1. Mamaeva S.N., Kononova I.V., Alekseev V.A. et al. Determination of blood parameters obtained under SEM as a prototype model for evaluating the effectiveness of radiation therapy for cervical cancer // International Journal of Biomedicine. – 11 (1). – (2021). – P. 32-38. – [http://dx.doi.org/10.21103/Article11\(1\)_OA6](http://dx.doi.org/10.21103/Article11(1)_OA6)

2. Мамаева С.Н., Максимов Г.В., Антонов С.Р. и др. Моделирование динамики движения эритроцитов крови под воздействием внешнего электрического поля // Медицинская физика. – 2017. – № 3 (75). – С.69-76.

* * *

Н.А. Григорьева, Н.В. Саввина

ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова»,
677000, г. Якутск, Ойунского, 27, Россия, nadvsavvina@mail.ru

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПЕРИНАТАЛЬНОЙ ПАТОЛОГИИ У НОВОРОЖДЕННЫХ ЮНЫХ МАТЕРЕЙ

Регрессионный анализ – базовый подход к прогнозированию временных рядов любой природы, реализуемый с помощью системы компьютерной математики.

Для анализа взаимосвязи неблагоприятного исхода родов и перинатальной патологии у новорожденных использовали логистический регрессионный анализ. В многофакторную модель в качестве потенциальных предикторов были включены признаки, характеризующие течение беременности и родов, а также массу тела и состояние новорожденного при рождении (дошенность и оценку по шкале Апгар). Основные переменные, использованные в анализе представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Таблица основных переменных, использованных в логистическом регрессионном анализе

NUMBER= «Номер наблюдения»	PR 23A = 'Преждевр. излитие вод'	PR 47A = 'Вирус простого герпеса'
VAR2A = ' ФИО пациента'	PR 24A = 'Длит. безводн. период'	PR 48A = 'Сифилис'
PR 3A = 'Возрастная группа роженицы'	PR 25A = 'Амниотомия'	PR 49A = 'Эрозия'
PR 4A = 'Возрастная подгруппа роженицы'	PR 26A = 'Аномалия род. деятельности'	PR 50 = 'Вес ребёнка'
PR 5A = 'Национальность роженицы'	PR 27A = 'Родостимуляция'	PR 51 = 'Рост ребёнка'
PR 6 = 'Номер беременности'	PR 28A = 'Быстрые роды'	PR 52A = 'Пол ребёнка'
PR 7 = 'Номер родов'	PR 29A = 'Стремит. роды'	PR 53 = 'Апгар на 1 минуте'
		PR 54 = 'Апгар на 5 минуте'
		PR 55A = 'Асфиксия'

PR 8A = 'Место проживания роженицы'	PR 30A = 'Отслойка плаценты'	PR 56A = 'Маловесность'
PR 9A = 'Обследование роженицы'	PR 31A = 'Кесарево сечение'	PR 57A = 'Задержка внутриутробного развития'
PR 10A = 'Заб. щит. железы'	PR 32A = 'Экст. опер. роды'	PR 58A = 'Недоношенность'
PR 11A = 'Заб. лор органов'	PR 33A = 'Маловодие'	PR 59A = 'Желтуха'
PR 12A = 'Хр. тонзиллит'	PR 34A = 'Многоводие'	PR 60A = 'Врождённый порок развития'
PR 13A = 'Хр. бронхит'	PR 35A = 'Эпизиотомия'	PR 61A = 'Синдром дыхательных расстройств'
PR 14A = 'Вегето-сосуд. дистония'	PR 36A = 'Разрывы'	PR 62A = 'Морфофункциональная незрелость'
PR 15A = 'Заб. жел-киш. тракта'	PR 37A = 'Хориоамнионит'	PR 63A = 'Внутриутробное инфицирование'
PR 16A = 'Заб. почек'	PR 38A = 'Кровотечение'	PR 64A = 'Перинатальное поражение ЦНС'
PR 17A = 'Хр. никотин. интоксикация'	PR 39A = 'Уреаплазма'	PR 65A = 'Перевод на второй этап'
PR 18A = 'Узкий таз'	PR 40A = 'Микоплазма'	PR 66A = 'Исход родов'
PR 19A = 'Анемия'	PR 41A = 'Хламидии'	PR 67 = 'Возраст роженицы'
PR 20A = 'Тестоз'	PR 42A = 'Кольпит'	
PR 21A = 'Преэклампсия'	PR 43A = 'Гарднереллез'	
PR 22A = 'Отеки'	PR 44A = 'Трихомоиаз'	
	PR 45A = 'Кондиломы'	
	PR 46A = 'Цитомега-ловирус'	

Для оценки факторов, влияющих на неблагоприятный исход родов и развитие перинатальной патологии у новорожденных, использовали логистический регрессионный анализ. Зависимая переменная исход родов имела 2 градации: 0 – живой; 1 – смерть в перинатальном периоде. Зависимая переменная перинатальная патология: 0 – отсутствие патологии; 1 – наличие патологии. Критерием перинатальной патологии являлось: оценка по шкале Апгар на 1-й и 5-й минуте менее 7 баллов, асфиксия, маловесность (>2500 г), задержка внутриутробного развития, недоношенность, конъюгационная желтуха, синдром дыхательных расстройств, внутриутробные инфекции, перинатальное поражение центральной нервной системы, морфофункциональная недостаточность.

Таблица 2 – Наиболее значимые факторы риска развития неблагоприятного исхода родов и перинатальной патологии у детей юных матерей

Факторы риска	Градации	b	Std. Error	p	ОШ (95 % ДИ)
Неблагоприятный исход родов ($\chi^2=38,5$, $p<0,0001$). Конкордантность 99 %.					
Intercept		-8,34			
Маловодие	0-нет, 1-да	2,39	0,97	0,01	10,9 (1,6-73,6)
Асфиксия	0-нет, 1-да	3,44	1,05	0,001	31,2 (4,0-245,3)
Маловесность	0-нет, 1-да	2,64	0,95	0,005	14,1 (2,2-90,8)
Врождённый порок развития	0-нет, 1-да	3,89	1,26	0,002	49,1 (4,1-584,8)
Хорионамнионит	0-нет, 1-да	3,25	1,15	0,005	26,0 (2,7-250,1)
Перинатальная патология ($\chi^2=104,6$, $p<0,0001$). Конкордантность 84,9 %.					
Intercept		-2,06			
Гестоз	0-нет, 1-да	0,54	0,21	0,01	1,74 (1,1-2,6)
Длительный безводный период	0-нет, 1-да	1,11	0,34	0,001	3,1 (1,6-6,0)
Внутриутробное инфицирование	0-нет, 1-да	1,05	0,45	0,02	11,9 (6,8-20,9)
Маловесность	0-нет, 1-да	2,47	0,29	<0,0001	2,9 (1,2-7,0)

Примечание: Intercept – свободный член; b – регрессионный коэффициент; p – достигнутый уровень значимости; ОШ (95 % ДИ) – отношение шансов с 95 % доверительными интервалами.

Для оценки качества полученных моделей проведен ROC-анализ. В качестве классификатора использовано значение вероятности смерти в перинатальном периоде (градации-1). Площади под ROC-кривыми составили от 0,96 до 0,98, что соответствует хорошему прогностическому качеству моделей (рис. 1).

Согласно полученным результатам, наиболее значимыми предикторами неблагоприятного исхода родов являются наличие маловодия,

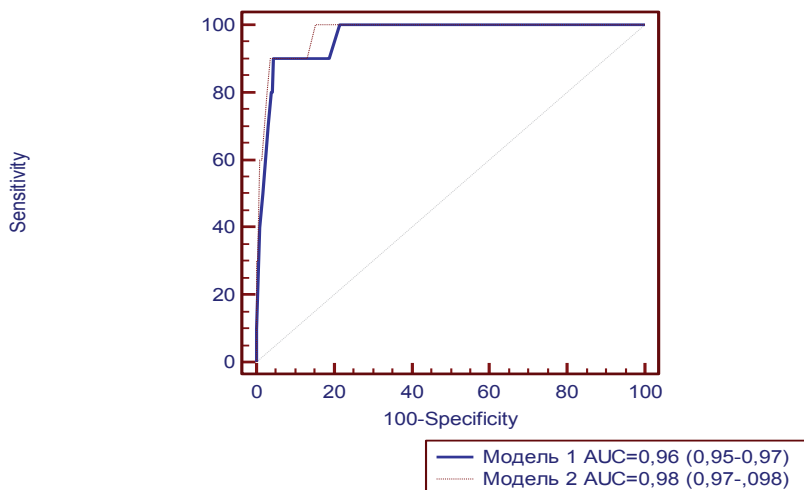


Рисунок 1 – ROC-кривые для моделей логистической регрессии:
AUC – площадь под кривой с 95 % ДИ

хорионаминионита у беременной, маловесность, асфиксия, врожденный порок развития у плода. Наличие гестоза, длительный безводный период, преждевременное излитие околоплодных вод, маловесность являются наиболее значимыми факторами риска в отношении развития перинатальной патологии у детей юных матерей.

* * *

А.В. Коростелева¹, Н.В. Саввина²

¹ГБОУ РС (Я) «Якутский республиканский медицинский информационно-аналитический центр», 677027, г. Якутск, ул. Кулаковского, 30, Россия, aida-20@mail.ru

²ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова», 677000, г. Якутск, Белинского, 58, Россия, nadvsavvina@mail.ru

ОЦЕНКА СВЯЗИ МЕЖДУ СМЕРТНОСТЬЮ ОТ БОЛЕЗНЕЙ СИСТЕМЫ КРОВООБРАЩЕНИЯ И ПОГОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИМИ ФАКТОРАМИ В Г. ЯКУТСКЕ

Изменения климата, приводящее к увеличению частоты дней как с экстремально высокой температурой воздуха, так и с резкими ее перепадами, сопровождающими, например, изменением атмосферного

давления, влажности, магнетического поля и циклонические бури, оказывает значительное влияние на рост заболеваемости и смертности населения. Оценка влияния погодных условий на здоровье населения, осмысление объективных законов природы, а также методические подходы по изучению общих закономерностей воздействия факторов окружающей среды на человека, позволяют разработать мероприятия, направленные на оздоровление населенных мест, условий жизни и деятельности людей, а также медицинские мероприятия, направленные на ограничение влияния неблагоприятных факторов среды обитания на здоровье населения.

Республика Саха (Якутия) полна природных контрастов: благодаря резко континентальному климату амплитуда колебаний температуры воздуха превышает 100 °С – от 40 °С летом/ до -60 °С зимой. На территории республики в Оймяконе, находится полюс холода Северного полушария планеты, где была зафиксирована температура -71,2 °С. Зима в Якутии длится 7 месяцев (с октября по апрель), холодная и малоснежная, а лето короткое, на большей части засушливое с относительно высокими температурами. Зимой малая высота солнца обуславливают короткий день на всей территории Якутии, а за полярным кругом наступают полярные ночи. Летом наступает пора белых ночей: продолжительность светового дня достигает 20 часов на широте Якутска.

В динамике за 2011-2021 гг. показатель общей смертности от болезней системы кровообращения (БСК) нестабилен: так, на протяжении первых 8 лет анализируемого периода показатель уменьшился, достигнув минимального уровня к 2018 году (354,0 на 100 тыс. населения), однако в последующем отмечается рост показателя до 410,5 в 2021 г. Снижение показателя за исследуемый период составило 6,7 %.

По данным обращаемости за скорой медицинской помощью, сезонные колебания метеоусловий, а также температурные волны, могут оказывать влияние на заболеваемость болезнями системы кровообращения. Вклад фактора температуры атмосферного воздуха в развитии обострения БСК выявлен только для артериальной гипертензии (АГ). За 2021 год зарегистрировано больных, с повышенным кровяным давлением на 4 486 человек больше предыдущего периода. На диспансерном учете по поводу БСК в 2021 году состояло 114 437 человек, в том числе около половины с АГ (61950). За последние 10 лет среди взрослого населения республики наблюдается стабильный рост числа заболеваний, характеризующихся повышенным кровяным давлением.

Наряду с этим существенная положительная динамика отмечается и в отношении заболеваемости ишемической болезни сердца (ИБС).

Женщины с АГ являются наиболее метеочувствительной группой, а именно в этой группе регистрируется наибольший прирост обращаемости за медицинской помощью в зимний период. Это позволяет предположить, что холодовое воздействие, является значимым фактором, индуцирующим обострение АГ.

Сравнительный анализ стандартизованных показателей смертности выявил превышение уровня смертности в Якутии от некоторых основных причин по отношению к таковым РФ: от БСК – на 2,9 % у мужчин и на 9,9 % у женщин, от внешних причин – на 28,8 % у мужчин и на 26,6 % у женщин (по данным 2019 г.).

При сравнении фактических и стандартизованных показателей смертности населения Республики Саха (Якутия) за 2020 г. от БСК и отдельных подклассов наблюдается превышение стандартизованных показателей над фактическими: от БСК – на 20,4 %, от ИБС – на 27,5 %, от инфарктов миокарда – на 19,6 %, от цереброваскулярных болезней – на 49 %, от инсультов – на 43,9 %.

Оценка связи среднесуточной температуры со смертностью от всех причин показывает отсутствие значимых связей, т.е. общая смертность по результатам проведенного моделирования не связана со среднесуточной температурой в Якутске.

Использован нами метод – многомерная регрессия Пуассона. Вопреки ожиданиям, увеличение температуры было связано с уменьшением числа инсультов в возрастной группе 45–59 лет.

* * *

С.Н. Мамаева¹, С.Р. Антонов¹, А.А. Охлопков¹, Я.А. Мунхалова¹, Г.В. Максимов²

¹ ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова», г. Якутск, Россия

² ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», г. Москва, Россия

РАСТРОВЫЙ ЭЛЕКТРОННЫЙ МИКРОСКОП В ИЗУЧЕНИИ БИООБРАЗЦОВ: МОДЕЛИРОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ ПУЧКА

Для выявления причин возникновения и разработки новых неинвазивных методов диагностики сложно диагностируемых заболеваний,

определения молекулярно-клеточных механизмов развития патологии использование электронно-оптических систем на основе термополовых катодов (ТПК) является необходимым, в том числе применение сканирующих (растровых) электронных микроскопов (РЭМ) в исследованиях поверхности биообразцов – изучении морфологии эритроцитов в сухих мазках крови. В исследованиях морфологии эритроцитов крови у детей с синдромом гематурии методом РЭМ были обнаружены на поверхности эритроцитов сухих мазков крови нанометровые объекты неизвестной природы, идентификация которых позволила бы внести существенный вклад в определении причин возникновения заболеваний почек, в разработке методики дифференциальной диагностики, например, видов гломерулонефритов у детей [1].

Проблема идентификации этих нанообъектов с помощью РЭМ требует улучшения качества изображения, что в свою очередь приводит к необходимости разработки новых модификаций микроскопов. Для обоснования модификации аппарата необходимо разработать математические модели электронных устройств на основе катодов и систем управления электронным пучком с различными вольт-амперными характеристиками (ВАХ) катода в зависимости от параметров электрического поля и электромагнитных линз с учетом формы и размеров инжекторов, пространственного заряда электронного пучка.

Рассматриваемый в данной работе РЭМ оснащен ТПК, т.е. электронный пучок формируется с поверхности нагретого катода из тугоплавкого металла под воздействием внешнего электростатического поля, обуславливающего явление снижения работы выхода электронов из катода, которое называется эффектом Шоттки. Кроме того, в РЭМ электронные пучки фокусируются магнитным полем для снижения абберрации пучка. Также необходимо учитывать влияние на характеристики диода пространственного заряда пучка. ТПК моделируется эллипсоидом вращения, а анод – эквипотенциальной поверхностью. В модели предполагается, что пучок имеет четкие границы, определяемые траекторией граничного («крайнего») электрона. Итак, задача расчета эмиссионных характеристик вдоль траектории крайнего электрона решается с помощью модели, включающей следующие уравнения: 1) уравнения движения крайнего электрона вне и внутри пучка:

$$m\ddot{\vec{r}}_{\text{вне}} = e\vec{E}^{\text{вне}} + e[\dot{\vec{r}}_{\text{вне}}, \vec{B}], m\ddot{\vec{r}}_{\text{внутри}} = e\vec{E}^{\text{внутри}} + e[\dot{\vec{r}}_{\text{внутри}}, \vec{B}];$$

2) уравнения Максвелла вне и внутри пучка: $\text{rot}\vec{E}^{\text{вне}} = 0$,

$\text{div}\vec{E}^{\text{вне}} = 0$, $\text{rot}\vec{E}^{\text{внутри}} = 0$, $\text{div}\vec{E}^{\text{внутри}} = \frac{\rho}{\varepsilon_0}$, 3) уравнение

непрерывности: $\text{div}\vec{j} = 0$; 4) уравнение Ричардсона-Дэшмана

с учетом эффекта Шоттки: $j_0 = A_0 T^2 \exp\left(-\frac{\phi - \varepsilon\sqrt{\varepsilon E_0}}{kT}\right)$

$j_0 = A_0 T^2 \exp\left(-\frac{\phi - \varepsilon\sqrt{\varepsilon E_0}}{kT}\right)$, 5) условие на границе пучок-вакуум для

крайнего электрона: траектории крайнего электрона вне и внутри пучка должны совпасть.

В итоге некоторых преобразований получена замкнутая система из 18 обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка, которая решается с помощью численного метода Рунге-Кутты 4-го порядка. В результате получаются траектории крайних электронов, определяющие формы и размер пучков. На основе полученных данных из системы уравнений также можно определить ВАХ эмиттера.

Литература

1. Maksimov, G.V., Mamaeva, S.N., Antonov, S.R. et al. Measuring Erythrocyte Morphology by Electron Microscopy to Diagnose Hematuria // Measurement Techniques. – June 2016. – Vol. 59 (3). – P. 327-330.

* * *

Г.А. Менгист¹, Н.В. Саввина¹

¹ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова»,
677000, г. Якутск, Россия, getabebe7@gmail.com

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОТЕРИ ВЕСА У ВЗРОСЛЫХ: СИСТЕМАТИЧЕСКИЙ ОБЗОР

Избыточный вес и ожирение определяются как состояния аномального или чрезмерного накопления жира в жировой ткани до такой степени, что это ухудшает здоровье. Индекс массы тела (ИМТ) является широко используемым и общепринятым параметром для классифика-

ции степени ожирения или упитанности тела. Он определяется как отношение веса человека в килограммах к квадрату роста в метрах (кг/м²) [1]. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), люди, чей ИМТ превышает 25, относятся к категории людей с избыточным весом, а те, чей ИМТ превышает 30, к категории страдающих ожирением [2]. За последние четыре десятилетия распространенность избыточного веса и ожирения во всем мире росла угрожающими темпами. Распространенность избыточного веса и ожирения во всем мире почти утроилась в период с 1975 по 2016 год. Около 71,6 процента взрослых в возрасте 20 лет и старше имеют избыточный вес или страдают ожирением. Избыточный вес и ожирение в настоящее время считаются глобальной пандемией [2, 3]. Избыточный вес и ожирение являются основными факторами риска неинфекционных заболеваний, таких как сердечно-сосудистые заболевания (главным образом болезни сердца и инсульт) [4, 5]; диабет [6]; и некоторые виды рака [7, 8]. Все эти неблагоприятные условия для здоровья приводят к огромным затратам на здравоохранение и приводят к большому количеству преждевременных смертей [6]. Для предотвращения и контроля избыточного веса и ожирения можно использовать математические модели для прогнозирования потери веса в результате изменений в рационе питания и/или расходе энергии [9, 10]. Существуют различные отдельные исследования математических моделей, используемых для прогнозирования потери веса у взрослых. Тем не менее, актуальная и обобщенная информация необходима, чтобы сделать доказательства более доступными для лиц, принимающих решения.. Таким образом, основная цель этого систематического обзора – представить актуальную и обобщенную информацию о математических моделях, используемых для прогнозирования потери веса у взрослых.

Литература

1. Centers for Disease Control and Prevention. Overweight and Obesity//website. <https://www.cdc.gov/obesity/data/adult>.
2. WHO. Obesity and overweight //2018.
3. WHO. Managing the global epidemic.Report of a WHO consultation // World Health Organ Tech Rep Ser. 2000; № 894. C.1-253.
4. H. Gu, Sh. Shao, J. Liu, Zh. Fan, Y. Chen, J. Ni, et.al . Age- and sex-associated impacts of body mass index on stroke type risk: a 27-year prospective cohort study in a low-income population in china // Front. Neurol.2019.

5. K. Cheng, Health oriented lifelong nutrition controls: preventing cardiovascular diseases caused by obesity //SM J. Nutr. Metab.2020).№ 6.C.1–5.

6. The State of Obesity. Better Policies for a Healthier America//2018.https://www.tfah.org/report-details/the-state-of-obesity-2018

7. N. Taghizadeh, H. M. Boezen, J. P. Schouten, C. P. Schröder, E. G. E. de Vries, J. M. Vonk, BMI and lifetime changes in BMI and cancer mortality risk // PLoS ONE. 2015. № 10.

8. K. Bhaskaran, I. Douglas, H. Forbes, I. dos Santos-Silva, D. A. Leon, and L. Smeeth, Bodymass index and risk of 22 specific cancers: a population-based cohort study of 5.24 million UK adults // Lancet. 2014. № 384 .C.755–765.

9. Chow CC, Hall KD. The dynamics of human weight change // PLoS Comp. Biol. 2008. № 4. C.1–11.

10. Thomas DM, Ciesla A, Levine JA, Stevens JG, Martin CK. A mathematical model of weight change with adaptation. 2009; № 6. C. 873–887.

***А.М. Исянова, А.В. Лобанов, М.А. Мартин (Шевченко), О.Д. Мешков,
В.С. Олейникова, С.Н. Черкасов, А.В. Федяева***

*ФГБУН «Институт проблем управления РАН имени В.А. Трапезникова»,
117997, Москва, ул. Профсоюзная, 65, Россия, dmitrymeshkov@mail.ru*

СОВРЕМЕННЫЕ ОСОБЕННОСТИ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОГО ПОДХОДА ПРИ МАТЕМАТИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ В МЕДИЦИНЕ: АНАЛИЗ И ПРОГНОЗ

Моделирование биологических и социальных процессов в условиях научно-технической революции становится важным элементом экспертной поддержки принятия решений при управлении индивидуальным и общественным здоровьем, позволяющим снизить затраты, связанные с применением технологий здравоохранения и повысить результативность принимаемых решений, в результате чего повышается общая эффективность управления здоровьем. При этом управление общественным здоровьем в целом и системы здравоохранения в частности, остаются наиболее консервативной областью человеческой деятельности, а использование математических моделей, несмотря на обилие предлагаемых в научных журналах предложений, остается низким. С одной стороны, такая ситуация объясняется высокой ценой ошибки и необходимостью применять только те технологии (в том

числе информационных), которые гарантированно не нанесут вреда здоровью, не нарушат этические принципы и социальные нормы, с другой стороны, предлагаемые модели должны вписываться в систему управления индивидуальным и общественным здоровьем и отвечать насущным потребностям, интегрируясь в систему принятия управленческих решений, нормативную документацию и регуляторные требования. Кроме того, сложность биологических и социальных систем, по сравнению с любыми техногенными и индустриальными областями, предполагает дополнительные объективные трудности при создании математических моделей, пригодных к практическому применению. Для поиска и анализа данных о текущем состоянии и перспективах развития математического моделирования в медицине использовали метод экологического сканирования. На основании этих данных экспертная группа из 7 специалистов в области математического моделирования и управления здравоохранением, идентифицировали ключевые информационные сообщения, а затем структурировали их в иерархическую схему с использованием процесса Аналитической иерархии (АИР). Проведенный анализ (включая опубликованные модели по COVID-19) показал необходимость формирования междисциплинарных групп (специалисты по математическому моделированию, врачи, организаторы здравоохранения, представители пациентов и др.) для создания математических моделей в медицине, обладающих приемлемой валидностью и соответствующих требованиям управления общественным здоровьем. Последовательность событий при создании модели включает оценку возможности (наличие необходимой информации и данных) и целесообразности (наличие конкурентных разработок, возможность интеграции в систему управления общественным здоровьем) разработки, подготовку аналитического описания объекта моделирования, создание математической модели, ее валидацию и внедрение в практику. Иерархия биологических систем, от молекулярного до популяционного уровня, определяет потребность в создании соответствующих математических моделей – для разработки медицинских технологий, управления здоровьем индивидуального человека до комплексного прогноза медицинских, социальных и экономических результатов управленческих решений на уровне страны. На уровне управления здоровьем индивидуального пациента математические модели, как правило, интегрированы в диагностическое и лечебное оборудование (при этом образуется очень тесная связь

между аналитическими и математическими моделями) и проходят валидацию и внедрение в здравоохранение в составе диагностических или лечебных комплексов. Наибольшая результативность и эффективность математических моделей возможна в рамках Оценки технологий здравоохранения (ОТЗ), обеспечивающих экспертную поддержку управленческих решений по наиболее рациональному распределению ресурсов на уровне страны или региона. Анализ экономического развития стран мира и использования ОТЗ в этих странах показал связь между этими двумя показателями. Страны, имеющие подушевой ВВП менее 14 тысяч USD (по данным Всемирного банка), как правило, не используют ОТЗ и, соответственно не применяют математического моделирования при прогнозе медицинских, социальных и экономических результатов управленческих решений. Эти страны обладают характерными законодательствами, направленными на жесткое регулирование здравоохранением с целью снижения расходов. Наоборот, страны, внедрившие ОТЗ в последние десятилетия, идут по пути дальнейшего развития этой системы (путем расширения функций и диверсификации организаций по проведению ОТЗ) и более гибкого планирования распределения ресурсов, обеспечивающих повышение общественного здоровья, ускорение экономического и социального развития.

* * *

М.Н. Петрова, Н.С. Дьячковский, А.С. Андреева

*ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова»,
677000, г. Якутск, Белинского, 58, Россия, mnpetrova@gmail.com*

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ПЕДАГОГИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОТДЕЛЕНИЯ «ВЫСШЕЕ СЕСТРИНСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ» МИ СВФУ

Актуальность. С помощью методов математического моделирования можно влиять на закономерности педагогического процесса. Увеличивается динамика педагогического процесса; растет общий уровень развития личности и темпы достижения целей педагогического процесса; повышается уровень воспитательной и образовательной работы; создаются условия для повышения эффективности управления учебно-воспитательным процессом; расширяются возможности

стимулирования всех субъектов педагогического процесса; создаются новые возможности для обеспечения условий единства внешней (педагогической) и внутренней (познавательной) деятельности; расширяются границы обусловленности педагогического процесса [1].

Цель 1 этапа: определить уровень развития «мягких навыков» таких, как коммуникативные и организаторские способности (КОС) у будущих бакалавров сестринского дела до проведения исследования по повышению качества КОС посредством участия в проектной деятельности.

Материалы и методы исследования. n=53 (обучающиеся 1-4 курсов бакалавриата отделения «Сестринское дело». Для исследования был использован метод анкетирования, использовали анкету из 40 вопросов, по которым выявили КОС респондентов. Опрос был проведен посредством интернет-анкетирования.

Объект исследования: студенты бакалавриата сестринского дела медицинского института СВФУ.

Предмет исследования: сформированность одного из компонентов Soft Skills как коммуникативные и организаторские способности у будущих бакалавров сестринского дела.

Гипотеза: вследствие овладения навыком проектирования и выступления перед публикой, отстаивая свою позицию и точку зрения, будущие «управленцы» медицинским персоналом приобретут и повысят уровень управленческих компетенций, необходимых для формирования личности лидера такие, как: умение ставить цели, решать задачи, стратегически мыслить и иметь высокие коммуникативные навыки.



Результаты коммуникативных и организаторских способностей в зависимости от года обучения.

1 курс коммуникативные способности = 0,5 II – ниже среднего; организаторские способности = 0,6 II – ниже среднего;

2 курс КС = 0,55 II – ниже среднего; ОС = 0,65 II – ниже среднего;

3 курс КС = 0,65 III – средний; ОС = 0,7 III – средний;

4 курс КС = 0,75 IV – высокий; ОС = 0,7 III – средний.

Общий показатель КС = 2,75; ОС = 2,5 находится между показателями ниже среднего и средний.

«Мягкие навыки» – это личные качества, необходимые для достижения успеха в любой рабочей среде, включая уход за больными. Развивать «мягкие навыки» необходимо с самого начала становления профессионала – со студенчества. Метод проектов – суть развивающего, личностно-ориентированного обучения, формирует у студентов способность самостоятельно мыслить, добывать и применять знания, тщательно обдумывать принимаемые решения, четко планировать свои действия. В настоящее время метод проектов гармонично дополняет традиционную систему обучения.

Литература

1. Тишина Е.М. Алгоритм и формы реализации процесса обучения // Вестник Костромского государственного университета. Серия: Педагогика. Психология. Социокинетика. – 2016. – Т. 22, № 4. – С. 25-27.

* * *

О.А. Семенов¹, С.Н. Мамаева²

¹ ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», г. Москва, Россия, semoleg1986@icloud.com.

² ФГАУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова», г. Якутск, Россия

МАШИННОЕ РАСПОЗНАВАНИЕ ЭРИТРОЦИТОВ В ИЗОБРАЖЕНИЯХ РЭМ

Для автоматизированной обработки массивных данных с малыми временными затратами при обработке изображений, полученных с применением растрового электронного микроскопа JEOL 7800 (РЭМ)

для исследования морфологии эритроцитов крови требовалась разработка методики машинного распознавания форм и размеров эритроцитов, так как на базе кафедры общей и экспериментальной физики Физико-технического института СВФУ имени М.К. Аммосова обработка полученных данных проводилась с помощью компьютерной программы JMicroVision v1. 2. 7 [1]. В качестве инструмента применен высокоуровневый язык программирования Python с использованием библиотек OpenCV, cellpose, pytesseract, numpy, matplotlib и skimage. Проведены морфологические исследования 19 мазков капиллярной крови доноров ГБУ РС (Я) «Станции переливания крови», мазки венозной крови 6 пациентов с раком шейки матки, также 4 мазка пациентов отделения реанимации РБ № 2 в РЭМ-изображениях.

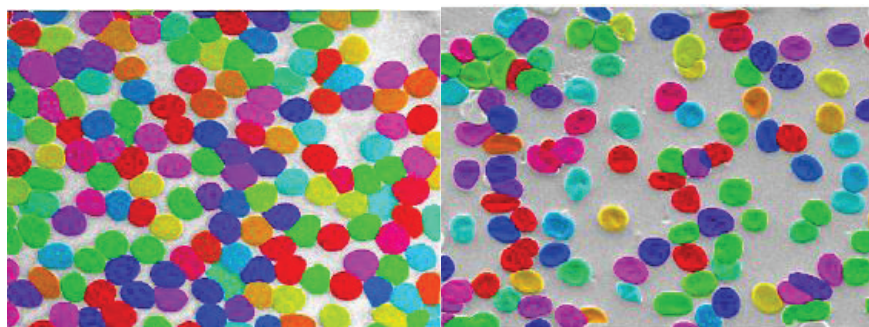


Рисунок 1 – Окрашенные РЭМ-изображения после обработки алгоритмом сегментации

В ходе работы опробованы четыре метода распознавания, из них были успешно реализованы два, и было выяснено, что при использовании стандартных методов распознавания объектов «теряются» некоторые границы эритроцитов, мешающие произвести дальнейшую более детальную обработку форм, а также возникают погрешности при измерении размеров красных кровяных телец. После изучения различных методов восстановления и сегментации изображений выбрана программа Cellpose (рис.1), определены контуры каждого эритроцита с помощью инструментов OpenCV, построены графики изменения длины радиуса-вектора, соединяющего центр тяжести клетки с каждой точкой лежащего на контуре объекта, для поиска центра клетки была применена функция момента изображения. Площадь эритроцитов

вычислена с помощью функции contourArea из библиотеки OpenCv, которая использует формулу

Грина для расчета площади контура (рис.2).

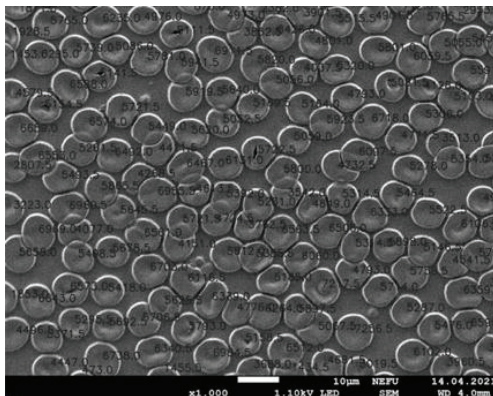


Рисунок 2 – Сегментированные РЭМ-изображения эритроцитов

С помощью программы обработано 102 РЭМ-изображения и выявлены характеристики 29985 штук эритроцитов. Для контрольной группы средний диаметр эритроцитов у мужчин составил 7.309 мкм, у женщин 7.380 мкм, получены двумерные площади поверхности эритроцитов для мужчин и женщин, 41.260 мкм² и 41.150 мкм² соответственно. Определено, что у женщин диапазон размаха площади эритроцитов шире на 28 %, чем у мужчин, а диапазон размаха диаметров на 11,30 %. Разница между медианами диаметров исследуемых составляет меньше 2 %. Проведен сравнительный анализ по возрасту и национальности исследуемых, где замечены различия диаметров и площади эритроцитов. Обнаружены эритроциты дисморфных форм у исследуемых экспериментальной группы.

Автоматизированная программа обрабатывает изображения с увеличением масштаба 500 и 1000, сегментирует исследуемые объекты, вычисляет количество, диаметры, двумерные площади и распознает элементарные формы эритроцитов в изображениях РЭМ. Создана база данных параметров эритроцитов контрольной группы. Средняя скорость обработки одного РЭМ-изображения составляет 1-2 минуты. В дальнейшем необходимо решить задачи модификации программы, как распознавание эритроцитов в «монетных столбиках», создание

интерактивного интерфейса для стандартного пользователя без навыков программирования, а также обнаружение мелких объектов на поверхности эритроцитов.

Литература

1. Mamaeva S. N. et al. Study of the Morphology of Erythrocytes in Patients with Cervical Cancer: A Technique for Machine Recognition of the Shapes and Sizes of Erythrocytes SEM Images //Conference on Health and Wellbeing in Modern Society (CHW 2021). – Atlantis Press, 2022. – С. 138-142.

* * *

М.С. Теренина¹, Р.Н. Хазипов¹, А.В. Захаров^{1,2}

¹ ФГАОУ ВО «Казанский федеральный университет»,

420008, г. Казань, Кремлевская, 18, Россия, MSTerenina@stud.kpfu.ru

²ФГБОУ ВО «Казанский государственный медицинский университет»,

420012, г. Казань, Бутлерова, 49, Россия

ВОЗМОЖНОСТИ ЭКСТРАКЛЕТОЧНОГО МОДУЛЯ СИСТЕМЫ NEURON ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭПИПИАЛЬНОЙ АППЛИКАЦИИ ИНДУКТОРОВ РАСПРОСТРАНЯЮЩЕЙСЯ ДЕПРЕССИИ

В данной работе проведено исследование возможностей экстраклеточного модуля системы NEURON, предоставляемых для моделирования распространяющейся деполяризации (РД). Указанная программа предназначена для моделирования процессов, протекающих во внеклеточном окружении сети нейронов, моделируемых системой NEURON [Newton et. al 2018]. В нашем случае интерес представляет РД, индуцируемая эпилептической аппликацией различных веществ (калий-хлор, эндотелин-1). Данный способ индукции РД широко распространён, а его эффекты хорошо изучены экспериментально [Nasretdinov et al. 2017, Vinokurova et al. 2022]. Однако, многие аспекты генерации и распространения РД при таком способе индукции объяснены лишь частично. Так, например, не до конца понятны эффекты диффузии инъецируемых веществ и накапливающихся во внеклеточном пространстве ионов.

Для воспроизведения эффекта эпилептической аппликации калий-хлора были использованы следующие параметры и настройки модели:

размер пространства 1500x1000x1000 мкм с граничными условиями Неймана, буферизация-высвобождение калия астроцитами отключены. Также отключены натрий-калиевый насос и токи утечки калия и натрия. Эпипиальную аппликацию имитировали путём задания начальной концентрации калия в виде болюса на одной из границ пространства. Плотность нейронов составляла 30000 на мм³.

Отличительной особенностью рассматриваемого программного инструмента является его интерфейс, позволяющий минимальным набором команд задавать множество различных условий модели. Такой тип организации интерфейса имеет, однако заметные недостатки, которые, в частности, не позволили в полной мере воспроизвести условия эпипиальной аппликации вещества. Во-первых, необходимо использовать комбинированные граничные условия: Неймана в верхне-нижнем направлении (поверхность коры и граница серого и белого вещества) и условия Дирихле в латеральных направлениях. Внешний интерфейс описываемого программного модуля не позволяет прямо задать подобные граничные условия. Кроме того, эпипиальная аппликация часто предполагает суперфузию исследуемого вещества, которая в модели должна задаваться постоянной концентрацией в точке контакта. Данная конфигурация может быть задана в модели лишь путём задания граничного условия на целой грани моделируемого пространства, что также ограничивает возможности воспроизведения экспериментальных данных.

Несмотря на указанные недостатки программы, она позволила провести сравнение динамики деполяризации нейронов при поверхностном расположении калия с результатами *in vivo* регистрации внеклеточного потенциала в коре мозга крысы при эпипиальной аппликации калий-хлора. Общая динамика характерного параметра – количества деполяризованных нейронов – соответствует экспериментальным наблюдениям. Однако, обнаружены существенные расхождения некоторых параметров РД. Наиболее заметно отличие для скорости распространения РД, которая в модели кратно выше, чем это показывают экспериментальные данные.

Таким образом, предложенная система моделирования является удобным инструментом, однако задание всех необходимых условий для моделирования эпипиальной аппликации индукторов РД требует оперирования параметрами системы NEURON на более низком уровне, в обход предлагаемого интерфейса.

Литература

1. Newton A.J.H, McDougal R.A., Hines M.L., Lytton W.W. Using NEURON for reaction-diffusion modeling of extracellular dynamics // Front. neuroinformatics. – 2018. – № 12. – P 41.
2. Nasretdinov A., Lotfullina N., Vinokurova D. et al. Direct current coupled recordings of cortical spreading depression using silicone probes // Front. cell. neurosci. – 2017. – № 11. – P 408.
3. Vinokurova D, Zakharov A., Chernova K., et al. Depth-profile of impairments in endothelin-1-induced focal cortical ischemia // J. cerebral blood flow metab. 2022 In press.

* * *

Раздел III | РАДИАЦИОННЫЕ И НАНОТЕХНОЛОГИИ В БИОЛОГИИ И МЕДИЦИНЕ

А.С. Андреев¹, Р.З. Алексеев², С.О. Семенов¹, Е.С. Лукин¹, М.В. Федоров¹

¹ФГБУН «Федеральный исследовательский центр «Якутский научный центр
Сибирского отделения Российской академии наук»,

677007, г. Якутск, Петровского, 2, Россия, asandreev92@mail.ru

²ФГБНУ «Якутский научный центр комплексных медицинских проблем»,
677019, г. Якутск, Сергеляхское шоссе, 4, Россия

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ВОЛНЫ НА ТЕМПЕРАТУРНОЕ ПОЛЕ ЗАМЕРЗШИХ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

На сегодняшний день можно считать установленным, что тепловая схема тела человека состоит из «ядра» включающего в свой состав головной мозг, внутренние органы грудной и брюшной полостей, и «оболочки» состоящий из кожи, подкожной основы и поверхностных мышц [1, 2]. Целью нашей разработки является, спроектировать прибор для медленного бесконтактного размораживания конечностей получивших холодовую травму, предварительно теплоизолированных от внешней положительной температуры. Проведены измерения температуры мышечной ткани свиньи получившей обморожение в экспериментальных условиях. С последующим бесконтактным разогревом волнами СВЧ диапазона низкой мощности, предварительно помещенного в теплоизоляционный материал из синтепона. Так как теплоизоляционный материал радиопрозрачен для СВЧ диапазона, нагревающий эффект будет действовать непосредственно на исследуемый образец. Представлены графики изменения температуры на различных участках образца с течением времени.

Литература

1. Алексеев Р.З., Алексеев Ю.Р., Семенова С.В. / Возможно ли прижизненное оледенение тканей при отморожениях // Международный журнал экспериментального образования. – 2015. – № 5-1. – С. 18-20.
2. Stepanov A.V., Ivanov V.A., Malyshev A.V., Stepanov A.A. and Soldatov S.N. / «Efficiency of Heat-Insulating Materials Based on Artificial and Natural Components,»

* * *

П.В. Винокуров

ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова»,
677000, г. Якутск, Белинского, 58, Россия, pv.vinokurov@s-vfu.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ФОТОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ СТРУКТУР НА ОСНОВЕ ДИСУЛЬФИДА МОЛИБДЕНА И ГРАФЕНА

Постепенное уменьшение размеров кремниевой электроники для разработки быстродействующих и маломощных устройств приблизило их к технологическому пределу, когда кремний уже не может использоваться для создания транзисторных структур. В 2004 году была опубликована статья Константина Новоселова «Эффект электрического поля в атомарно тонких углеродных пленках» [1], где авторы исследовали полевой транзистор на основе одного слоя углерода – графена, обладающий уникальными свойствами баллистического транспорта на субмикронных расстояниях даже при комнатной температуре. Открытие графена продемонстрировало, что использование двумерных материалов может решить проблему постоянной миниатюризации приборных структур. Но дальнейшие исследования графена показали, что в графене сложно получить запрещенную зону, которая необходима для полупроводниковой электроники. Поэтому поиск и исследование двумерных материалов, обладающих полупроводниковыми свойствами, является актуальной задачей нанoeлектроники.

В данной работе синтез двухмерного MoS₂ производился методом химического осаждения из газовой фазы в высокотемпературной печи фирмы Nabertherm 80/750/RS с использованием потока аргона [2].

Для исследования электрических свойств на выращенные пленки графена и MoS₂ были нанесены контакты из серебрясодержащей полимерной пасты ПСП-2. Измерения вольт-амперных характеристик проводились на автоматической системе электрофизических измерений ASEC-03 (Россия) при напряжениях до 10 вольт. На рисунке 1 представлен схематический вид структуры с нанесенными контактами. Для исследования фоточувствительности был использован закрытый бокс

с окошком, через которое можно было освещать образцы галогенной лампой с мощностью 35 ватт.

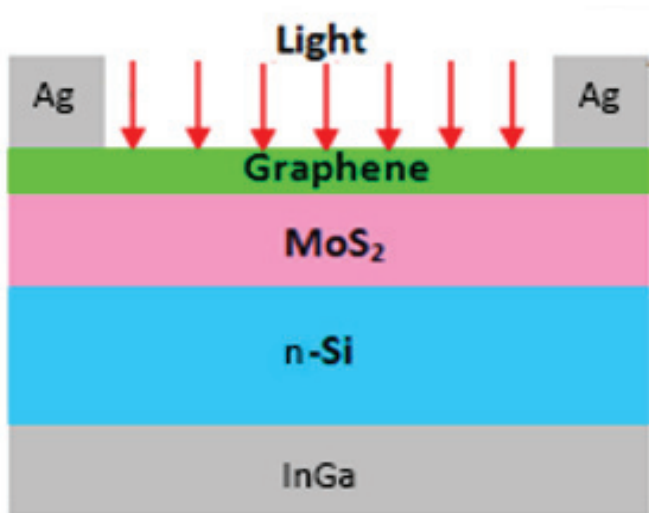


Рисунок 1 – Схематическое изображение структуры на основе MoS₂ и графена

В ходе выполнения работы также были исследованы структурные свойства полученных пленок. Толщины и морфология пленок были исследованы атомно-силовым микроскопом Solver Next (NT-MDT, Россия) в полуконтактном режиме. На многофункциональной автоматизированной системе NTEGRA (NT-MDT, Россия) были сняты спектры комбинационного рассеяния света.

Исследование выполнено при поддержке гос. задания МОН № FSRG-2020-0017

Литература

1. Novoselov K. S. et al. Electric field effect in atomically thin carbon films // Science. – 2004. – Т. 306. – № 5696. – С. 666-669.
2. Смагулова С.А. и др. Исследование свойств двумерных пленок MoS₂ и WS₂, синтезированных химическим газофазным методом // Физика и техника полупроводников. – 2020. – Т. 54. – № 4. – С. 376.

* * *

М.Н. Егорова¹, А.Е. Томская^{2,3}, С.А. Смагулова¹

¹ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова»,
677000, г. Якутск, Белинского, 58, Россия, mn.egorova@s-vfu.ru

²ФГБУН ФИЦ «Институт общей физики РАН им. А.М. Прохорова»,
119991, г. Москва, Вавилова, 33, Россия

³ФГАОУ ВО «Московский физико-технический институт»,
141701, Московская область, г. Долгопрудный, Россия

СИНТЕЗ УГЛЕРОДНЫХ ТОЧЕК И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В БИМЕДИЦИНСКИХ ПРИЛОЖЕНИЯХ

Углеродные точки (УТ) – новый класс флуоресцентных материалов, которые вызвали огромный интерес благодаря своим уникальным оптическим свойствам и простоте получения. УТ представляют собой сферические наночастицы с размерами менее 20 нм, состоящие из графитового ядра и кислород- и азотсодержащих групп на его поверхности. По сравнению с традиционными полупроводниковыми квантовыми точками, углеродные точки обладают более низкой токсичностью, высокой биосовместимостью, хорошей химической инертностью и растворимостью. [2] Эти качества позволяют использовать их в биологии и медицине для биовизуализации, а также в качестве эффективных носителей лекарственных средств (Рисунок 1) [3]. Кроме того, их фото- и электро-каталитические характеристики позволяют применять их в области энергосбережения и охраны окружающей среды. [4, 5]

Методы функционализации поверхности углеродных квантовых точек позволяют управлять длиной волны и квантовым выходом люминесценции. С другой стороны, функционализация углеродных точек определяет эффективность и селективность их взаимодействия с биологическими объектами, делая их привлекательным материалом для биовизуализации.

В настоящее время начинают широко проводиться работы по применению УТ для биовизуализации живых клеток *in vivo* и *in vitro*, а также для использования их как потенциальных терапевтических агентов в случае различных заболеваний, в том числе злокачественных опухолей. Поэтому в настоящее время на первый план начинают выходить задачи контроля биологической безопасности используемых УТ [6]. Для применения УТ в медицине актуальным является их синтез из природных прекурсоров, которые улучшат биосовместимость УТ с биологическими объектами.

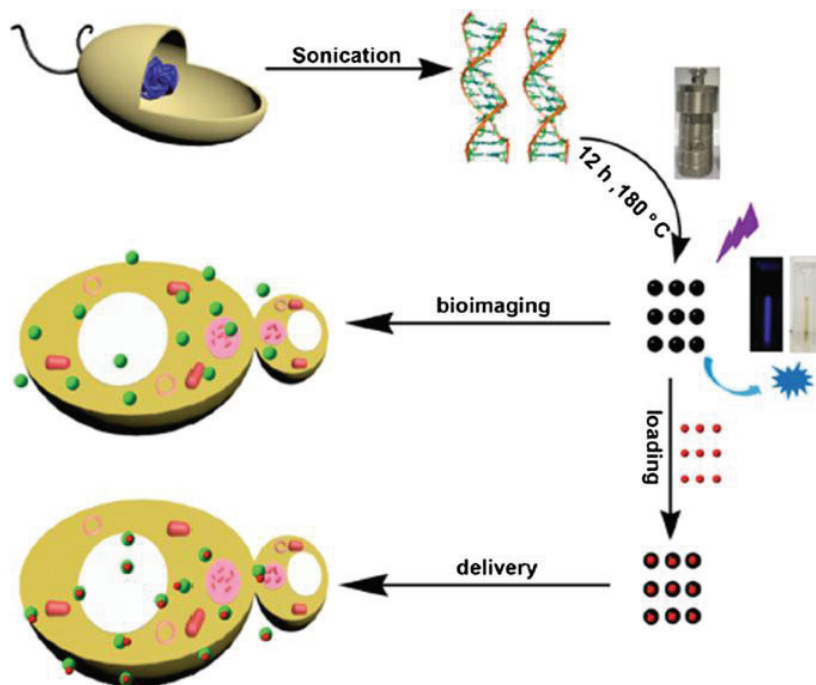


Рисунок 1 – Схема гидротермального синтеза углеродных точек из очищенного ДНК и их использование для биовизуализации (с использованием их флуоресценции) или для таргетной доставки в клетки (после вложения молекулярного груза на углеродную точку) [7]

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-32-90071 и Государственного задания FSRG-2020-0017.

Литература

1. Mérian J, et al. Fluorescent nanoprobe dedicated to in vivo imaging: from preclinical validations to clinical translation // *Molecules*. – 2012. – Т. 17. – № . 5. – С. 5564-5591.
2. Dong Y, et al. // *Angewandte Chemie International Edition*. – 2013. – Т. 52. – № 30. – P. 7800-7804.
3. Dimos K. // *Current Organic Chemistry*. – 2016. – Т. 20. – № . 6. – P. 682-695.
4. Tang L, et al. // *ACS nano*. – 2012. – Т. 6. – № . 6. – P. 5102-5110.

5. Wang X. et al. //Journal of Materials Chemistry. – 2011. – Т. 21. – № . 8. – P. 2445-2450.

6. Havrdova M. et al. Toxicity of carbon dots–Effect of surface functionalization on the cell viability, reactive oxygen species generation and cell cycle // Carbon. – 2016. – Т. 99. – С. 238-248.

7. Ding H. et al. DNA-carbon dots function as fluorescent vehicles for drug delivery // ACS applied materials & interfaces. – 2015. – Т. 7. – № . 12. – P. 6889-6897.

* * *

А.В. Иванов^{1,2}, В.Д. Румянцева^{3,4}, И.П. Шилов³

¹ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н. Н. Блохина» Минздрава России,
115478, г. Москва, Каширское шоссе, 24, Россия

²ФГБУ «Научно-практический центр лазерной медицины им. О.К. Скобелкина ФМБА России», 121165, г. Москва, Студенческая ул., 40, Россия

³ФГБУН «Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН», Фрязинский филиал, 141190, г. Фрязино, пл. акад. Введенского, 1, Россия

⁴ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет», 119454, Москва, пр. Вернадского, 86, Россия

НАНОКОМПОЗИТЫ С ИТТЕРБИЕВЫМИ КОМПЛЕКСАМИ ПОРФИРИНОВ ДЛЯ ТЕРАНОСТИКИ ОПУХОЛЕЙ

Объединение диагностических и терапевтических функций в одной наноструктуре является базовым принципом нового направления биомедицинской фотоники – тераностики. Наноконпозиты для диагностики и терапии рака, которые состоят из наноносителей и инкапсулированных в них наночастиц для лечения опухолей, а также наночастиц для диагностики имеют очень большие перспективы в онкологии.

Для различных биомедицинских применений, включая люминесцентную диагностику новообразований, предлагаются малотоксичные фотосенсибилизаторы на основе иттербиевых комплексов порфиринов (ИКП). Введение иона иттербия в центр порфириновой матрицы приводит к резкому снижению фотохимической активности, сохраняя при этом свойственную большинству порфиринов тропность к злокачественным опухолям. Представлены основы новых методов люминесцентной диагностики и тераностики рака на базе наноразмерных ИКП: а) люминесцентная диагностика опухолей в ближнем инфракрасном

(БИК) диапазоне в сочетании с плазмонно-резонансной фототермотерапией [1]; б) люминесцентная диагностика опухолей в БИК диапазоне в сочетании с локальной ферромагнитной гипертермией [2,3]; в) люминесцентная диагностика опухолей в БИК диапазоне в сочетании с фотодинамической терапией в полосе поглощения порфирина [4].

Литература

1. Хлебцов Б.Н., Панфилова Е.В., Ханадеев В.А. и др. Композитные многофункциональные наночастицы на основе золото-серебряных наноклеток, покрытых двуокисью кремния и гематопорфирином иттербия // Российские нанотехнологии. – 2011. – Т. 6, № 7/8. – С. 64-69.

2. Ivanov A.V., Shilov I.P., Nikiforov V.N. e.a. Nanocomposites for luminescent tumour diagnostics and theranostics // Int. J. Nanotechnol. – 2018. – Vol. 15, Nos. 4/5. – P. 311–323.

3. Ивановская Н.П., Шилов И.П., Щамхалов К.С. и др. Наночастицы на основе лексан-полимерной матрицы и иттербиевого комплекса порфирина: синтез, спектральнолюминесцентные свойства и перспективы использования для диагностики новообразований // Макрогетероциклы. – 2015. – Т. 8, № 1. – С. 50-55.

4. Шилов И.П., Горшкова А.С., Иванов А.В и др. Тераностика кожных новообразований на основе люминесцентной диагностики в сочетании с фотодинамической терапией в полосе поглощения порфирина // Квантовая электроника. – 2022. – Т. 52, № 1. – С. 56-62.

* * *

Г.В. Максимов, Э.И. Никельшпарг, Э.С. Алахвердиев¹,

О.В. Слатинская, Н.А. Браже

*ФГБОУ ВО «Московский государственный университет
имени М.В. Ломоносова», г. Москва, Россия*

*¹ФГБУ «Российский национальный медицинский исследовательский центр
кардиологии», г. Москва, Россия*

НОВЫЕ НАНОТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЙ КОНФОРМАЦИИ ГЕМОГЛОБИНА ПРИ ПАТОЛОГИИ

Известно, что сердечно-сосудистые заболевания (ССЗ) широко распространены и сопровождаются серьезными осложнениями функционирования организма человека. Очевидно, что исследование изменений при ССЗ, на молекулярном уровне позволит лучше понимать

клеточные механизмы патологии и способствует разработке новых, эффективных подходов для диагностики и терапии [1-3]. Легочная и артериальная гипертензия, являются заболеваниями, которые сопровождаются не только гипоксией органов, но и, как следствие, повреждением, ткани легких, сердечной недостаточностью и инсультом. [4-6]. Нами доказано, что спектроскопия комбинационного рассеяния (КР) и ее модификация – поверхностно-усиленное КР (SERS) с серебром, могут эффективно использоваться для выявления различий в свойствах эритроцитов человека и животных при патологии. Установлено, что легочная гипертензия у человека приводит к существенным изменениям гемоглобина, а спонтанная гипертензия у крыс – к увеличению содержания холестерина в плазматической мембране эритроцитов и к изменению конформации мембраносвязанного гемоглобина.

В докладе обсуждается возможность использования КР и наносенсоров для обнаружения изменений конформации гемоглобина в плазме и примембранной области эритроцитов, а также формирования методологии диагностики состояния системы кровообращения при ССЗ [7].

Литература

1. Ganau, L.; Prisco, L.; Ligarotti, G.K.I.; Ambu, R.; Ganau, M. Understanding the Pathological Basis of Neurological Diseases 303
2. Through Diagnostic Platforms Based on Innovations in Biomedical Engineering: New Concepts and Theranostics Perspectives. 304
3. Medicines. – 2018, 5, 22. 305
4. Beverung, S.; Wu, J.; Steward, R., Jr. Lab-on-a-Chip for Cardiovascular Physiology and Pathology. Micromachines. – 2020, 11, 898. 306
5. Valpapuram, I.; Candeloro, P.; Coluccio, M.L.; Parrotta, E.I.; Giugni, A.; Das, G.; Cuda, G.; Di Fabrizio, E.; Perozziello, – G. 307
6. Waveguiding and SERS Simplified Raman Spectroscopy on Biological Samples. Biosensors. – 2019, 9, 37. 308
7. Nikelshparg E.I., Baizhumanov A.A., Bochkova Z.V., Novikov S.M., Yakubovsky D.I., Arsenin A. V., Volkov V.S., Goodilin E.A., Semenova A.A., Sosnovtseva O., Maksimov G.V., Brazhe N.A. Detection of Hypertension-Induced Changes in Erythrocytes by SERS Nanosensors Biosensors, MDPI (Basel, Switzerland). – 2022, – 12. – № 1.

* * *

Б.Я. Наркевич^{1,2}, А.С. Крылов¹, Д.А. Рыжков¹

*¹Национальный медицинский исследовательский центр онкологии
им. Н.Н. Блохина Минздрава РФ, г. Москва, Россия*

² Ассоциация медицинских физиков России, г. Москва, Россия

ЯДЕРНАЯ МЕДИЦИНА В ПЕДИАТРИИ

На основе литературных данных и собственного опыта проанализировано современное состояние и перспективы развития ядерной медицины в педиатрии. Кратко рассмотрены основные направления радионуклидной диагностики и радионуклидной терапии у детей. Отмечается количественное преобладание радионуклидных диагностических исследований в педиатрической урологии по сравнению с исследованиями в онкологии. Методы радионуклидной терапии у детей применяются гораздо реже и используются для лечения гипертиреоза, дифференцированного рака щитовидной железы и нейроэндокринных опухолей.

Из всех актуальных проблем наибольшее значение имеет точное определение индивидуальной оптимальной активности вводимого ребенку конкретного радиофармпрепарата с учетом массы его тела и протокола исследования на конкретном аппарате. В первом приближении эта задача решается путем определения референсных диагностических уровней активности. При этом констатирована невозможность получения исчерпывающего решения этой проблемы индивидуализации на основе действующей в настоящее время отечественной нормативной документации, хотя уже предложены согласованные международными профильными организациями методики уточненного расчета указанной активности для наиболее часто используемых в педиатрии диагностических радиофармпрепаратов. В радионуклидной терапии детей оптимальная активность определяется на основе принципов и технологий тераностики.

Показана тенденция возрастания лучевой нагрузки на детских пациентах вследствие повсеместного внедрения в клиническую практику гибридных установок для радионуклидных исследований, при использовании которых доза внутреннего облучения от радиофармпрепаратов дополняется более высокой дозой внешнего облучения от рентгеновской КТ. Проанализированы методы определения органных и эффективных доз диагностического облучения детей. Отмечается,

что погрешности определения указанных доз облучения на основе как отечественной нормативной документации, так и международных рекомендаций достигают нескольких десятков процентов, что существенно хуже точности дозиметрического планирования лучевой терапии с закрытыми радионуклидными и генерирующими источниками излучения.

При формировании перечня клинических показаний к проведению ядерно-медицинских процедур у детей подчеркнута необходимость учета риска возникновения радиационно-индуцированного канцерогенеза, вероятность которого у детей существенно выше по сравнению с взрослыми, особенно при радионуклидной терапии. Обсуждается возможность и целесообразность оценки указанного риска на основе использования концепции эффективного радиационного риска вместо общепринятой в настоящее время концепции эффективной дозы. Здесь также необходима разработка соответствующих методических рекомендаций, в том числе и на международном уровне.

Обсуждаются технологические и психологические особенности ядерно-медицинских процедур у детей. Отмечается более высокая сложность их проведения по сравнению с взрослыми пациентами, представлены практические рекомендации, в которых учитывается специфичность ядерной медицины в педиатрии.

* * *

Е.П. Неустроев, Н.А. Андреев, В.М. Павлова

*ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова»,
677000, г. Якутск, Белинского, 58, Россия*

ОЦЕНКА КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ НАНОЧАСТИЦ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ СКАНИРУЮЩЕЙ ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ

При исследовании влияния наночастиц на различные процессы важно знать количественные параметры (размеры, количество, плотность) наночастиц в материале. Для определения этих параметров часто используются изображения, полученные с помощью сканирующего электронного микроскопа (СЭМ). В то же время, СЭМ изображения

содержат шумы и размытости, которые затрудняют процесс обработки. В данной работе привлечен метод вейвлет обработки для очистки и фильтрации изображений для повышения эффективности определения количественных параметров нанообъектов.

Для получения изображений нанообъектов использован сканирующий электронный микроскоп JEOL 7800F с рентгеновским энергодисперсионным анализатором. Полученные изображения были преобразованы с применением вейвлетов Хаара и Добеши. В результате фильтрации были подавлены низкочастотные составляющие при сохранении высокочастотных составляющих вейвлет-спектров. Таким образом удалось значительно повысить контрастность изображений, полученных методом СЭМ. Наилучшие результаты достигнуты при использовании вейвлетов Добеши. Обработанные изображения были использованы для определения распределения наночастиц серебра по размерам с помощью программы ImageJ. Использование данного метода позволяет значительно облегчить и ускорить процесс обработки изображений.

* * *

С.А. Рыжов^{1,2}, А.В. Водоватов³, Л.А. Чипига³

¹ГБУЗ «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий ДЗМ»,

127051, г. Москва, ул.Петровка, д.24, стр.1, Россия, mosrg@mail.ru

²ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр детской гематологии, онкологии и иммунологии имени Дмитрия Рогачёва» Минздрава России,

117997, г.Москва, ул. Саморы Машела, д. 1, Россия

³ФБУН «Научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П. В. Рамзаева», 197101, г. Санкт-Петербург, ул. Мира, 8, Россия

РАДИАЦИОННЫЕ АВАРИИ И ОШИБКИ В ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МЕДИЦИНСКОГО ПЕРСОНАЛА

Вопросы радиационных аварий в медицине ранее уже обсуждались [1], в предыдущих работах наибольшее внимание уделялось терминологическим неточностям [2], а также рассмотрению отдельных ситуаций переоблучения [3]. Вместе с тем в последние годы в международной практике все чаще встречаются радиационные аварии в радиологии.

Однако данные о радиационных авариях в Российской Федерации ограничены, в основном из-за отсутствия надлежащей классификации различных радиационных и нерадиационных чрезвычайных ситуаций, имеющих существенные последствия для медицинских учреждений, сообщающих о радиационной аварии [4]. Таким образом необходимо еще раз более детально рассмотреть вероятность возникновения радиационных аварий в медицинской практике с целью разработки модернизированных подходов к классификации радиационных аварий в лучевой диагностике.

Данное исследование было направлено на внедрение и адаптацию современных международных подходов к радиационным авариям и инцидентам в российскую практику. В соответствии с действующими в России нормами определение радиационной аварии не может быть применимо к медицинскому облучению, так как невозможно установить пределы дозы для пациентов [2]. Однако анализ опубликованных данных свидетельствует о том, что в последние годы количество радиационных аварий в медицине значительно возросло [4]. Радиационные аварии в медицине составляют более 80 % всех радиационных аварий. По данным ФБУН НИИРГ им. П.В. Рамзаева, в 2012-2019 гг. выявлено всего 34 радиационные аварии в медицине. Эти данные явно занижены и не учитывают всего многообразия чрезвычайных ситуаций в медицине. Вероятно, это связано с высокой вероятностью наказания и отсутствием классификации радиационных аварий по степени воздействия на персонал/население/пациентов. Таким образом, целью настоящего исследования была разработка согласованного подхода к выявлению и учету различных видов радиационных аварий в медицине.

В документах МАГАТЭ (SSG-46) введено понятие непреднамеренного или аварийного медицинского облучения. К таким ситуациям должны быть отнесены любые терапевтические процедуры, проводимые либо не тому пациенту, либо не для той области (ткани), либо не тем радиофармацевтическим препаратом, либо с разовой дозой или суммарной дозой, существенно отличающейся от значений, предписанных врачом, или которые могут приводить к необоснованным побочным эффектам, а также любые отказы оборудования, аварии, ошибки, неудачи или другие необычные явления с возможностью воздействия на пациента, значительно отличающегося от предполагаемой диагностической и терапевтической процедуры, при осуществлении которых облучению подвергается не тот пациент или не тот орган, а также про-

цедуры, существенно превышающие назначенное облучение. При этом основной акцент делается не на информирование регулирующих органов, а на разработку системы внутреннего контроля качества в медицинской организации, направленной на профилактику возникновения аварийных ситуаций. Данные подходы в отечественных нормативно-методических документах не реализованы.

Внедрение предложенного подхода должно сопровождаться определением численных значений и разработкой классификации аварийного медицинского облучения и радиационных аварий. В этой связи следует учитывать, что современные высокотехнологичные методы диагностики, такие как КТ и интревенционные исследования могут быть ассоциированы с высокими индивидуальными дозами облучения пациентов (>100 мЗв за одно КТ-исследование и >500 мЗв за весь период лечения). Указанные уровни воздействия могут стать триггерными уровнями оповещения о необходимости принятия дополнительных мер по ограничению радиационного воздействия. На основании данного подхода была сформулирована следующая классификация аварийных ситуаций в медицине: проведение исследований при беременности, проведение исследования не тому пациенту, не той анатомической области, проведение большей анатомической области, чем предполагалось (случайно), значительное переоблучение пациентов (преднамеренное/непреднамеренное), проведение исследования по некорректным протоколом, проведение обследования без направления, в том числе по желанию пациента, выполнение одного и того же исследования несколько раз, повторное исследование из-за ошибок во время передачи изображения, выполнение исследования без контраста, невозможность продолжения обследования из-за неисправности аппарата, развитие острых аллергических реакций (анафилаксии) после приема контрастного вещества, необходимость оказать неотложную доврачебную помощь больному при обследовании, экстравазальное введение контрастного вещества или РФП.

Выводы. Необходимо обеспечить внедрение новых механизмов в регуляторную практику, разработать рекомендаций по идентификации и предотвращению случаев аварийных ситуаций в медицине. Предложенный подход позволит своевременно идентифицировать аварийные ситуации, разрабатывать меры по их предотвращению/профилактике и аварийному реагированию без чрезмерного давления со стороны надзорных органов.

Литература

1. Рыжов С.А., Водоватов А.В., Чипига Л.А. Совершенствование подходов к регистрации и учету радиационных аварийных ситуаций в лучевой диагностике // Медицинская физика. – 2021. – № 1 (89). – С. 39-42.
2. Рыжов С.А. Радиационные аварии и ошибки в медицине. Термины и определения // Медицинская физика. – 2019. – № 1 (81). – С. 73-90.
3. Лысак Ю.В., Наркевич Б.Я., Рыжов С.А. Экстравазальное введение терапевтических радиофармпрепаратов // Медицинская физика. – 2019. – № 4 (84). – С. 46-51.
4. Vodovatov A. V., Ryzhov S. A., Chipiga L. A., Biblin A. M. and Druzhinina P. S. Perspective approaches to classification of radiation accidents in radiology on the example of computed tomography», AIP Conference Proceedings 2356, 020028 (2021) <https://doi.org/10.1063/5.0053135>

* * *

Н.М. Санина

ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет»,
690922, г. Владивосток, о. Русский, п. Аякс, 10, Россия, sanina.nm@dvfu.ru

РЕГУЛЯЦИЯ АДЪЮВАНТНОГО ЭФФЕКТА ТУБУЛЯРНЫХ ИММУНОСТИМУЛИРУЮЩИХ КОМПЛЕКСОВ

Новые адъювантные носители антигенов, названные тубулярными иммуностимулирующими комплексами (ТИ-комплексами), были сконструированы для создания на их основе эффективных и безопасных субъединичных вакцин. Наночастицы ТИ-комплексов самоорганизуются из смеси холестерина с биологически активными веществами, выделенными из морских гидробионтов: тритерпенового гликозида кукумариозида A_2-2 из голотурии *Cucumaria japonica* и гликоглицеролипида моногалактозилдиацилглицерина (МГДГ) из морских макрофитов (макроводорослей и трав). Кукумариозид A_2-2 является мощным адъювантом, а также выполняет структурную роль, важную для формирования вирусоподобных тубулярных наночастиц диаметром примерно 40 нм. В свою очередь, МГДГ образует липидный матрикс для инкорпорирования белкового антигена в ТИ-комплекс. МГДГ из морских макрофитов обогащен полиненасыщенными жирными кислотами (ПНЖК), влияющими на врожденный и адаптивный иммунитет. Причем состав жирных кислот сильно зависит от таксономического

положения морских макрофитов, что может существенно влиять на физическое состояние гликолипидного микроокружения инкорпорированного антигена, а, следовательно, на его конформацию и функции, в частности иммуногенность. Поэтому было изучено влияние физико-химических свойств МГДГ, выделенных из разных видов морских макрофитов, на конформацию и иммуногенность различных модельных белковых антигенов с целью повышения эффективности вакцинных препаратов на основе ТИ-комплексов. Были использованы МГДГ, выделенные из *Ahnfeltia tobuchiensis* (Rhodophyta), *Laminaria japonica*, *Sargassum pallidum* (Phaeophyta), *Ulva fenestrata* (Chlorophyta) и *Zostera marina* (Embriophyta). Наименьшей микровязкостью обладали МГДГ из *A. tobuchiensis* и *L. japonica*, а наибольшей – МГДГ из *Z. marina*. МГДГ из *U. fenestrata* и *S. pallidum* показали умеренную микровязкость, несмотря на разный состав жирных кислот. Однако ТИ-комплексы на основе именно этих МГДГ продемонстрировали наибольший адъювантный эффект по отношению к OmpF-порину из энтеропатогена *Yersinia pseudotuberculosis*, включенному в ТИ-комплекс, что коррелировало с мягкой стабилизацией конформации белка [1]. Рекомбинантный нерасщепленный гемагглютинин вируса гриппа А (A/California/04/2009 (H1N1) (HA0), включенный в ТИ-комплексы, индуцировал в два раза большую продукцию анти-HA0-антител и цитокина GM-CS, который является частью клеточно-опосредованного иммунного ответа, по сравнению с индивидуальным HA0. Однако, уровень анти-HA0-антител в отличие от GM-CS не зависел от гликолипидного компонента ТИ-комплексов на фоне изменяющейся конформации HA0. Вероятно, это связано с различной локализацией и конформационной чувствительностью к липидному окружению областей HA0, ответственных за разные типы иммунного ответа, что было подтверждено результатами исследования рекомбинантной субъединицы HA1 гемагглютинина [2]. Наконец, исследование химерного белка, состоящего из III домена E белка вируса клещевого энцефалита и OmpF порина *Y. pseudotuberculosis* [3], показало, что этот химерный белок подобно HA1 проявляет максимальную иммуногенность в окружении МГДГ из *S. pallidum*. Полученный результат позволил остановить свой выбор на этом липиде, имеющем среднюю по сравнению с другими липидными образцами микровязкость и, вероятно, поэтому способствующем оптимальному представлению эпитопов исследованных антигенов, инкорпорированных в эту перспективную систему адъювантного носителя антигенов.

Источники финансирования: гранты РФФ № 15-15-00035 (П) и № 22-25-00442.

Литература

1. Sanina N.M., Kostetsky E.Y., Shnyrov V.L. et al. The influence of monogalactosyldiacylglycerols from different marine macrophytes on immunogenicity and conformation of protein antigen of tubular immunostimulating complex // *Biochimie.* – 2012. – V. 94. – P. 1048–1056.
2. Sanina N., Davydova L., Chopenko N. *et al.* Modulation of immunogenicity and conformation of HA1 subunit of influenza A virus H1/N1 hemagglutinin in tubular immunostimulating complexes // *Int. J. Mol. Sci.* – 2017. – V. 18. – E1895.
3. Sanina N., Chopenko N., Mazeika A. *et al.* Immunogenicity and protective activity of a chimeric protein based on the domain III of the tick-borne encephalitis virus E protein and the OmpF porin of *Yersinia pseudotuberculosis* incorporated into the TI-complex // *Int. J. Mol. Sci.* – 2018. – V. 19. – E2988.

* * *

А.В. Халиуллина¹, А.В. Филиппов²

¹ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»,
420008, г. Казань, ул. Кремлевская, 18, Россия, Aliya.Khaliullina@kpfu.ru

²ФГБОУ ВО «Казанский государственный медицинский университет»,
420012, г. Казань, ул. Бутлерова, 49, Россия

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМ ДОСТАВКИ ЛЕКАРСТВЕННЫХ СРЕДСТВ МЕТОДАМИ ЯМР

Липосомы, модифицированные полимерными молекулами, являются одним из видов систем доставки водонерстворимых лекарственных веществ. В качестве модификатора могут быть использованы сополимеры этиленоксида и пропиленоксида – полоксамеры (Плюроники®), которые способны обеспечить стабильность липосом в системном кровотоке. Полагают, что лучше прочих предотвращают фагоцитоз полимеры, содержащие не менее 40 остатков полипропиленоксида и 70 остатков полиэтиленоксида, например полоксамер-407 (плюроник F-127), одобренный для использования в качестве вспомогательной компоненты в пероральных и офтальмологических растворах, пародонтальных гелях и местных эмульсиях [1, 2]. В качестве модели водонерстворимого лекарственного вещества в работе использовался куркумин, обладающий противовоспалительными и противоопухолевыми свойствами [3].

В работе методом ЯМР было проведено исследование особенностей фазового поведения и молекулярной подвижности фосфолипидных систем с плюронином F-127 [4] и различной концентрацией куркумина 5, 10 и 15 моль % в области физиологических температур от 298 до 318 К. Регистрация ¹H спектров ЯМР проводилась на частоте 400 МГц на спектрометре ЯМР фирмы «Bruker». Кроме того, проведен анализ морфологии исследуемых систем методами оптической микроскопии и конфокальной лазерной сканирующей микроскопии.

Анализ спектров ^{31}P ЯМР указывает на наличие в фосфолипидной системе с плюронином и куркумином двух фаз во всем исследуемом температурном диапазоне: ламеллярной жидкокристаллической фазы (область формирования липосом) и фазы, в которой происходит изотропное движение. Наличие изотропной фазы объяснена образованием мицелл из липидов, плюроника F-127 и куркумина.

Данные ЯМР диффузометрии и релаксометрии на ядрах ^1H подтвердили предположение о наличии в фосфолипидной системе с плюронином и куркумином «свободных» мицелл (размером ~ 10 нм) и липосом (размером ~ 70 нм), нагруженных куркумином, что согласуется с данными оптической и конфокальной флуоресцентной микроскопии. Кроме того, выяснено, что оптимальная концентрация куркумина при загрузке куркумина в липосомы из липидов, модифицированных плюронином, должна быть не выше 10 моль %.

Литература

1. Dumortier G., Grossiord J.L., Agnely F., Chaumeil J.C. A Review of Poloxamer 407 Pharmaceutical and Pharmacological Characteristics // *Pharmaceutical Research*. – 2006. – Vol. 23, № 12. – P. 2709–2728.
2. Gao W, Hu CM, Fang RH, Zhang L. Liposome-like nanostructures for drug delivery // *Journal of Materials Chemistry B*. – 2013. – Vol. 1. – P. 6569-6581.
3. Abhishek S., Naresh K., Pranab G., Utpal B. Encapsulation of Curcumin in Pluronic Block Copolymer Micelles for Drug Delivery Applications // *Biomaterials Applications*. – 2011. – № 25. – P. 619-639.
4. Shaikhullina M., Khaliullina A., Gimatdinov R., Butakov A., Chernov V., Filippov A. NMR relaxation and self-diffusion in aqueous micellar gels of pluronic F-127 // *Journal of Molecular Liquids*. – 2020. – P. 112898.

* * *

Н.В. Машенцева², И.М. Лебеденко¹, О.А. Кравец¹

¹ФГБУ «НМИЦ онкологии им. Н.Н. Блохина» Минздрава России,
115478, г. Москва, Каширское шоссе, 23, Россия, iamlebedenko@mail.ru

²Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»,
115409, г. Москва, Каширское ш., 31, Россия

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАДИОБИОЛОГИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЛУЧЕВЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ У БОЛЬНЫХ РАКОМ ШЕЙКИ МАТКИ

Цель: оценить вероятность лучевых повреждений при проведении лучевой терапии у больных РШМ путем применения радиобиологических моделей.

Материалы и методы. Проанализированы лечебные планы прошедших курс сочетанной ЛТ 94 пациентов РШМ. Рассчитаны значения дозовых нагрузок на мочевой пузырь, прямую и сигмовидную кишки для различных объемов в соответствии с рекомендациями рабочей группы по гинекологии GEC-ESTRO. Дистанционная лучевая терапия осуществлялась с использованием технологий 3DCRT – 81 человек (86,2 % общего количества), IMRT – 5 человек (5,3 %), RapidArc – 8 человек (8,5 %) на ускорителе электронов модели Clinac 2300 CD (Varian). Внутриполостная ЛТ проходила по двум различным режимам фракционирования дозы: расщепленному («Сплит») (два этапа по две фракции с предписанной дозой 7 Гр – всего 4 фракции за 9 дней) – 50 человек (53,2 %) и курсу из 4 фракций по 7,5 Гр (одна фракция в неделю) – 44 человек (46,8 %). Внутриполостная ЛТ проводилась на аппарате «Микроселектрон» – HDR («Nucletron», Нидерланды) с источником ¹⁹²Ir. Определение вероятности проявления того или иного эффекта основывается на расчете накопленной частоты проявления эффекта в зависимости от величины дозы облучения. Для расчета функции убыли использован метод аппроксимации полученных экспериментальных кривых с применением метода наименьших квадратов.

Результаты. Представлены зависимости накопленной частоты проявления поздних лучевых повреждений цистита, ректита и энтероколита для обоих режимов облучения для мочевого пузыря, прямой и сигмовидной кишки в зависимости от дозы облучения и объемов соответствующего органа. Построены зависимости «доза-эффект» проявления цистита, ректита и энтероколита для обоих режимов облучения

в объемах: 0,1 см³, 1 см³, 2 см³, 5 см³, 10 см³. Оценены пороговые значения возникновения лучевых повреждений для двух режимов облучения для мочевого пузыря, прямой и сигмовидной кишки.

Выводы. Пороговые значения возникновения лучевых повреждений для двух режимов облучения для мочевого пузыря, прямой кишки совпали в пределах ± 5 Гр. Применение расщепленного режима «сплит» в среднем снижает дозовые нагрузки на критические органы. При этом, существенного снижения вероятности возникновения поздних лучевых осложнений при использовании данного режима не выявлено. Применяемые методики лечения для двух указанных групп пациентов равнозначны с точки зрения вероятности возникновения поздних лучевых повреждений и имеют право на клиническое использование.

* * *

Г.Г. Левин, А.А. Самойленко, А.Д. Иванов

ФГУП ВО «Всероссийский научно-исследовательский институт
оптико-физических измерений»,
119361, г. Москва, ул. Озерная, 46, Россия, levin@vniiofi.ru

ОПТИЧЕСКИЙ АБСОРБЦИОННЫЙ МИКРОТОМОГРАФ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВНУТРЕННЕЙ СТРУКТУРЫ В ЖИВЫХ КЛЕТКАХ

В настоящее время актуальной научно-исследовательской и биомедицинской задачей является создание новых методов лабораторной диагностики, позволяющих исследовать локальные динамические процессы в живой клетке. Живая клетка – прозрачный объект, который описывается трехмерным распределением показателя преломления и оптической плотности.

Локализация изменений внутри клетки и разделение влияния изменений оптических свойств клетки от изменения её геометрии в нашей работе достигается за счёт применения методов томографии. Томография, в том числе локальная, может быть реализована как на основе простых проекций, так и на основе сдвиговых интерферограмм, каковые представляют собой дифференциальные проекции 1-го порядка, и на основе дифференциальных проекций 2-го порядка [1].

Для получения сдвигового интерференционного изображения клетки, объект освещается плоским параллельным пучком моно-

хроматического света с низкой пространственной когерентностью. Световое излучение, прошедшее через объект, собирается отображающим микрообъективом и, пройдя так называемый фурье-объектив, направляется в интерферометр Майкельсона, состоящий из светоделительного кубика и двух плоских зеркал. Для восстановления фазовых изображений используется метод фазовых шагов. Для получения обычного изображения на просвет достаточно всего лишь перекрыть одно из плеч интерферометра Майкельсона, что даёт канал информации о структурах объекта, поглощающих свет (абсорбционных).

В нашей работе с помощью микротомографа в абсорбционном режиме были получены изображения внутренней структуры отдельных клеток микроводоросли *N. lacustris*.

Литература

1. Vishnyakov, G.N., Levin, G.G., Minaev, V.L. et al. Investigation of the Method of Local Optical Tomography by Differential Projections. *Opt. Spectrosc.* – 125, 1065–1073 (2018). DOI:10.1134/S0030400X18120226.

* * *

***Н.А. Николаева¹, В.В. Розанов^{1,2}, А.П. Черняев^{1,2},
И.В. Матвейчук², М.П. Макарова¹***

¹ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова»,
677000, г. Якутск, Белинского, 58, Россия, larsoon696@mail.ru

²ФГБОУ ВО «Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова»,
119234, г. Москва, Ленинские горы, 1, Россия

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ СОСТОЯНИЯ ПОВЕРХНОСТИ КОСТНЫХ ИМПЛАНТАТОВ ПРИ КОМБИНИРОВАННОЙ МЕТОДИКЕ СТЕРИЛИЗАЦИИ

Исследования по созданию новых, безопасных и эффективных подходов для стерилизации биоимплантатов актуальны из-за высокой распространенности заболеваний и роста травматических повреждений костно-суставного аппарата. В настоящее время для обеспечения возросших потребностей лечебных учреждений в тканевых трансплантатах во многих странах созданы специализированные тканевые банки, занимающиеся заготовкой и стерилизацией тканей. Максимальное

снижение дозы облучения и устранение побочных эффектов радиации, а также обеспечение абсолютной стерильности трансплантата является важной междисциплинарной задачей.

Материалом для исследования служили образцы нативной костной ткани быка. Образцы в процессе предварительной подготовки перенесли обезжиривание и высушивание. На первом этапе осуществлялась обработка костного имплантата озono-воздушной смесью. Экспериментальные образцы 1-7 подвергались обработке с концентрацией озона 6-8 мг/л и продолжительностью (5-35) минут с последующей герметичной упаковкой. На втором этапе, после хранения в герметичной упаковке образцы подвергались радиационной стерилизации посредством облучения рентгеновского излучения и потоком быстрых электронов с дозой облучения 11, 15, 23 и 27 кГр. Радиационное облучение образцов проводилось в Томском политехническом университете на рентгеновском аппарате, а также в Институте ядерной физики МГУ имени М.В.Ломоносова на линейном ускорителе электронов с энергией 1 МэВ и мощностью пучка до 25 кВт.

Морфология поверхности костных материалов исследована методом растровой электронной микроскопии (РЭМ). РЭМ (JSM-7800F «Japanese Electron Optics Laboratory», Япония) обладает ключевым преимуществом очень высокого пространственного разрешения в сочетании с большой глубиной резкости и широким полем зрения. Образцы разделили на группы – без озоновой обработки и с озоновой обработкой, различной по времени (5, 10, 15, 20, 25, 30 и 35 минут).

Результаты. В исследовании был изучен механизм влияния озоновой стерилизации, рентгеновского и гамма-излучения на свойства бычьей кости с использованием спектроскопического анализа РЭМ и ИК-Фурье спектроскопии. На первой стадии обработка озono-воздушной смесью с концентрацией (6-8) мг/л значительно снижает численность патогенов как на поверхности образца, так и на внутренней поверхности упаковки, что приводит в свою очередь к уменьшению резистентности их оставшейся популяции к радиационному воздействию. В результате второй стадии, микробиологическое исследование стерильности контрольных и экспериментальных образцов, показало, что радиационной обработки пониженной дозой облучения (10-15) кГр достаточно для обеспечения стерильности образца и упаковки, что гарантирует обеспечение надежного длительного хранения. Таким образом, была подтверждена эффективность способа комбинированной

стерилизации для практического использования в медицине при обработке костных имплантатов. В таком виде имплантат является пригодным для использования в пластических операциях и может храниться при температуре (18-20)°С до 5 лет.

РЭМ-анализ показал, что высокое гамма-излучение вызывает пористость и деминерализацию в бычьей кости дозозависимым образом. Элементный анализ показал, что количество костных минералов уменьшается с увеличением дозы гамма-облучения. Механически снижение содержания минералов в кости отрицательно влияет на механические свойства кости. На наноуровне содержание коллагена амид-I, амид-II и амид-III изменяется с увеличением дозы гамма-излучения. Гамма-излучение производит свободные радикалы; эти свободные радикалы вызывают реакцию сшивания коллагена в кости. Сшивание коллагена влияет на свойства и качество кости.

По полученным результатам заметно, что после обработкой озоном имеется тенденция к снижению весового процентного содержания таких минералов как P, Ca. Также вследствие окисления исчезают пики элементов Cu, Zn. Это наталкивает на вывод о том, что озон окисляет костные образцы, все еще не деминерализируя их при концентрациях озono-воздушной смеси 8-8,5 мг/л и по максимуму времени обработки в 10 минут. Концентрация O при этом возрастает, что свидетельствует о сильном взаимодействии с кислородом в составе кости, а также соединений коллагена. Наиболее оптимальным и щадящим методом для костной ткани с эффективной дозой облучения трансплантатов в комбинированной методике стерилизации выделен метод с использованием озона с концентрацией 6-8 мг/л в целях сохранения биопластических свойств материала при хранении.

Выводы. В связи с неудовлетворением спроса на рынке аллотрансплантатов и с недостаточностью количества банка костных тканей предлагается расширить их с помощью ксенотрансплантатов. Для улучшения качества ксенотрансплантатов и минимального отторжения их организмом реципиентов встает вопрос о методах стерилизации при сохранении необходимых свойств костей. Полученные в данном исследовании результаты свидетельствуют о перспективности использования технологий комбинированной стерилизации костных имплантатов. Была значительно снижена доза, так как в условиях только радиационной обработки требуется значительно более высокая дозы – не менее (20-30) кГр.

В предлагаемой технологии с применением на первом этапе озонного воздействия не установлены изменения морфо-механических характеристик костных образцов. При этом обеспечивается возможность снижения дозовой нагрузки при радиационном воздействии на втором этапе процесса комбинированной стерилизации до значений 11–12 кГр, что также не вызывает существенных структурно-функциональных изменений при обеспечении необходимого уровня стерильности костных имплантатов. Это открывает перспективы, нацеленные на сохранение свойств биопластичности костных трансплантатов и максимальной эффективности стерилизации.

Источники финансирования исследования: лаборатория «Радиационные технологии» ФТИ СВФУ, государственное задание № FSRG-2021-0014.

Литература

1. Rozanov V.V., Matveychuk I.V., Chernyaev A.P. et al., Bull. Russ. Acad. Sci. Phys. – 85. – 5. – 2021/
2. Rahman N., Khan R., Hussain T., Ahmed N. Cell. Tissue Bank. – 21. – 2020.
3. Chernyaev A.P., Rozanov V.V., Beklemishev M.K., et al. // Bull. Russ. Acad. Sci. Phys. – 84. – 11. – 2020.
4. Litvinov Y.Y., Matveychuk I.V., Rozanov V.V., Krasnov V.V. Russ. J. Biomech. – 25. – 2. – 2021.

* * *

А.Ф. Петрова¹, Е.Н. Лыкова², Е.П. Морозова^{1,2}, А.П. Черняев², Н.В. Громова¹

¹Московский международный онкологический центр,

129090, г. Москва, Дурова, д. 26, стр. 4, Россия, petrova.af19@physics.msu.ru

²ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», 119991, г. Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 2, Россия

ИССЛЕДОВАНИЕ УТЕЧКИ ДОЗ ИЗ МНОГОЛЕПЕСТКОВОГО КОЛЛИМАТОРА НА ЛИНЕЙНЫХ УСКОРИТЕЛЯХ VARIAN HALCYON И VARIAN TRUEBEAM STX

Исследование утечки дозы является актуальной темой за счет того, что число пациентов, у которых проявились поздние лучевые реакции увеличивается с каждым годом [1].

Линейный ускоритель Varian Halcyon V1.0 (Varian Medical Systems, Пало-Альто, Калифорния, США) [2] без коллимационных шторок, недавно введен в эксплуатацию, и на данный момент набирает популярность в онкологических клиниках. Система Halcyon MLC отличается уникальной ступенчатой двухслойной конструкцией, состоящей из дистального и проксимального слоя лепестков. Первичный и вторичный коллиматоры зафиксированы, отсутствует сглаживающий фильтр [3-4].

Аналогичные исследования проводились на ускорителе Varian TrueBeam STx, который сочетает в себе возможности проведения лучевой терапии и выполнения радиохирургических операций с миллиметровой точностью. Ускоритель TrueBeam STx оснащен многолепестковым коллиматором высокого разрешения (HD120 MLC), который имеет два блока по 60 вольфрамовых лепестков [5].

Целью данной работы является экспериментальное измерение утечки дозы из многолепесткового коллиматора Varian Halcyon и HD120 MLC. Для достижения этой цели, на линейном ускорителе Varian Halcyon и Varian TrueBeam STx с энергией граничных фотонов 6 МэВ, были проведены следующие эксперименты:

1. Исследование влияния размера поля на утечку дозы. Были созданы IMRT планы облучения фантома полями разного размера в системе планирования Eclipse. Дозовый профиль измеряли матричным детектором IC Profiler SunNuclear и ионизационной камерой SNC125c. Использовался водозквивалентный фантом Solid Water GAMMEX и водный фантом 3D Scanner SunNuclear.

2. Измерение утечки дозы при маленьком размере поля. В этом эксперименте был создан план облучения водного фантома 3D Scanner SunNuclear. Многолепестковый коллиматор позиционировался таким образом, чтобы создать прямоугольную форму пучка размером $1 \times 2 \text{ см}^2$. Использовалась ионизационная камера типа SNC125c.

Эксперимент показал, что несмотря на то, что во всех опытах подавалась одинаковая доза в 200 мониторных единиц, утечка дозы в коллиматоре становится больше при увеличении размера поля. Для коллиматора Varian Halcyon на расстоянии 16 см от центральной оси наблюдаются дозы 0.003, 0.012, 0.029, 0.052, 0.092, 0.128 Гр для полей размерами 5×5 , 10×10 , 15×15 , 20×20 , 25×25 и $28 \times 28 \text{ см}^2$ соответственно. Для коллиматора HD120 MLC на расстоянии 16 см от центральной оси наблюдаются дозы 0.014, 0.33, 0.62, 0.96 % от максимальной дозы для полей размерами 10×10 , 16×16 , 20×20 и $24 \times 24 \text{ см}^2$, соответственно.

Результаты текущего исследования важны для понимания того, как влияет размер поля на утечку дозы.

Литература

1. Takam R, Bezak E, Marcu LG, Yeoh E. Out-of-field neutron and leakage photon exposures and the associated risk of second cancers in high-energy photon radiotherapy: current status. Radiat Res. – 2011. – 176. – 508–520.

2. Varian Medical Systems. Halcyon Brochure. 2017 URL: https://www.varian.com/sites/default/files/resource_attachments/Halcyon_brochure_RAD10443B_092417.pdf. (Дата обращения: 08.06.2020).

3. Lim TY, Dragojević I, Hoffman D, Flores-Martinez E, Kim GY. Characterization of the Halcyon TM multi-leaf collimator system. J Appl Clin Med Phys. – 2019. – 20. – 106-114;

4. NCRP, NCRP Report 170. Second Primary Cancers and Cardiovascular Disease After Radiation Therapy. Bethesda, Md: National Council on Radiation Protection and Measurements. – 2011;

5. Varian TrueBeam STx Specifications: https://www.equiphos.com/wp-content/uploads/2015/06/TrueBeam_STx_Specifications_10093D_0112.pdf.

* * *

В.А. Платонова¹, С.Н. Мамаева¹, Р.З. Алексеев²

¹ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова»,
677000, г. Якутск, Белинского, 58, Россия, vicafedorova@mail.ru

²ФГБНУ «Якутский научный центр комплексных медицинских проблем»,
г. Якутск, ул. Кулаковского, 6, Россия

ИЗУЧЕНИЕ МОРФОЛОГИИ ЭРИТРОЦИТОВ МЕТОДОМ РЭМ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Изучение состояния эритроцитов при критических состояниях позволяет выявить как реагируют клетки, ответственные в первую очередь за газообмен в организме, на сильные изменения обмена веществ, происходящие при критических состояниях, и как при этом изменяются их функциональные, структурные и биохимические свойства. Поэтому восстановление или сохранение популяции функциональных эритроцитов может решить не только проблемы, связанные с газооб-

меном, но и восстановить метаболизм, нарушенный при критических состояниях.

Целью данной работы является исследование особенностей изменения поверхности эритроцитов крови добровольцев, которые окунались в крещенскую купель, также добровольцев, которые занимаются экстремальным видом плавания – моржеванием под воздействием сверхнизких температур. Исследования состояния эритроцитов в экстремальных условиях позволит выявить реакции клеток при отрицательных температурах, и изменения их функциональных свойств.

В данной работе исследуются сухие мазки капиллярной крови, забор образцов крови осуществлялся до и после окунания в прорубь.

Морфология эритроцитов мазков крови исследуется с помощью растрового электронного микроскопа JOEL JSM-7800F (РЭМ) с разрешением 1.2 нм при 1 кВ для рабочего отрезка примерно 10-20 мм с применением компьютерной программы JMicroVision v1.2.7 для проведения оценки характера и размеров поверхностных нарушений эритроцитов.

В работе были исследованы эритроциты крови у добровольцев, которые окунались в крещенскую купель, также добровольцев которые занимаются моржеванием. В результате воздействия сверхнизкой температуры были выявлены существенные отличия эритроцитов до и после окунания у обеих групп.

На основе полученных данных предполагается, что эритроциты крови добровольцев, которые окунались впервые в большинстве случаев наблюдается улучшение качества эритроцитов, но есть и единичные случаи ухудшения, скорее всего это зависит от сопутствующих заболеваний и возраста исследуемого. У добровольцев «моржей» качество эритроцитов после окунания улучшается, но наблюдается увеличение вязкости крови.

Исследование такого рода могут способствовать формированию новых представлений о кратковременном влиянии низких температур на организм человека для выявления положительных или отрицательных эффектов воздействия холода, которые могут дать дополнительную информацию в комплексных исследованиях, связанных с холодowymi травмами и адаптацией организма в экстремальных условиях.

* * *

В.Н. Кононов, Г.А. Игнатьева, С.Н. Мамаева

ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова»,
677000, г. Якутск, Белинского, 58, Россия, vladlenkononov@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ РАДОНА МЕТОДОМ ЖИДКОСТНО-СЦИНТИЛЛЯЦИОННОЙ СПЕКТРОМЕТРИИ

В настоящее время сохраняется большое число больных онкологическими заболеваниями, в том числе раком легких, в регионах, в которых наблюдается повышенный уровень концентрации радона в окружающей среде, который вносит основной вклад в формирование суммарной эффективной дозы облучения населения [1]. По данным 2019 года в Республике Саха (Якутия) выявлено 2719 новых случаев злокачественных новообразований. Ведущими нозологиями в общей структуре онкологической заболеваемости являются злокачественные новообразования: легкого – 14,7 %, молочной железы – 10,1 %, желудка – 6,8 %, кожи (кроме меланомы) – 6,6 % [2]. В связи с этим существует необходимость выявления зависимости уровня заболеваемости раком легких у населения от концентрации радона в биосистемах окружающей среды. Т.е. является актуальной в том числе задача определения степени содержания радона в водоемах.

Определение концентрации радиоактивного элемента производится путем измерения объемной активности в водной среде методами осаждения его дочерних продуктов распада или методом барботажа жидкости, имеющих ряд своих недостатков, обусловленные тем, что они измеряют радон не на прямую, а косвенно. Измерение объемной активности радона и вычисление его эквивалентной равновесной объемной активности (ЭРОА) с модельными взвешивающими коэффициентами является сложной задачей, решаемой при использовании твердотельных эталонов радия-226, и ионизационных камер, полупроводниковых гамма-спектрометров с детекторами из особо чистого германия, и других приборов [4]. Таким образом, разработка прямого метода измерения объемной активности в водной среде является актуальной задачей.

Целью данной работы является разработка методики определения концентрации радона в водной среде путем расчета соотношения мгновенной и ЭРОА радона в водной настойке измельченной урановой руды с применением жидкостной сцинтилляционной альфа- и бета-спектрометрии.

Образцом для исследования является проба горной породы, взятой с уранового месторождения в Алданском районе Республики Саха (Якутия). Эксперимент был проведен на основе схемы процесса распада ^{226}Ra , разработанной в НИИ ядерной физики имени Д.В. Скобельцына МГУ имени М.В. Ломоносова [5]. Для измерения радона и его дочерних продуктов распада использовался низкофоновый жидкостной сцинтилляционный спектрометр SL-300 фирмы Hidex (Финляндия), который позволяет измерять содержание трития в воде до 1 Бк/л (1 распад в секунду в литре жидкости). В ходе эксперимента были получены значения активности дочерних ПРР, соответствующих эквивалентной равновесной объемной активности радона (в Бк/л, поскольку измеряется активность в жидкости), путем определения спектров α - и β -частиц, образующихся при распадах самого радона и его дочерних элементов, таких как ^{218}Po , ^{214}Pb , ^{214}Bi , ^{214}Po , ^{210}Pb , с применением закона радиоактивного распада ^{226}Rn .

Разработанная методика определения концентрации радона в водной среде позволит проводить более точный анализ водных проб из водоемов районов с месторождением урана и определить зависимость уровня заболеваемости раком легких от концентрации радона в окружающей среде. Таким образом, представляемое стартовое исследование может быть применено в формировании фундаментальных представлений о роли радиации в возникновении и развитии раковых заболеваний.

Литература

1. Зуевич Ф.И. Радиационно-гигиенические проблемы влияния радона на состояние здоровья населения / Ф.И. Зуевич, М.Н. Тихонов, Л.В. Довгуша и др. – Санкт-Петербург : Полиграф-Ателье, 2011. – 244 с.
2. Каприн А.Д., Старинский В.В., Петрова Г.В. Злокачественные новообразования в России в 2019 году (заболеваемость и смертность). – Москва : МНИОИ им. П.А. Герцена – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, 2020. – 252 с.
3. Бекман И.Н. Радон: враг, врач и помощник: курс лекций. – Москва : МГУ, 2005. – 23 с. [Электронный ресурс]. – режим доступа: <http://profbeckman.narod.ru/rad.files/Rad2SS.pdf>.
4. Мостафа М.Ю., Жуковский М.В., Васянович М.Е. Прототип первичного эталона объемной активности радона // АНРИ. – 2017. – № . 3. – С. 2-15.
5. Сайт Московского государственного университета. [Электронный ресурс]. – режим доступа: <http://nuclphys.sinp.msu.ru/ecology/public/radium.htm>.

С.А. Рыжов^{1,2,3}, Б.Я. Наркевич³, А.Н. Мусеев³

¹ГБУЗ «Научно-практический клинический центр
диагностики и телемедицинских технологий ДЗМ»,

127051, г. Москва, ул. Петровка, д.24, стр.1, Россия, mosrg@mail.ru

²ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр
детской гематологии, онкологии и иммунологии имени Дмитрия Рогачёва»
Минздрава России,

117997, г. Москва, ул. Саморы Машела, д. 1, Россия

³ОСОО «Ассоциация медицинских физиков России» (АМФР),

115478, г. Москва, Каширское ш., д.23, Россия

РОЛЬ МЕДИЦИНСКОГО ФИЗИКА В МЕДИЦИНСКОМ УЧРЕЖДЕНИИ

За последние 30 лет профессия медицинского физика прочно вошла в перечень медицинских специальностей в большинстве стран мира, что связано не только с ростом применения ионизирующего излучения, но и с усложнением технологий, используемых не только в радиотерапии, но и в рентгенологии и радиологии. Специалисты в медицинской физике должны иметь очень высокую квалификацию. С другой стороны, такое широкое распространение методов требуют четкого понимания как роли медицинского физика, так и необходимого количества в медицинских организациях. В настоящее время в мире по разным данным насчитывается от 24 до 29 тыс. медицинских физиков, более трети из которых работает в США, еще треть в Европе, таким образом две трети медицинских физиков живут и работают на территории, на которой проживает не более 15 % населения Земли. По мнению проф. Валерия Александровича Костылева, отставание нашей страны от западных стран составляет 30-40 лет, что никак не изменилось за последние годы. Наша задача состоит не столько в том, чтобы создать необходимую инфраструктуру и приобрести оборудование, сколько в подготовке высококвалифицированных специалистов в области медицинской физики.

Основываясь на рекомендациях МАГАТЭ и на проекте профессионального стандарта «Медицинский физик», были сформулированы обязанности медицинского физика как в радиотерапии, так и в радиологии и рентгенологии – области медицины, в которой медицинские физики, безусловно, должны быть задействованы. Абсолютная потребность в медицинских физиках наиболее велика будет именно в рентге-

нологии. Для решения поставленных проблем профессиональному обществу необходимо ответить на ряд первоочередных вопросов: что должен знать медицинский физик? чем он будет заниматься в лечебно-профилактическом учреждении? кто, как долго и чему должен его обучать? Все эти вопросы не однократно обсуждались на протяжении многих лет, что связано не только с дискуссионностью самих вопросов, но и с развитием технологий, а также изменением представлений о роли медицинского физика в лечебном и диагностическом процессе. В России данному вопросу посвящен цикл статей Ассоциации медицинских физиков России. Однако за последние несколько лет в нашей стране произошли существенные изменения: утверждена государственная программа развития здравоохранения, принят курс на развитие онкологической службы, открываются частные центры лучевой (в том числе протонной) терапии, планируется закупка большого количества диагностического оборудования, серьезное развитие должна получить ядерная медицина, однако успехи этих программ не возможны без развития медицинской физики.

Важной особенностью профессии является ее местонахождение на стыке нескольких дисциплин, что определяет необходимость правильного определения функциональных обязанностей медицинских физиков, разграничив их с врачами, инженерами, радиохимиками, программистами, IT-специалистами, медицинскими технологами (рентген-лаборантами) и другими смежными специалистами. Это создает дополнительные сложности при определении требований к образованию. В ряде стран профессия разделена на физику радиационной защиты (Health physics) и клиническую медицинскую физику (Medical physics), однако в настоящее время идет дискуссия о необходимости объединения этих специальностей. Так в большинстве европейских стран медицинская физика объединяет 4 специализаций: радиотерапия, ядерная медицина, лучевая диагностика и радиационная безопасность. Часть источников в качестве пятой специализации выделяет физику неионизирующего излучения. В России, как правило, радиационная безопасность оторвана от деятельности медицинских физиков. Вместе с тем в медицинских организациях должен быть определен ответственный за РБ, также к медицинским физикам возможно отнести должность эксперта-физика по контролю за источниками ионизирующих и неионизирующих излучений, основное количество которых работает в организациях Роспотребнадзора.

По данным АМФР в 2020 году в России работал 691 медицинский физик. По оценкам проведенным по методикам МАГАТЭ, ЕК и с учетом действующего законодательства текущая потребность в медицинских физиках составляет порядка 2200 медицинских физиков. Таким образом текущий дефицит может быть не менее 1500 специалистов. При этом дефицит будет нарастать как с принятием новых законов, так и с внедрением новых технологий.

* * *

В.П. Толстоухова¹, М.Д. Ившин²

*¹БУЗ УР «Республиканский клинический онкологический диспансер
им. С.Г. Примушко МЗ УР»,*

426009, г. Ижевск, Ленина, 102, Россия, lerato196@mail.ru

² SunNuclear Corporation, 123112, г. Москва, Набережная Пресненская, 8, Россия

СРАВНЕНИЕ ДОЗОВЫХ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ ПРИ ОВГМ С ИСКЛЮЧЕНИЕМ ГИППОКАМПА, ПОЛУЧЕННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ HYPERARC И НЕКОМПЛАНАРНЫХ АРОК VMAT

Целью данной работы является сравнение распределения дозы при облучении всего головного мозга (ОВГМ) с сохранением гиппокампа при использовании технологии HyperArc и некомпланарного ncVMAT метода. Всего для исследования было отобрано 25 пациентов, ранее получивших ОВГМ в отделении лучевой терапии, и для них были рассчитаны 50 планов: 25 планов HyperArc и 25 некомпланарных ncVMAT планов и были проведены верификации для этих планов.

Методы. Анализ проводился по следующим критериям: индекс гомогенности HI, индекс конформности CI, индекс градиента GI, доза на гиппокамп при D_{mean} , $D_{95\%}$, D_{max} и $D_{0,5cm3}$, время создания плана, время расчета и оптимизации план, общее количество мониторинговых единиц ME. Гамма-анализ QA также был выполнен с различными нормировками (локальными и глобальными) и высокой плотностью детекторов с использованием дозиметрической системы ArcCHECK в SNC Patient и программного обеспечения 3DVH (SunNuclear). Кроме того, для обоих методов был рассчитан показатель сложности модуляции (MCSV).

Результаты. 1. Дозиметрический анализ. Конформность и гомогенность распределения дозы в мишени практически одинакова для

обоих методов. Градиент дозы снижается быстрее при ncVMAT ↓ (на 0,41). Доза на гиппокамп снижается значительно лучше при планировании HyperArc ↓ (разница D_{\max} 0,8 Гр). Износ оборудования, пропорциональный количеству мониторинговых единиц, для ncVMAT ↓ меньше на 4 %. Время расчета и оптимизации плана при использовании технологии HyperArc ↓ увеличивается на 5,3 минуты.

2.1 Гамма-анализ: Проверку планов по критериям гаммы-индекса GPR(%) HyperArc (ТН10 %, 2 %/2 мм, локальная нормализация) превосходит лучше на 2 %, чем ncVMAT (Hyperarc-97,9 и ncVMAT-95,9).

2.2 Локальная и глобальная нормализация: Для HyperArc с глобальной нормализацией GPR(%) независимо от критериев сравнения (2 %/2мм – 3 %/3мм, ТН5-20 %) составляет 100 %. Для ncVMAT с глобальной нормализацией GPR(%) составляет 99,7 %.

2.3 Анализ с высокой плотностью детекторов: В среднем ncVMAT GPR(%) увеличивается на 0,7 %: при порогах ТН5-10 % (2 %/2мм – 3 %/3мм) и (ТН5-20 %) 2 % /2мм. Для HyperArc разница составляет всего 0,1 %. Разрешающая способность матрицы детекторов удовлетворяет планам WBRT.

3. Оценка сложности модуляции VMAT (MCSv): мы рассчитали MCSv для HyperArc и ncVMAT [3]. Оба метода одинаково высоко модулированы MCSv=0,23. Разброс ncVMAT немного выше, но незначительно. Эта оценка не отражает различий между методами.

4. Анализ дозы в программном обеспечении 3DVH QA: С помощью этой программы мы оценили дозу в каждой критической структуре и мишени, и сравнили GPR(%). Наблюдается та же разница в GPR между методами, что и в SNC Patient.

Вывод. WBRT является неспецифическим случаем для HyperArc, но результаты исследований показывают, что он позволяет получить отличный результат. Впрочем, ncVMAT не сильно ему уступает. Оба метода соответствуют рекомендациям RTOG-933. А также проходят по самым жестким требованиям TG-244. Сходимость QA-планов, рассчитанных на HyperArc, в среднем выше, что, по-видимому, связано с различиями между оптимизаторами.

Литература

1. Fix M.K., Mueller S., Volken W., Terribilini D., Frei D., Elicin O., Aebersold D.M., Manser P. Dosimetric Comparison of Dynamic Trajectory Radiotherapy, HyperArc

and VMAT Treatment Plans // International Journal of Radiation Oncology, Biology, Physics. – 2020. – Vol. № 108. – 3 S.

2. Alongi F, Fiorentino A, Gregucci F. First experience and clinical results using a new non-coplanar mono- isocenter technique (HyperArcTM) for Linac-based VMAT radiosurgery in brain metastases // Journal of Cancer Research and Clinical Oncology. – 2018. – Vol. 145. – P. 193-200.

3. Masi L, Doro R, Favuzza V. Impact of plan parameters on the dosimetric accuracy of volumetric modulated arc therapy // Med Phys. – 2013. – № 40.

* * *

***Е.Н. Лыкова, А.П. Черняев, М.В. Желтоножская,
В.В. Розанов, У.А. Близняк, П.Ю. Борщеговская***

*ФГБОУ ВО «Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова»,
119191, г. Москва, Ленинские горы, д.1, стр.2, Россия, iv-kate@yandex.ru*

АКТУАЛЬНЫЕ НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В МЕДИЦИНСКОЙ ФИЗИКЕ

Медицинский физик – это одна из самых престижных и высокооплачиваемых профессий в ведущих мировых странах. В мире датой ее возникновения считают 1965 год. В России вузовская специальность «медицинская физика» появилась в 2000 году, а должность «медицинский физик» внесена в номенклатуру Минздрава в 2010 году.

Медицинские физики обеспечивают высокие требования точности, гарантии качества и безопасности, осуществляют дозиметрические измерения, обработку и анализ диагностических изображений, дозиметрическое планирование облучения и его контроль. Но, даже при этом медицина использует сегодня лишь малую долю знаний, накопленных в современной физике. Поэтому на кафедре физики ускорителей и радиационной медицины разрабатываются новые направления и усовершенствования действующих физико-технических методов для использования ионизирующего излучения в медицине.

Можно выделить наиболее перспективные направления, которыми занимаются на кафедре:

- на основе анализа баз экспериментальных фотоядерных данных рассчитаны сечения многочастичных фотоядерных реакций на легких ядрах;
- разработан новый способ получения радионуклидов ^{89}Zr и ^{177}Lu на ускорителях электронах для ядерной медицины;

- предложен, разработан и экспериментально подтвержден метод активного управления дозой, передаваемой пучками фотонов и электронов биологическим тканям, расположенным в продольном и поперечном магнитном поле;

- разработан метод калибровочной электропорации для выявления скрытых повреждений мембран красных клеток крови после воздействия различных физико-химических факторов (ионизирующее излучение, химпрепараты, заменители крови и т.п.);

- разработан режим работы медицинского протонного синхротрона для реализации протонной радиографии онкологических новообразований;

- оценена роль вторичных частиц (нейтронов, электронов и аннигиляционных фотонов) при работе линейных медицинских ускорителя и представлены рекомендации для реформирования систем планирования;

- разработан, экспериментально подтвержден и запатентован комбинированный способ стерилизации костных имплантатов, позволивший вдвое уменьшить величину дозы, необходимой для эффективной стерилизации;

- в томотерапии для тотального облучения тела и крупных опухолей развит метод наложения стыков полей.

Также необходимо отметить, что физико-технические технологии не стоят на месте и необходимо развивать особенно актуальные направления в медицинской физике, такие как: флэш-терапия, технологии искусственного интеллекта для лучевой терапии и диагностики.

При поддержке Междисциплинарной научно-образовательной школы Московского университета «Фотонные и квантовые технологии. Цифровая медицина»

* * *

А.В. Лукьянова, Э.Р. Юзекаева, Р.Н. Хазипов

*НИЛ нейробиологии кафедры физиологии человека и животных Института
фундаментальной медицины и биологии КФУ, 420008, г. Казань,
ул. Кремлевская 18, Россия, anvfrolova@gmail.com*

ПОСТНАТАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ ПРЯМОГО ТОРМОЖЕНИЯ В ГРАНУЛЯРНЫХ КЛЕТКАХ ЗУБЧАТОЙ ФАССИИ

Гранулярные клетки зубчатой фассии получают основные возбуждающие стимулы от нейронов слоя L2 энторинальной коры (ЭК) через перфорантный путь. У взрослых этот возбуждающий стимул от ЭК быстро ограничивается мощным прямым торможением, которое обеспечивает «окно возможностей» продолжительностью всего несколько миллисекунд для интеграции возбуждающих стимулов, тем самым поддерживая разреженное кодирование [1, 2]. Однако онтогенез прямого торможения в зубчатой фассии через перфорантный путь остается в значительной степени неизвестным. Мы исследовали изменения прямого торможения гранулярных клеток зубчатой фассии в процессе развития, используя записи пэтч-кламп в конфигурации «целая клетка» энторинально-гиппокампальных срезов мышей в течение первого постнатального месяца. Возбуждающие и тормозные постсинаптические ответы вызывали электрической стимуляцией слоя L2 или перфорантного пути и разделяли методом фиксации потенциала при помощи пипеточного раствора с низким содержанием хлорида. Ответы, вызванные стимуляцией перфорантного пути, в гранулярных клетках обычно характеризовались последовательностью возбуждающих постсинаптических токов (ВПСТ), за которыми следовали тормозные постсинаптические токи (ТПСТ). И ВПСТ, и ТПСТ, вызванные стимуляцией перфорантного пути, подавлялись ионотропными блокаторами глутаматных рецепторов CNQX и APV, что указывает на то, что генерация ТПСТ является результатом глутаматергического возбуждения интернейронов. Временное «окно возможностей» определялось как временная задержка между началом ВПСТ и ТПСТ. Время начало нарастания синаптического тока определяли относительно времени стимуляции. Итак, в среднем начало нарастания глутаматергического синаптического тока у животных в течение первой постнатальной недели ($n = 5$) составляло 4.7 ± 0.6 мс, а ГАМКергического – 44.3 ± 14.8 мс. Таким образом, временная задержка составляла 39.6 ± 15.1 мс. У животных в течение второй постнатальной недели ($n = 6$) временные параметры

составили 4.5 ± 0.7 мс и 12.1 ± 0.9 мс для глутамата и ГАМК соответственно, временная задержка – 7.6 ± 1.1 мс. В результате, у между первой и второй постнатальной неделей временное «окно возможностей» сокращается на 32 ± 14 мс ($p < 0.05$, двувывборочный t-тест для независимых выборок).

Таким образом, мы показываем, что прямое торможение по перфорантному пути энторинальная кора – зубчатая фасция начинает происходить с задержкой в процессе развития. Это согласовывается с тем, что внутренние свойства перисоматических проецирующих быстро-разряжающихся интнейронов и их синаптические связи, участвующие в прямом торможении гранулярных клеток зубчатой фасции, достигают зрелости поздно. Задержанное развитие прямого торможения обеспечивает широкое, в пределах десятков миллисекунд, временное окно для суммации возбуждающих стимулов из энторинальной коры в неонатальном периоде. Мы предполагаем, что из-за замедленного развития прямого торможения неонатальные гранулярные клетки действуют как интеграторы множественных стимулов во время управляемых энторинальной корой ранних острых волн, в отличие от разреженного кодирования у взрослых.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № 0671-2020-0059 Физиология интегративных нервных сетей в онтогенезе) и Программы «Приоритет-2030».

Литература

1. Toni N., Schinder A. F. Maturation and Functional Integration of New Granule Cells into the Adult Hippocampus // Cold Spring Harb Perspect Biol, 2016, Vol. 8(1). Available at: <https://cshperspectives.cshlp.org/content/early/2015/12/03/cshperspect.a018903.full.pdf+html> (Accessed 29 April 2022) doi: 10.1101/cshperspect.a018903

2. Vivar C., van Praag H. Functional circuits of new neurons in the dentate gyrus // Front. Neural Circuits, 2013, Vol 7(15). Available at: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fncir.2013.00015/full> (Accessed 29 April 2022) <https://doi.org/10.3389/fncir.2013.00015>

* * *

А.А. Григорьева¹, А.А. Булавская¹, И.А. Милойчикова^{1,2}, С.Г. Стучебров¹

¹ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30, Россия, agrigorieva@tpu.ru

²ФБГНУ «Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук», 634009, г. Томск, пр. Кооперативный, 5, Россия

ИЗГОТОВЛЕНИЕ КОЛЛИМАТОРА МЕТОДОМ ПОСЛОЙНОГО НАПЛАВЛЕНИЯ ДЛЯ ЭЛЕКТРОННОЙ ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ

Электронная лучевая терапия эффективно применяется для лечения многих форм злокачественных новообразований, расположенных в поверхностном слое кожи тела человека или вблизи него [1]. Лучевая терапия высокоэнергетическими пучками электронов имеет ряд преимуществ перед классическим фотонным облучением. Высокая поверхностная доза в сочетании с быстрым падением дозы за пределами планируемого объема облучения обеспечивает контроль над опухолью и снижает вероятность осложнений со стороны здоровых тканей [2]. Данное преимущество особенно актуально при лечении новообразований, локализирующихся вблизи критических органов.

Одной из задач лучевой терапии является защита здоровых тканей от облучения и обеспечение точности доставки дозы до патологического очага [2], отсюда возникает необходимость формирования сложных терапевтических полей облучения. На сегодняшний день при проведении процедур лучевой терапии высокоэнергетическими пучками электронов изменение пространственных характеристик пучков реализуется за счет использования дополнительного стандартного набора аппликаторов, блоков из тяжелых металлов или индивидуальных металлических коллиматоров [3]. Однако, использование существующих методов формирования терапевтических полей имеет сниженную эффективность при процедурах лучевой терапии или вовсе не получило распространения в клинической практике по ряду причин. Следовательно, встает вопрос о более эффективном методе формирования сложных полей терапевтических электронных пучков.

За последние пару десятилетий аддитивные технологии активно внедряются во все сферы человеческой деятельности. В последнее время все чаще появляется возрастающий интерес к аддитивным технологиям и со стороны медицины и науки [4, 5]. В связи с этим решением проблемы формирования терапевтических электронных пучков может стать изготовление полимерных изделий методами трехмерной

печати, способных быстро и точно формировать поперечный профиль пучка заданной формы в соответствии с непосредственной клинической задачей. Использование данного подхода повысит точность доставки дозы при проведении сеансов электронной лучевой терапии и, как следствие, увеличит эффективность лечения.

В рамках данного исследования было проведено сравнение эффективности формирования поперечного профиля электронного терапевтического пучка для реального клинического случая при помощи двух коллиматоров из металла и пластика с индивидуальным коллимационным окном. В первом случае металлический коллиматор был изготовлен при помощи стандартной технологии изготовления – литье, во втором случае – с использованием методов трехмерной печати, а именно метода послойного наплавления. Были получены экспериментальные двумерные распределения доз в поперечных сечениях пучков линейного ускорителя, сформированные изготовленными тестовыми объектами. Экспериментально показана возможность использования изделий, изготовленных методами трехмерной печати, для формирования терапевтических электронных пучков.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках приглашения 075-15-2022-620 (проект № МК-26.2022.1.2).

Литература

1. Garibaldi C. et al. Recent advances in radiation oncology // *E cancer medical science*. – 2017. – Т. 11. – С. 785.
2. Khan F.M., Gibbons J.P. *Khan's the physics of radiation therapy*. Lippincott Williams & Wilkins, 2014. – 572 с.
3. Wojcicka J.B. Technical Note: On Cerrobend shielding for MeV 18–22 electron beams // *Medical Physics*. – 2008. – Т. 35. – № 10. – С. 4625-4629.
4. Schubert C., Van Langeveld M.C., Donoso L.A. Innovations in 3D printing: a 3D overview from optics to organs // *British Journal of Ophthalmology*. – 2014. – Т. 98. – № 2. – С. 159-161.
5. Ngo T.D. et al. Additive manufacturing (3D printing): A review of materials, methods, applications and challenges // *Composites Part B: Engineering*. – 2018. – Т. 143. – С. 172-196.

* * *

Г.С. Мусабилова^{1,2}, О. Энгберг¹, А. Гупта³, Д. С. Рой³, С. Майти³, Д. Хустер^{1,3}.

¹ Институт медицинской физики и биофизики Лейпцигского университета,
D-0410, Лейпциг, Германия, guzel.musabirova@bk.ru

² Институт физики Казанского (Приволжского) федерального университета,
420008, г. Казань, Россия

³ Кафедра химических наук, Институт фундаментальных исследований Тата,
Мумбаи 400 005, Индия

ЛИГАНДЫ СЕРТОНИНОВЫХ РЕЦЕПТОРОВ ИЗМЕНЯЮТ ФАЗОВОЕ РАВНОВЕСИЕ ЛИПИДНОГО БИСЛОЯ

Хорошо известно, что в гетерогенных смесях липиды имеют тенденцию образовывать различные липидные рафты (L_d и L_o). Липидные рафты представляют собой особые участки (микродомены) плазматической мембраны, обогащенные гликофинголипидами и холестерином. Эти участки координируют клеточные процессы, влияют на текучесть мембран, служат организующими центрами для сборки сигнальных молекул, регулируют движение мембранных белков, рецепторов, а также регулируют нейротрансмиссию. Липидные рафты более структурированы и упакованы более плотно, чем окружающий липидный бислой.

В этой работе было исследовано влияние серотонергических препаратов (Арипипразол, BRL-54443, BW723C 86, CP-135807), которые содержат ту же фармакофорную группу, что и серотонин, на фазовое поведение сложных липидных систем.

Было обнаружено, что при 20°C и 30°C во всех липидных смесях наблюдаются два домена, один из которых является более упорядоченным (L_o), а другой – более неупорядоченным (L_d) (пример для CP-135807 рис. 1) [1]. Примечательно, что для образцов, которые не содержат препаратов серотонинового ряда, разделение липидов на фазы при тех же условиях не наблюдается. Численное моделирование формы линии было проведено, как описано в [2], на более четких спектрах при 20 °C. Этот комплексный анализ позволяет сравнивать эффекты отдельных серотонинергических препаратов на параметры порядка и прогнозируемые длины цепей пальмитоильных цепей POPC- d_{31} и PSM- d_{31} как в менее упорядоченных, так и в более упорядоченных доменах.

Параметры порядка POPC-d₃₁ в фазе Ld в присутствии серотонинергических препаратов практически не изменялись. Однако наблюдается заметное их увеличение в фазе Lo, и наиболее сильное изменение наблюдается при наличии Арипипразола, за которым следуют CP, BW, BRL. Кроме того, детальный анализ спектров ЯМР ²H PSM-d₃₁ показал следующую картину: параметры порядка фазы Lo в присутствии серотонинергических препаратов существенно не изменились, тогда как фаза Ld показала очень сильное снижение.

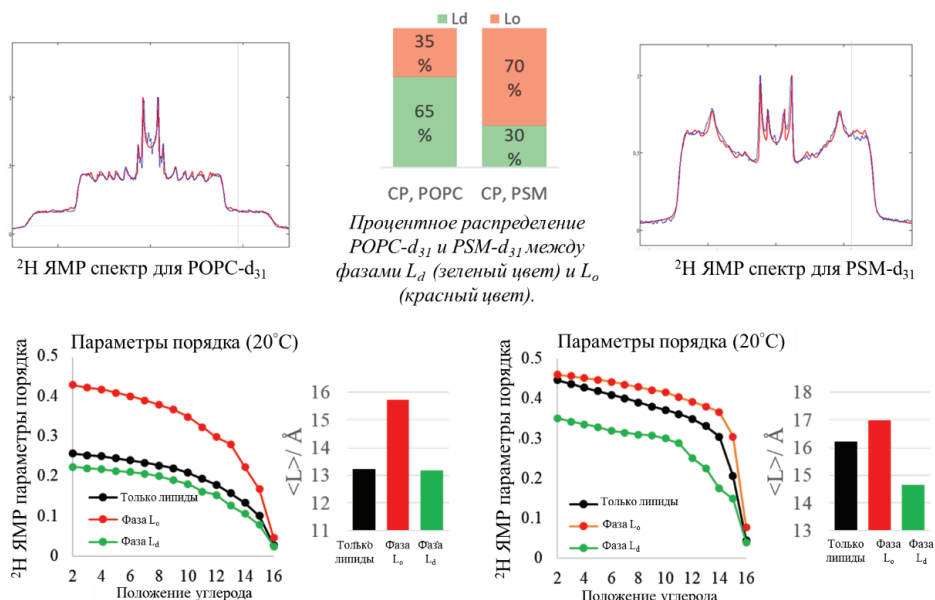


Рисунок 1 – Профили параметров порядка ЯМР ²H, спектры и численное моделирование формы линий мембран POPC/PSM/Chol 4/4/2 в присутствии и в отсутствие CP при молярном соотношении липид/лекарственное средство 10:1 при температуре 20°C. На левой панели отображаются данные для POPC-d₃₁, а на правой панели – данные для PSM-d₃₁. На вставках представлены прогнозируемые длины цепей <L> для POPC-d₃₁ и PSM-d₃₁ в отсутствие (черные полосы) и в присутствии CP для обеих фаз (цветные полосы). В спектрах ЯМР ²H красные линии указывают на исходные спектры, а синие линии наилучшим образом соответствуют численному моделированию формы линий

Литература

1. Musabirova G.S. et al. Serotonergic drugs modulate the phase behavior of complex lipid bilayers // Biochimie. – 2022.

2. Engberg O. et al. Serotonin Alters the Phase Equilibrium of a Ternary Mixture of Phospholipids and Cholesterol // Front. Physiol. – 2020. – Vol. 11.

* * *

Ф.Ф. Протопопов

*ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова»,
677000, г. Якутск, ул. Белинского, 58, Россия, protopopov_fedor@mail.ru*

СОСТАВ ЖЕЛЧНЫХ КАМНЕЙ НА ИК-ФУРЬЕ МИКРОСКОПЕ

Желчнокаменная болезнь (ЖКБ) является распространённым заболеванием среди населения всего мира [1]. Образование желчных камней является одним из сопутствующих проявлений болезни и чаще всего пациент нуждается в хирургическом вмешательстве (холестистэктомия) во время острой фазы болезни, в результате которого удаляется желчный пузырь вместе с конкрементами. В следствии вмешательства, пациент на всю оставшуюся жизнь вынужден соблюдать особую диету, что сказывается на качестве жизни пациента, не считая другие осложнения [1]. Однако в настоящее время обсуждаются методики по устранению причины образования желчных конкрементов без удаления желчного пузыря, лечение направлено на устранение причины болезни на ранних стадиях или после образования желчного камня, в связи с этим стоит задача установления этиологии болезни для выбора наиболее подходящего лечения недуга. Известно, что состав желчных камней варьируется в широких пределах в зависимости от причины ЖКБ, для определения состава желчных камней хорошо зарекомендовал себя метод ИК-Фурье спектроскопии [2].

ИК-спектроскопия желчных камней позволяет определить основные примеси веществ, содержащиеся в желчном камне как: холестерин, кальций билирубин и карбонат кальция. Разные авторы находят в желчных камнях в разных странах и другие соединения: билирубин, кальций фосфат, кальций пальмитат, кальций стеарат [2].

ИК-Фурье микроскоп Spotlight 200i в исполнении компании Perkin Elmer является высокочувствительным спектрометром, позволяющим

измерять поверхность конкремента на площадках размером 100x100 мкм при контакте кристалла ATR с образцом – метод нарушенного полного внутреннего отражения (НПВО), в результате которого электромагнитная волна проникает в образец на несколько мкм и происходит частичное поглощение ИК-излучения.

Слоистая структура разреза желчных камней представляет интерес для выяснения изменения состава желчных камней в процессе формирования конкремента. На рисунке 1 представлены спектры, снятые на разных участках разреза желчного камня. Видно, что состав желчного камня преимущественно представлен холестерином, однако видны характерные полосы триплета поглощения кальция билирубинового соединения (см рис. 1, п. 2). Изучение же центра желчного камня показало, отсутствие примесей в виде кальция билирубина. В результате данного исследования можно сказать, что состав желчных камней может меняться в зависимости от стадии протекания болезни и желательное изучение всего желчного камня в разрезе.

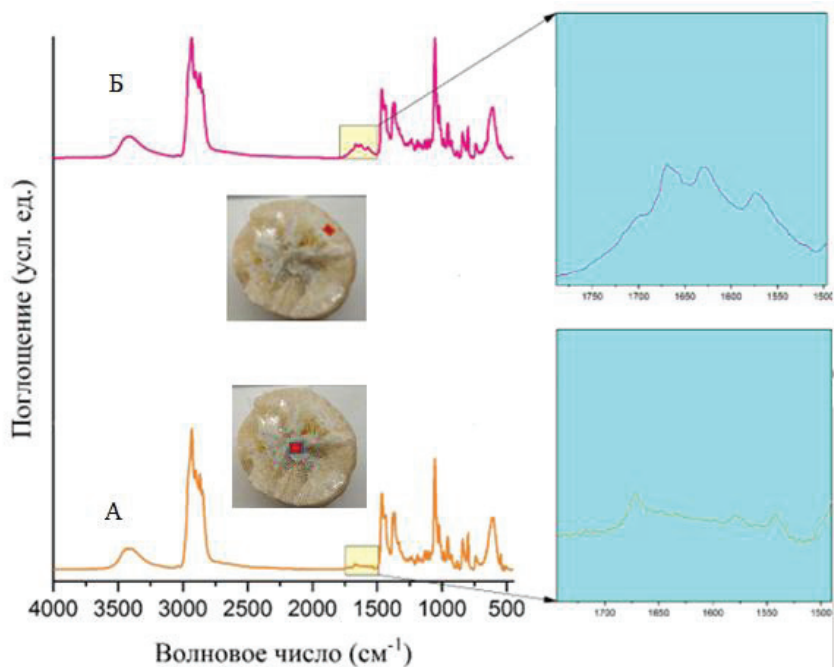


Рисунок 1 – Общий вид желчного камня в разрезе и ИК-спектры поглощения в участке, отмеченном красным

Литература

1. 10 лет классификации желчнокаменной болезни (ЦНИИГ): основные итоги научно-практического применения [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/10-let-klassifikatsii-zhelchnokamennoy-bolezni-tsniiig-osnovnye-itogi-nauchno-prakticheskogo-primeneniya/viewer> (accessed: 17.05.2021).

2. Singh, V. K., Jaswal, B. S., Sharma, J., & Rai, P. K. Analysis of stones formed in the human gall bladder and kidney using advanced spectroscopic techniques // Biophysical Reviews. – 2020. – Т. 12. – № . 3. – С. 647-668.

* * *

**Р.З. Алексеев¹, М.М. Ершова², К.Р. Нифонтов², Н. Стручков², С.Н. Мамаева³
А.С. Гольдерова³, В.А. Платонова³, А.С. Андреев⁴**

*¹ФГБНУ «Якутский научный центр комплексных медицинских проблем»,
г. Якутск, ул. Кулаковского, 6, Россия, arzrevo@mail.ru*

*²ФГБОУ ВО «Арктический государственный агротехнологический
университет», г. Якутск, Россия*

*³ЗФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова»,
г. Якутск, Россия*

*⁴ФГБУН «Институт физико-технических проблем Севера
им. В.П. Ларионова СО РАН», г. Якутск, Россия*

ИССЛЕДОВАНИЕ БИОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИ ОБЩЕМ ОХЛАЖДЕНИИ ТЯЖЕЛОЙ СТЕПЕНИ

При общем охлаждении тяжелой степени и замерзании вопросы оказания врачебной помощи и лечения в настоящее время не проводится. Все пострадавшие, найденные на улице, при отсутствии явных признаков жизни доставляются в морг. В настоящее время в мире не изучены вопросы смерти от общего охлаждения в условиях естественно низких температур (ниже -40° С). Возможность возвращения к жизни после замерзания не предполагается и не изучается, хотя имеются очень ценные научные данные о возвращении к жизни отдельных органов после глубокого замерзания (включая головной мозг).

До недавнего времени полностью отрицалась прижизненное оледенения тканей. Нами доказана возможность этого явления. Теперь остается доказать возможность оживления отморозенных тканей с оледенением.

Можно ли прервать на время нормальное течение жизни? Правда ли, что под влиянием действующих извне неблагоприятных факторов (холода, ветра, влажности и других) жизнедеятельность организма может угаснуть и возродиться, как только будут восстановлены привычные для данного организма условия существования? Разрешение этого вопроса одинаково интересно, как для биологов, медиков, так и для философов.

Однако изучение проблемы физиологического воздействия холода интересно не только с точки зрения практических результатов. Кроме того, недостаточная изученность особенностей механизмов умирания при сверхнизких температурах дает основание необходимости формирования представления о клеточно-молекулярных механизмах процесса смертельного переохлаждения.

С целью изучения изменений температуры тела при действии холода проведена термометрия 12 замерзших в условиях естественно низкой температуры среды при -40°C и ниже. Термометрия замерзших проводилась в течение от 18 до 26 часов после их доставки в помещения судмедэкспертизы. Для данного исследования использовались следующие измерительные приборы: 1) для определения внутримышечной температуры – термопара игольчатая хромель-алюмель типа К с диапазоном измеряемой температуры от -40°C до 200°C ; 2) для измерения поверхностной температуры – термопара наружного применения хромель-алюмель типа К; 3) прибор для коммутации с термопарами двухканальный измеритель температуры НН506РА (Тесей, Россия) [1].

При измерениях установлены следующие значения температур в разных областях тела замерзших: поверхностная температура кожи во всех участках конечностей и лица при поступлении в морг – $(+4\pm 2)^{\circ}\text{C}$; в области стопы на глубине 2 см – $(-38\pm 2)^{\circ}\text{C}$; в области средней трети голени (на глубине 5 см) – $(-30\pm 2)^{\circ}\text{C}$; в области ягодицы на глубине 10-12 см $(+7\pm 3)^{\circ}\text{C}$; внутри печени на глубине 5 см – $(+10\pm 2)^{\circ}\text{C}$; в области легких – $(+10\pm 1)^{\circ}\text{C}$; в области сердца – $(10\pm 0.5)^{\circ}\text{C}$; в области лица на глубине 1.5 см – $(-32\pm 2)^{\circ}\text{C}$; в области черепа на глубине 10 см – $(+6\pm 2)^{\circ}\text{C}$.

Кроме того, проводились экспериментальные работы по изучению биоэлектрических показателей функции головного мозга и сердечно-сосудистой деятельности свиньи в условиях естественной гипотермии при низких температурах. опыты проводили на клинически здоровых свиньях «Хатасского свиного комплекса» в возрасте 2-3 месяца и

с массой тела от 11 до 25 кг. Были поставлены два разных эксперимента, моделирующие в начале эксперимента замерзание при двух разных условиях: 1) для моделирования ограничения подвижности и фиксации животных проводили нейроплегию (нейролептик – Ксила 0,2 % 0,5мл и Дроперидол 0,5 мл.); 2) для моделирования состояния алкогольного опьянения вводили внутрь подопытного этиловый спирт в дозе 5-6 мл/кг живого веса. Животные были зафиксированы и помещены на улице при температуре окружающей среды от -37°C до -42 °C.

Экспериментальную работу осуществляли согласно этическим нормам, регламентирующим эксперименты на животных, в соответствии с Европейской конвенцией о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях № 123 от 18 марта 1986 г., г. Страсбург, и приказом Минздрава России от 01.04.2016 № 199н «Об утверждении Правил надлежащей лабораторной практики». Разрешение биоэтической комиссии ЯНЦ КМП имеется. В результате наших экспериментов было установлено, что температура в «оболочке» подопытного животного была отрицательная, а в области «ядра» – положительная [2].

На основе полученных экспериментальных работ по термометрии были проведены исследования особенностей морфологии эритроцитов при смертельном переохлаждении в условиях «сверхнизких» температур (ниже -40°C) окружающей среды с помощью атомно-силовой и растровой электронной микроскопии (АСМ и РЭМ). Объектами исследования явились мазки крови лиц, умерших от переохлаждения и огнестрельного ранения. Исследования проводились с помощью АСМ SolverNext (NT-MDT, Россия) в полуконтактном режиме и РЭМ высокого разрешения JSM-7800F (JEOL, Япония). У мужчины, умершего от переохлаждения при температуре -42°C, мазок которого был сделан в течение первых суток, эритроциты характеризовались минимальными изменениями, чем при смерти от огнестрельного ранения. Применения АСМ и РЭМ позволяет получать изображения эритроцитов для исследования морфологии и рельефа клеток, которые сопряжены с физиологическим статусом клеток.

Таким образом, по результатам исследований умерших лиц под воздействием холода при температуре -40°C и ниже методом термометрии показано, что наблюдаются развитие отмирания с оледенением тканей и общее охлаждение организма с защитой «ядра тела» с сохранением плюсовой температуры во внутренних органах. Сниже-

ние температуры мозга до +6⁰С показывает, что мозг находится в состоянии анабиоза, т.е. предполагается возможность оживления мозга.

Опыты с животными дали возможность установить ряд факторов, затрудняющих процесс восстановления жизненных функций головного мозга.

Итак, полученные нами результаты указывают на необходимость дальнейшего изучения процессов замерзания для выявления возможности восстановления клеток, их нормальной популяции и функциональных свойств в зависимости от способа отогревания умерших от переохлаждения при определенных температурных условиях.

Литература

1. Иванов В.А., Большев К.Н., Андреев А.С. и др. Измерение температуры живых организмов при получении глубокой гипотермии // IX международная конференция по математическому моделированию, посвящённая 75-летию Владимира Николаевича Врагова (27 июля – 1 августа 2020 г.): тезисы докладов. – С. 130-131.

2. Нифонтов К.Р. Влияние низкой температуры Крайнего Севера на температуру тела животных в эксперименте / Алексеев Р.З., Стручков Н.А. и др. // Якутский медицинский журнал. – 2019. – № 4(68). – С. 110-113.

* * *

М.Н. Румянцева¹, С.Н. Мамаева², И.В. Васильев¹

¹ГБУ РС (Я) «Якутский республиканский онкологический диспансер», 677000,
г. Якутск, ул. Феликса Кона, 1/3, Россия, semenova9519@mail.ru

²ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова»,
677000, г. Якутск, Белинского, 58, Россия

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ ПРИ РАКЕ МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ

На сегодняшний день существуют различные методы лучевой терапии рака молочной железы, но трехмерная конформная лучевая терапия (3DCRT) все ещё остается стандартом. При данном методе не всегда удается оптимизировать план облучения до допустимых уровней лучевых нагрузок на близлежащие органы риска. Современные методы лучевой терапии, такие как тангенциально-модулированная

лучевая терапия (t-IMRT) и тангенциально-объемно-модулированная дуговая терапия (t-VMAT) были разработаны с целью улучшения охвата целевого объема и снижения дозы на близлежащие органы риска.

Целью данной работы является изучение и проведение сравнительного анализа планов проведения лучевой терапии (ЛТ) рака молочной железы с использованием трех различных методов ЛТ (VMAT/IMRT/3D CRT).

В рамках данного исследования рассмотрены дозиметрические планы четырех пациенток с диагнозом РМЖ. Для каждой пациентки было сделано по 4 плана: лучевая терапия с модулированной интенсивностью (IMRT), дуговая терапия с объемной модуляцией (VMAT 2_full arc), два расположения VMAT (VMAT_tang, т.е. частичные тангенциальные дуги, и VMAT_full) и план 3D CRT (field-in-field). Назначение дозы составляло 50 Гр в 25 фракциях. Для всех планов использовались пучки фотонов с энергией 6 МэВ. Расчет планов был выполнен на базе системы дозиметрического планирования ХЮ для 3DCRT и в системе Мопасо для IMRT/VMAT. Целью планирования было максимальное снижение дозы в легких, контралатеральной молочной железе, и сердце.

В рамках исследования созданы планы облучения для различных методик доставки дозы. Трехмерная дозиметрическая оценка проводилась с помощью гистограмм доза-объем для мишени и органов риска. Для всех созданных планов проводилась оценка лучевой нагрузки на органы риска с помощью рекомендаций QUANTEC, а также оценивалась конформность и гомогенность дозового распределения с помощью соответствующих коэффициентов. Ряд проведенных исследований продемонстрировал дозиметрическое преимущество два расположения VMAT (VMAT_tang, т.е. частичные тангенциальные дуги, и VMAT_full) по сравнению с другими методиками лучевой терапии.

* * *

**Корякина В.Н.¹, Мамаева С.Н.², Рычков М.М.³, Васильев И.В.¹, Николаева Н.А.²,
Маликов Е.Л.³, Лисин В.А.³, Сорокин В.Б.³, Кононов В.Н.², Чоччасов А.Н.²**

¹Якутский республиканский онкологический диспансер,
677000, г. Якутск, ул. Стадухина, 81, корп. 1, Россия

²Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова,
677000, г. Якутск, Кулаковского, 48, Россия

³Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
634028, г. Томск, ул. Савиных, д. 7, корп. 18, Россия

РАЗРАБОТКА И ПРИМЕНЕНИЕ МАЛОГАБАРИТНОГО БЕТАТРОНА В ИНТРАОПЕРАЦИОННОЙ ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ

В июне 2021 года было подписано Соглашение о деятельности Медицинского консорциума Республики Саха (Якутия) для консолидации усилий Северо-Восточного Федерального университета им. М.К. Аммосова (СВФУ) и медицинских учреждений республики в формировании и реализации научно-исследовательских и инновационных проектов.

В связи с открытием в Физико-техническом институте СВФУ новой лаборатории «Радиационные технологии» – участника НОЦ «Север – территория устойчивого развития» при финансовой поддержке Министерства высшего образования и науки РФ в рамках реализации национального проекта «Наука и университеты» и в соответствии с целями и задачами Соглашения на базе Якутского республиканского онкологического диспансера (ЯРОД) будет установлен малогабаритный бетатрон с выведенным электронным пучком для проведения междисциплинарной научно-исследовательской деятельности и подготовительных работ по проведению в дальнейшем интраоперационной лучевой терапии (ИОЛТ). В данное время в России накоплен успешный клинический опыт применения малогабаритных бетатронов с выведенным электронным пучком в медицине для лечения онкологических заболеваний, например, бетатрона КМБ-6 в НИИ онкологии Томского научного центра СО РАМН с 1990 года, бетатрона КМБ-10Э, установленного в операционном блоке Челябинского онкологического диспансера с 1996 года.

Источник электронного излучения на основе отечественной технологии малогабаритного бетатрона с максимальной энергией 8,5 МэВ, предназначенного для облучения экспериментальных образцов с целью модификации физических свойств, стерилизации и исследования

радиационной стойкости, разработан в Инженерной школе неразрушающего контроля и безопасности Национального исследовательского Томского политехнического университета (ТПУ).

На основе данного бетатрона будут производиться исследования влияния ионизирующего излучения на клетки крови у пациентов ЯРОД, проходящих лучевую терапию, а также будут проводиться исследования характеристик пучка электронов ускорителя во взаимосвязи с влиянием излучения с различными физическими параметрами на биологические образцы, построения биофизических и математических моделей режима работы бетатрона и влияния ионизирующего излучения на биообъекты. Кроме того, предполагаются исследования, связанные с дооснащением аппарата дополнительными конструкциями, которые позволят разработать медицинский аппарат ИОЛТ совместно с ТПУ. На первом этапе в данное время производятся разработка и изготовление источника электронного излучения, исследование его основных характеристик.

Комбинированная терапия злокачественных опухолей с использованием ИОЛТ на основе отечественных бетатронов предполагает максимально радикальную остановку основного опухолевого процесса, при котором благодаря использованию ИОЛТ сокращается время лечения и значительно снижается лучевая нагрузка на кожу и критические органы [1]. Применение недорогих по стоимости, простых при эксплуатации и эффективных при применении медицинских бетатронов в региональных онкологических диспансерах и центрах значительно улучшит качество и доступность медицинского обслуживания.

Литература

1. В. А. Новиков, Р. В. Васильев, Е. Л. Чойнзонов, В. А. Лисин, Л. И. Мусабаева и др. Интраоперационная лучевая терапия: реальность и перспектива // Злокачественные опухоли. – 2017. – Т.7. – № 3, спецвыпуск 1. – С. 35-40.

* * *

Раздел V | **МУЛЬТИДИСЦИПЛИНАРНЫЙ ПОДХОД В ДИАГНОСТИКЕ И ТЕРАПИИ ЗАБОЛЕВАНИЙ**

С.Р. Антонов

*ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова»,
677000, г. Якутск, Белинского, 58, Россия, nstiven@mail.ru*

МОДЕЛЬ ПРОВЕДЕНИЯ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА ПРИМЕРЕ КОМПЛЕКСНОГО ПРОЕКТА ПО МЕДИЦИНСКОЙ ФИЗИКЕ СВФУ

В последние годы многие научные работы становятся сложнее и объемнее, затрагивая многие направления существующих наук. Поэтому для получения результатов необходима совместная работа узких специалистов различных направлений науки и техники. В ходе проведения комплексного проекта по медицинской физике совместно работали сотрудники медицинского и физико-технического институтов. В команду входили врачи нефрологи, гематологи, а также теоретические и экспериментальные физики. При проведении совместных работ выявлены некоторые существующие проблемы и трудности в таких междисциплинарных исследованиях, например, такие как отсутствие необходимой и полной информации об имеющемся оборудовании и их возможностях; закрытость информации о существующих в университете специалистах и их возможностях, сложность взаимосвязи с ними. Для достижения цели научных исследований и эффективного использования возможностей Северо-Восточного федерального университета предложена модель проведения междисциплинарных исследований. Основными этапами модели являются: первый этап – это создание сайта, где коллективы могут разместить заявку по созданию временных коллективов для решения поставленной задачи; второй этап – назначение кураторов по направлениям научных исследований с широкими полномочиями (в помощь кураторам необходимо создание базы специалистов с их возможностями и контактными данными,

так же перечня имеющихся оборудований с их возможностями); третий этап – создание системы поддержки и поощрений задействованных в работе специалистов.

* * *

А.С. Гольдерова, И.Э. Николаева, А.Н. Егоров, Ф.А. Захарова
ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова»,
677000, г. Якутск, Белинского, 58, Россия, hoto68@mail.ru

ИММУНОФЕНОТИПИРОВАНИЕ ДЕНДРИТНЫХ КЛЕТОК НА ПРОТОЧНОМ ЦИТОФЛУОРИМЕТРЕ

Иммунофенотипирование – анализ гетерогенной популяции клеток с целью выявления наличия и соотношения субпопуляций путем анализа поверхностных и внутриклеточных антигенов (маркеров) экспрессируемых клетками. В основе проточной цитофлуориметрии лежит принцип гидродинамического фокусирования. Суспензия клеток, предварительно окрашенных флуоресцентными красителями, под давлением подается в проточную ячейку. Иммуноцитофлуориметрический анализ клеток производится по характеристикам светорассеяния клеток (FSC – (forward scatter) – показатель прямого светорассеяния и SSC – (side scatter) – показатель бокового светорассеяния); интенсивности флуоресценции. Луч лазера, проходя сквозь клетку, многократно преломляется во все стороны, часть излучения собирается под углом 90°, где расположен датчик бокового светорассеяния (SSC).

В настоящее время наблюдаются значительные изменения в подходах при выборе лекарственного лечения злокачественных новообразований. Помимо гормонотерапии, химиотерапии и таргетной терапии в лечении опухолей, очевидно, одна из ключевых ролей отведена иммунотерапии [1]. Дендритные клетки (ДК) – «профессиональные» антигенпрезентирующие клетки, которые могут захватывать, перерабатывать и представлять на клеточной мембране различные чужеродные белки, включая опухолевые антигены для активации Т- и В-лимфоцитов. Вакцины на основе дендритных клеток (ДК) вызывают специфические иммунные реакции, которые могут избирательно уничтожать клетки-мишени. Процесс активации ДК представляет собой сложный и строго контролируемый процесс дифференцировки,

тесно связанный с приобретением антигена. Активация характеризуется активацией хемокиновых рецепторов (например, CCR7), молекул адгезии, костимулирующих молекул (CD54, CD80 и CD86), иммунопротеосом и молекул МНС класса I и II, необходимых для миграции клеток в лимфоидные ткани и оптимальная активация иммунных реакций [2]. Именно ДК определяют интенсивность противоопухолевых иммунных реакций и формирование противоопухолевых иммунных реакций и формирование опухолевого микроокружения.

На базе НИЛ «Клеточные технологии и регенеративная медицина» освоена технология приготовления дендритно-клеточной вакцины по протоколу НМИЦ онкологии им. Н.Н. Петрова [3]. Забор периферической венозной крови, осуществлялся в стерильные вакутейнеры с ЭДТА. Выделение мононуклеарных клеток производился на градиенте плотности фикола. Отмытые и подсчитанные МНК помещали в питательную среду RPMI-1640 для выделения адгезивной фракции. Через 1,5 часа инкубации (37°C, 5 %CO₂) удаляются неадгезивные клетки (лимфоциты), прикрепившиеся (моноциты) отмывают питательной средой. Дифференцировку МНК в дендритные клетки проводят добавлением ростовых факторов и факторов дифференцировки GM-CSF, IL-4 на 1, 3 и 5 дни культивирования. На 7 сутки культивирования для созревания ДК вносят опухолеассоциированные антигены и GM-CSF, IL-4 и TNF-α. Иммунофенотипирование полученных ДК проводилось (CD1a, CD14, CD80, CD83, CD86, HLA-DR) на 7 и 9 дни культивирования на проточном цитофлуориметре «Navios» (BC) Клиники СВФУ.

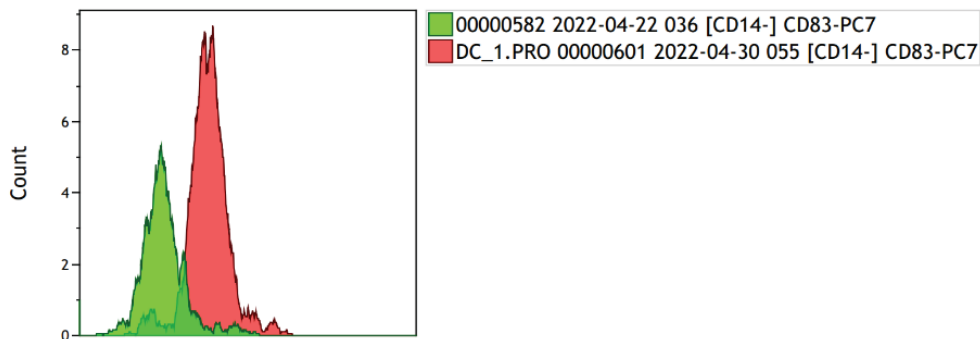


Рисунок 1 – Результаты оценки экспрессии CD83+ на 7 (зеленый) и 9 (красный) дни культивирования ДК

Дифференцировка миелоидных предшественников ДК сопровождается закономерной сменой фенотипов. Увеличение экспрессии дифференцировочных маркеров CD83+ и CD86+ с 7 дня на 9 день (рис.) отражает степень зрелости, осуществлять активную работы по эндоцитозу, участвовать в процессах роллинга и их миграции из кровотока в ткани.

Литература

1. Моисеенко В.М., Волков Н.М. История иммунотерапии рака // практическая онкология. – 2016. – Т. 17, № 2. – С. 53-61.
2. Dendritic cell-based immunotherapy Rachel / R.L. Sabado, S. Balan, N. Bhardwaj // Cell Research. – 2017. – 27: 74-95.
3. Дендритноклеточные вакцины в иммунотерапии больных солидными опухолями: учебное пособие для врачей и обучающихся в системе высшего и дополнительного профессионального образования. СПб.: НМИЦ онкологии им. Н.Н. Петрова, 2020. – 128 с.

* * *

А.С. Гольдерова¹, Р.З. Алексеев^{1,2}, С.Н. Мамаева¹

¹ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова»,
677000, г. Якутск, Белинского, 58, Россия, hoto68@mail.ru

²ФГБНУ «Якутский научный центр комплексных медицинских проблем»,
677018, г. Якутск, ул. Ярославского, 6/3, Россия

ОСОБЕННОСТИ КОМПОНЕНТОВ СИНОВИАЛЬНОЙ ЖИДКОСТИ КОЛЕННОГО СУСТАВА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМАХ АРТРИТОВ МЕТОДОМ РАСТРОВОГО ЭЛЕКТРОННОГО МИКРОСКОПА

К изучению микрокристаллических артритов, с учетом высокой частоты их распространения, роста заболеваемости, а также несомненной социальной значимости проблемы, привлечено пристальное внимание специалистов. Наиболее часто микрокристаллические артриты вызываются кристаллами уратов (подагра) и пирофосфата кальция (болезнь депонирования пирофосфата кальция). Диагностика и лечение микрокристаллических артритов, несмотря на их широкое распространение, до сих пор вызывает затруднение [1]. Микроскопия в поляризованном свете остается единственным практическим способом идентификации этих частиц в клинических условиях. Проблема

чувствительности данного метода связана с низкой концентрацией кристаллов или присутствием кристаллов очень малого размера, поэтому отрицательный отчет всегда может быть ложноотрицательным. Проблема специфичности может быть решена за счет использования хорошего оборудования, хорошей лабораторной практики, специального обучения и упражнений по контролю качества [2]. Цель исследования – характеристика кристаллов синовиальной жидкости при различных патологиях коленного сустава методом растрового электронного микроскопа с энергодисперсионным анализом соотношения макроэлементов и их спектра. Исследования проводились на растровом электронном микроскопе (РЭМ) высокого разрешения с термополевым катодом Шоттки JSM-7800F («Japanese Electron Optics Laboratory» – «JEOL», Япония), дооснащенный системой энергодисперсионного микроанализа Oxford INCA Energy 350. Объектом исследования явились сухие мазки синовиальной жидкости, полученные при пункции коленного сустава пациентов с диагнозами: ревматоидный артрит, подагра, реактивный синовит, остеоартроз, пирофосфатная артропатия.

Анализ РЭМ-изображений указывает на существенные различия форм, размеров и степени конгломерации кристаллов в зависимости от диагноза, формы течения. Мазок синовиальной жидкости при подагре характеризуется большим количеством кристаллов в поле зрения по сравнению с мазками пациентов с другими формами артритов. На изображениях в основном наблюдались кристаллы двух видов: – мелкие, размер которых колеблется от 0,1 до 0,3 мкм; – крупные с размерами от 0,6 до 2,0 мкм. Следует отметить, что РЭМ-изображения при подагре отличаются от других особенной упорядоченностью расположения кристаллов относительно друг друга: по центру находятся более мелкие кристаллы, а по периферии – крупные. Спектральный анализ наведенного кристалла синовиальной жидкости пациентов с подагрой характеризуется тем, что кристаллы в основном состоят из Na, C, N, O, а содержание Na в несколько раз преобладает над другими макроэлементами. У пациентов с диагнозом пирофосфатная артропатия, характерно большое количество кристаллов, имеющих и мелкие и крупные размеры, расположенных хаотично. Спектральный анализ указывает, что кристаллы состоят из Cl, O и Na с некоторым преобладанием Cl. В синовиальной жидкости при артрозе коленного сустава наблюдаются конгломераты с преобладанием более крупных кристаллов до 4 мкм. Результаты спектрального элементного анализа выбранного крупного

кристалла указывают Cl и Na с преобладание хлора над натрием. Синовиальная жидкость пациента с диагнозом ревматоидный артрит представлена густой сетью конгломератов (натрия хлора), состоящих из множества мелких кристаллов (0,3 – 0,5 мкм). Спектральный анализ наведенного кристалла характеризуется преобладающим содержанием Na (весовой % – 65,22; атомный % – 51,2 %). В некоторых образцах синовиальной жидкости с различными патологиями коленного сустава на РЭМ-изображениях кроме кристаллов обнаружены объекты, которые по размерам соответствуют вирусам и бактериям. Известно, что инфицирование сустава может наблюдаться не только при реактивных артритах. Полученные нами особенности РЭМ-изображений и спектрального анализа химических элементов кристаллов могут иметь в будущем важное значение для дифференцирования диагноза и могут стать основой для разработки новых диагностических методов.

Литература

1. Елисеев М.С., Желябина О.В. Сочетание подагры и болезни депонирования пирофосфатов кальция: трудности диагностики и лечения // Русский медицинский журнал. Медицинское обозрение. – 2017. – Т. 1. – № 1. – С. 44-47.
2. Dieppe P, Swan A (1999) Identification of crystals in synovial fluid. Ann Rheum Dis 58:261–263. doi:10.1136/ard.58.5.261

* * *

В.Ф. Горбунова, А.Н. Егоров, А.С. Гольдерова

ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова»,
677000, г. Якутск, Белинского, 58, Россия, hoto68@mail.ru

ОЦЕНКА Т-КЛЕТОЧНОГО ИММУНИТЕТА К SARS-COV-2 МЕТОДОМ ELISPOT

Новый коронавирус SARS-CoV-2 представляет собой одноцепочечный РНК-содержащий вирус, относится к семейству Coronaviridae, относится к линии Beta-CoVB. Исследования Т-клеточного иммунитета в контексте новой коронавирусной инфекции особенно актуальны, хотя в литературе обнаруживаются противоречивые данные, вероятно, из-за отсутствия стандартизации методики. Данные исследований позволяют предположить следующее: стратификация риска на

индивидуальном уровне может быть более точно определена с использованием Т-клеточных анализов; содержание Т-клеток, специфически реагирующих на SARS-CoV-2, снижается с возрастом, что может объяснить более высокую частоту и тяжесть заболевания в этой группе, особенно при отсутствии антител (серология). Модификацией иммуноферментного анализа является метод ELISPOT. Принцип заключается в специфической реакции сенсibilизированных антител с секретлируемыми клеткой молекулами. В результате этой реакции формируются окрашенные точки (пятна). ELISPOT позволяет визуализировать секретлируемый продукт на поверхности активированной или стимулированной к иммунному ответу индивидуальной клетки, что дает и качественную (тип иммунного белка), и количественную (число отвечающих клеток) информацию. Каждое пятно (спот) в общем случае представляет собой единственную клетку, секретлирующую специфический цитокин, подсчитываются либо вручную (с помощью стереомикроскопа), либо с использованием ELISPOT-ридеров. Такая уникально высокая чувствительность определяется тем, что детектируемый продукт в момент анализа находится на поверхности секретлирующей клетки, будучи связан с ее рецепторами, до того, как он растворится в супернатанте или деградирует. Пределы его чувствительности ниже 1/100 000, что делает этот метод очень полезным для мониторинга антиген-специфических ответов в различных областях иммунологических исследований [1].

Объектом исследования явились 67 человек (средний возраст $57,75 \pm 17,12$), из них 19 мужчин и 48 женщин. Из 67 человек 49 человек были добровольцами, сдавали кровь в условиях поликлиники, а 18 человек были пациентами стационарных отделений, специализированных по COVID-19. Для исследования применяли версию иммуноферментного метода IGRA ELISPOT (Interferon Gamma Release Assay, Enzyme-Linked SPOT analysis) ТиграТест®SARS-CoV-2 (фирмы «Генериум», Россия), в котором цитокин интерферон-гамма (IFN γ) связывается на поверхности мембраны культурального планшета рядом с секретлирующими их клетками, предназначен для выявления Т-клеток, которые отвечают на стимуляцию специфическими для SARS-CoV-2 антигенами и позволяет подсчитать отдельные активированные Т-клетки. Все стадии лабораторного исследования были проведены по инструкции фирмы-изготовителя. Цель исследования – оценить особенности формирования специфического Т-клеточного иммунитета

у перенесших инфекцию COVID-19, а также у вакцинированных против новой коронавирусной инфекции.

Нами выявлено статистически значимое различие в распределении ранжированных данных количества спотов панели антигена 2 (пептиды белков N, M, ORF3a и ORF7a) по группам в зависимости от клинического диагноза COVID-19 обследованных больных ($\chi^2 = 12,11$; $p = 0,033$), т.е. в группе переболевших COVID-19 ($n = 44$) медиана (25,50 (6,00; 40,00)) значительно превышает ($p = 0,009$) значения не переболевших лиц ($n = 23$) (8,00 (1,00; 16,00)). Сравнительный анализ показал, что у переболевших лиц имеется некоторая тенденция ($p = 0,081$) к повышению (22,50 (4,25; 39,50)) антигена 1 (пептиды S-белка), чем у не переболевших (14,00 (4,00; 23,00)). Проведенный анализ данных среди 23 не переболевших COVID-19 лиц показал, что существует некоторая тенденция ($\chi^2 = 3,24$; $p = 0,072$) в зависимости от наличия любой противоковидной вакцины и положительным результатом к антигену 1. Однако, к антигену 2 такого различия не наблюдается. У вакцинированных и не переболевших характерно формирования преимущественно Т-клеточного иммунитета к антигену 1, нежели к антигену 2. Выявлена статистически значимая ($\chi^2 = 19,23$; $p = 0,037$) зависимость ранжированных данных по антигену 1 от значений компьютерной томографии (площади пневмонии). Таким образом, наибольшее количество спотов встречается у больных с пневмонией до 25 %. Полученные нами результаты, указывают на высокую степень специфичности и чувствительности метода.

Литература

1. Козлов В.А. Клиническая иммунология / В.А. Козлов, А.А. Савченко, И.В. Кудрявцев и др. – Красноярск : Поликор, 2020. – 386 с.

* * *

А.А. Григорьева

ФГБНУ «Якутский научный центр комплексных медицинских проблем»,
г. Якутск, Россия, Nastiagrigoryeva@gmail.com

АККУМУЛЯЦИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВЕ И КОРМОВЫХ ТРАВАХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ

В настоящее время в биосферу поступает свыше 500 тыс. разновидностей продуктов техногенеза. Среди приоритетных токсикантов, загрязнителей природной среды, одно из главных мест занимают тяжелые металлы, которые попадают в окружающую среду с выбросами промышленных предприятий, теплоэлектростанций, автотранспорта и аккумулируются в почве, а из почвы переходят в растения. Естественные пастбища и угодья в Хангаласском районе расположены вдоль автомагистрали федерального значения с высоким воздействием загрязняющих веществ. Исследовательский интерес к данному вопросу обусловлен тем, что почва и кормовые травы являются первичным звеном в переходе тяжелых металлов (ТМ) по трофической цепи, по которой потенциально опасные элементы могут поступать в пищевой рацион человека и в конечном итоге определять качество его жизни. Современное общество не может существовать без автомобильного транспорта, являющегося одним из основных видов транспортных средств и, конечно, частью быта населения.

Целью данной работы является оценка накопления тяжелых металлов (Pb, Zn, Cu) в системе почва – кормовые травы на пастбищных угодьях с. Техтюр Хангаласского района. Объектами исследования служили образцы почв и кормовые травы, собранные на пастбищных угодьях с. Техтюр Хангаласского района.

Надземная часть кормовых трав и образцы почв были взяты с площадок размером 30x30 см. Отбор проб почвы и кормовых трав проводили по ГОСТу 28168-89, ГОСТу 27662-87 [10, 11]. Для того, чтобы оценить накопление тяжелых металлов в почве и кормовых травах, пробы отбирались в 5 м, 200-250 м с обеих сторон от автотрассы Якутск – Покровск. Концентрацию тяжелых металлов (Zn, Cu, Pb) определяли методом атомноабсорбционного спектрального анализа (МГА-915) ГОСТ 30178-96, ГОСТ 26929-94 [12, 13]. Статистическая обработка материала была обработана с применением программы STATISTICA. При анализе результатов исследования нами выявлено, что на содержание ТМ

в почве пастбищных угодий с. Техтюр влияет удаленность от автотрассы. Анализ содержания подвижных форм свинца, цинка и меди во взятых нами образцах почвы показал, что концентрация тяжелых металлов распределяется в порядке убывания $Zn > Cu > Pb$.

Накопление в почвах ТМ вызывает определенные изменения в растениях, связанные с возникновением в них защитных механизмов и усилением антагонизма ионов. Растения являются вторым важным фактором (после почвы) на пути перемещения тяжелых металлов в организм человека. Характер накопления выбранных нами элементов в надземных частях растений отражает их содержание в почве: концентрация ТМ в кормовых травах распределяется в порядке убывания $Zn > Cu > Pb$. В кормовых травах, произрастающих с правой стороны трассы, концентрация свинца и меди ($p \leq 0,05$) в зависимости от расстояния повышается, а цинка – уменьшается ($p \leq 0,05$). Сравнительный анализ результатов, показывает, что с правой стороны от автодороги уровень ТМ выше как в почве, так и в надземных частях растений. Этот факт можно объяснить различием рельефа: с левой стороны от автотрассы находится равнинная местность, которая представляет собой пойменную террасу (бывшее русло р. Лена), а с правой стороны находится склон коренного берега. Уровень цинка в 5 м, а меди в 5 и 200 м от автотрассы превышал ПДК. Результаты наших исследований показывают, что на содержание ТМ в почве пастбищных угодий с. Техтюр влияют удаленность от автотрассы и рельеф местности. Содержание ТМ в почве не превышало предельно-допустимые концентрации. Характер накопления тяжелых металлов с левой стороны в надземных частях растений отражает их содержание в почве. Анализ содержания ТМ в почве и в кормовых травах показал, что распределение происходит в порядке убывания $Zn > Cu > Pb$. Накопление ТМ в почве и в кормовых травах пастбищных лугов с. Техтюр Хангаласского района, расположенных вблизи автомагистрали, зависит от удаленности от автотрассы как с левой, так и с правой стороны. Результаты свидетельствуют о том, что кормовые травы, произрастающие рядом с автотрассой (5 м), аккумулируют больше микроэлементов, чем те растения, которые растут на большем расстоянии от нее (200-250 м).

Литература

1. ГОСТ 27662-87. Корма растительного происхождения. Методы отбора проб.

2. ГОСТ 28168-89. Почвы. Отбор проб.
3. ГОСТ 26929-94. Сырье и продукты пищевые. Подготовка проб. Минерализация для определения содержания токсичных элементов.
4. ГОСТ 30178-96. Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов.

* * *

А.В. Ефремова

*ФГБНУ «Якутский научный центр комплексных медицинских проблем»,
677000, г. Якутск, Ярославского, 6/3, Россия, a.efremova01@mail.ru*

МАРКЕРЫ БРАУНИНГА У ВЗРОСЛЫХ КОРЕННЫХ ЖИТЕЛЕЙ ЯКУТИИ В УСЛОВИЯХ ЕСТЕСТВЕННОГО ХОЛОДА

В данной работе был проведен анализ профиля экспрессии в мононуклеарных клетках периферической крови маркеров активности бурой жировой ткани (CIDEA, PRDM 16), маркеров браунинга белых адипоцитов (HOXC9, Slc27A1) и маркера β -окисления жирных кислот (Cpt1a) у 179 коренных жителей Якутии, проходчиков алмазодобывающей компании, которые в течение 3 месяцев находились в условиях естественного холода. Для определения метаболического статуса были оценены антропометрические данные, уровень глюкозы и липидный профиль крови исследуемых.

Ранее считалось, что бурая жировая ткань (БЖТ) в организме человека функционирует лишь в его младенческом возрасте. В 2009 году в «The new England journal of medicine» были опубликованы три статьи, посвященные активности бурой жировой ткани у взрослых людей. В статьях четко было доказано наличие функционирующей бурой жировой ткани методом позитронно-эмиссионной томографии с определением усвоения ^{18}F фтордеоксиглюкозы и прижизненной биопсии с иммуногистохимическим определением UCP 1 белка в биоптатах.

Бурая жировая ткань активизируется в конкретных областях жирового органа, когда животные или люди подвергаются воздействию холода. Ряд исследователей нашли косвенные признаки активности бурой жировой ткани у жителей регионов с экстремально холодным климатом.

Целью нашего исследования являлась оценка экспрессии генов маркеров браунинга в мононуклеарных клетках периферической крови (МКПК) у подвергшихся холодовому воздействию взрослых коренных

жителей Якутии по сравнению с контрольной группой, а также оценка различий в метаболическом статусе между исследуемыми группами.

Всего в этом исследовании приняли участие 179 человек: 29 из них принадлежали к контрольной группе, а 150 исследуемых к группе с холодным воздействием. Средний возраст исследуемых составил 32 года (IQR: 28; 38). Среди лиц, подвергшихся воздействию холода, 35 % подвергались воздействию холода менее 5 ч, причем 21 % испытуемых подвергались воздействию холода менее 2 ч; 65 % подвергались воздействию холода более 5 ч, а 55 % подвергались воздействию холода в течение 11 ч. Не было обнаружено существенных различий в возрасте, окружности талии (ОТ) и соотношении окружности талии и бедер (ОТ/ОБ) между двумя группами. Параметры веса, рост, ИМТ и окружность бедер были значительно ниже в группе холодного воздействия по сравнению с контрольной группой.

Исследование экспрессии генов в МКПК выявило достоверно более низкие уровни экспрессии CIDEA и более высокие уровни экспрессии NOXС9 в группе холодового воздействия по сравнению с контрольной группой, в то время как достоверных различий в экспрессии других маркеров обнаружено не было. После поправки на возраст (а также с поправкой на ИМТ и без нее) циркулирующий общий холестерин, ЛПНП, ЛПВП, ЛПОНП и триглицериды, а также коэффициент атерогенности были сопоставимы между двумя группами в анализах. Однако в группе с холодным воздействием уровень циркулирующей глюкозы был значительно выше, чем в контрольной группе.

Это первое исследование, посвященное изучению экспрессии генов регуляторов активации бурых, бежевых адипоцитов и окисления жирных кислот в МКПК у людей, которые хронически подвергались воздействию экстремально низких температур. Наши данные показали, что исследуемые, подвергшиеся холодовому воздействию, экспрессировали более низкие уровни маркера бурых адипоцитов CIDEA и более высокие уровни маркера бежевых адипоцитов NOXС9 по сравнению с контролем, в то время как экспрессия других изученных нами генов достоверно не различалась между группами. Интересно, что люди, подвергшиеся воздействию холода в этом исследовании, имели более высокий уровень глюкозы в крови, но более низкую массу тела, ИМТ и окружность бедер по сравнению с контролем, что, возможно, отражало более здоровый метаболический статус. Полученные нами данные доказали, что определенные маркеры бурых и бежевых адипоцитов

могут быть обнаружены в МКПК человека и изменяются в зависимости от воздействия холода, потенциально отражая изменения в активации БЖТ, процесса браунинга в белой жировой ткани и связанном с ними метаболическом статусе исследуемых. Таким образом, увеличение НОХС9 в МКПК людей, подвергнутых холодовому воздействию может отражать изменения экспрессии в их жировых депо, что делает его потенциальным кандидатом для использования в качестве маркера браунинга. Наши данные согласуются с результатами исследований по секвенированию РНК, показывающими, что БЖТ человека имеет сигнатуру экспрессии генов, напоминающую сигнатуру бежевых адипоцитов.

В заключении следует отметить, что это первое исследование, демонстрирующее, что мононуклеарные клетки периферической крови человека экспрессируют маркеры бурых адипоцитов и браунинга, уровни мРНК СIDEA и НОХС9 варьируют в зависимости от воздействия холода. Основываясь на наших результатах, мы полагаем, что экспрессия СIDEA в МКПК человека может отражать его экспрессию в БЖТ в состоянии хронической активации, в то время как экспрессия НОХС9 может отражать экспрессию белых адипоцитов, подвергающихся трансдифференцировке от белого к бурому адипоцитогенезу, что делает оба маркера потенциально полезными маркерами активации БЖТ и процесса браунинга, заслуживающими дальнейшего изучения и валидации.

* * *

Ф.А. Захарова, Н.Ф. Федорова

*ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова»,
677000, г. Якутск, Белинского, 58, Россия, patfiz63@mail.ru*

МУЛЬТИДИСЦИПЛИНАРНЫЙ ПОДХОД В ДИАГНОСТИКЕ COVID-19

Новые медицинские технологии создаются коллективными усилиями специалистов разнообразных областей науки и техники: биологии, медицины, физики, химии, электроники.

В лабораторной медицине активно внедряются высокотехнологичные исследования с применением молекулярно-генетических, иммунологических, биохимических, гематологических, коагулологических, цитологических, бактериологических, паразитологических, вирусоло-

логических и других методов. В практике лабораторной медицины все шире используется современное оборудование и наукоемкие технологии, интенсивно развиваются новые направления лабораторных исследований, которые, с одной стороны, оценивают все больше параметров состояния органов и систем человека, а с другой стороны, отражают мировые тенденции – персонафицированную диагностику, лекарственный мониторинг, оценку эффективности лечения конкретного пациента.

Современные лаборатории все больше приобретают черты автоматизированных комплексов современных молекулярно-биологических исследований, выполнять которые эффективно могут не только специалисты с медицинским образованием, но и биохимики, биофизики, молекулярные биологи, генетики, микробиологи и другие специалисты с немедицинским образованием.

Лабораторные и методы лучевой диагностики имеют первостепенное значение в диагностике и оценке эффективности проводимой терапии при всех заболеваниях человека. Ярким примером является новая коронаровирусная инфекция COVID-19, вызвавшая тяжелую пандемию в 2019-2022 годах. Уже несколько лет ведется упорная борьба с этой болезнью в мире.

Многочисленные клинико-лабораторные исследования, проводимые в разных странах, свидетельствуют, что COVID-19 характеризуется системным характером и повреждением многих органов и тканей.

Для диагностики и контроля динамики течения COVID-19 в УН КДЛ Клиники СВФУ проводились следующие исследования:

- Выявление РНК SARS-CoV-2 в биологическом материале методом ОТ-ПЦР с детекцией продуктов реакции в режиме реального времени (RealTime ПЦР). В исследовании использовали биоматериал – соскоб из зева и носа.
- Определение антител IgM и IgG методом ИФА с использованием тест систем «SARS-CoV-2-IgG-ИФА- БЕСТ»
- ОАК (количество лейкоцитов, эритроцитов, гемоглобина, гематокрит, тромбоцитов, MCH, MCV, MCHC, RDW, лейкоцитарная формула) проводили на гематологическом анализаторе «Mindray BC 5300
- Содержание в крови ИЛ-6, ИЛ -10, ИЛ-18 определяли методом ИФА наборами «ИФА-ИЛ-6,10,18» производства компании «Вектор-БЕСТ»
- Биохимические показатели: содержание глюкозы, холестерина, СРБ, ферритина – на биохимическом анализаторе

- Показатели гемостаза (ПТИ, МНО, АЧТВ, ПТИ, содержание фибриногена) – на коагулометре ACL, elite PRO

Изучены результаты анализов у 155 пациентов в возрасте от 20 до 85 лет. Мужчин – 65 (41,9 %), женщин – 90 (58,1 %) с положительным тестом на РНК SARS-CoV-2, проходивших амбулаторное и стационарное лечение в г.Якутске.

Маркерами системной воспалительной реакции (СВР) организма при COVID-19 являются: лейкоцитоз, ускоренное СОЭ, повышенное содержание в крови СРБ, повышенное содержание цитокинов и белков острой фазы (ферритин, фибриноген).

Интерлейкин 6 (ИЛ-6) является одним из важнейших медиаторов острой фазы воспаления и представляет собой многофункциональный цитокин, участвующий в регуляции иммунных реакций, в процессах кроветворения и воспаления.

Уровень ИЛ-6 варьировал от 0,1 до 852 пг/мл. Высокий уровень ИЛ 6 больше 100 пг/мл выявлен у 28,9 % больных, среди которых у 25,7 % выявлен нейтрофильный лейкоцитоз, относительная лимфопения (40 %) и ускоренное СОЭ (54,3 %).

Таким образом, лабораторная диагностика нарушений в организме позволяет выявить как ранние признаки нарушений, так и прогностические маркеры тяжести течения болезни при COVID-19. Отслеживание динамики биомаркеров крови в ходе заболевания помогает клиницистам осуществлять индивидуальный подход к лечению и прогнозировать тяжесть течения и осложнения, предсказывать необходимость интенсивной терапии тем, кто в ней больше всего нуждается.

* * *

К.А. Ильясов, И.И. Усманова, О.И. Недопекин

*ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»,
677000, г. Казань, Кремлевская, 18, Россия, kamil.ilyasov@gmail.com*

ВЫЯВЛЕНИЕ СТРУКТУРНЫХ СВЯЗЕЙ В ГОЛОВНОМ МОЗГЕ ИЗ ДАННЫХ МРТ ПО ТЕНЗОРУ ДИФФУЗИИ

Совершенствование аппаратуры МРТ и развитие технологий получения МРТ изображений позволяют получать изображения с более высоким пространственным разрешением за более короткое время.

Для максимального использования потенциала МРТ необходим комплексный подход включая максимальное использование аппаратных возможностей современных МРТ сканеров, выбор наиболее эффективных последовательностей для измерений и их параметров и последующую обработку полученных «сырых данных» с целью выявления всей имеющейся информации о строении, структурных и динамических связях в организме человека. В данной работе на основе количественного анализа данных МРТ по диффузии, аксональной трактографии и функциональной МРТ разрабатываются методы выявления структурных и функциональных связей в головном мозге для неинвазивного исследования работы мозга и раннего обнаружения патологий. Как дальнейшее развитие методов выявления структурных связей в головном мозге на основе метода аксональной трактографии был разработан и апробирован на МРТ данных по тензору диффузии, полученных на здоровых добровольцах, метод расчета матрицы вероятности связности (МС) различных участков кортикальной поверхности мозга [1]. Метод использует данные МРТ по диффузии, учитывает не только тракты, найденные каким-то алгоритмом аксональной трактографии, но и распределение плотности этих трактов. Для измеряемых в МРТ данных получается матрица связи с размерностью порядка $\approx 10^7 * 10^4$. Анализ данных с такой размерностью технически очень труден, однако поскольку большая часть элементов этой матрицы будут нулевыми, ее размерность возможно значительно сократить. Мы использовали метода анализа главных компонент для выявления «основных» мод связности, соответствующим основным трактам (рис 1).

Полученные результаты показали, что этот метод достаточно устойчив к артефактам и ошибкам алгоритмов трактографии. Когда в модельных расчетах часть существующих трактов искусственно разрывалась, матрицы связности менялись незначительно. При повторных измерениях и анализах метод показал высокую воспроизводимость для каждого из субъектов и также метод не сильно зависит от сканера, что может потенциально использоваться для крупномасштабных нормативных данных для клинического применения. Получаемые таким образом матрицы связности коррелируют с матрицами связности, полученными из данных функциональной МРТ покоя, однако наблюдались и различия, связанные с различиями характера выявляемых связей.

mfGT

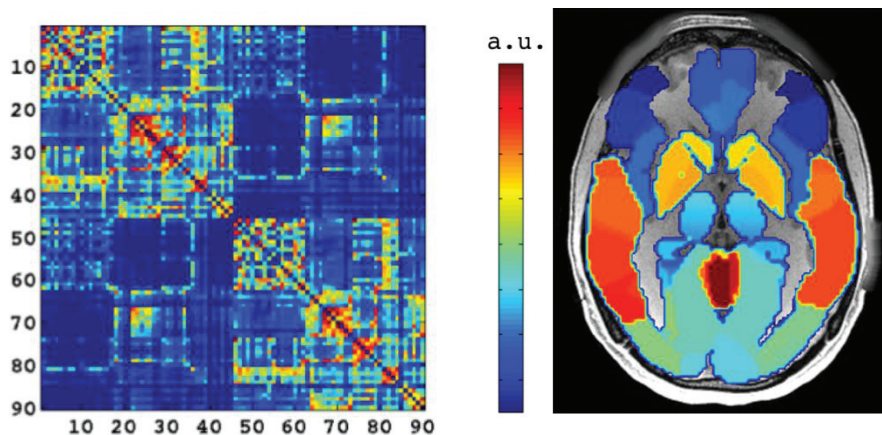


Рисунок 1 – Матрица связности, полученная на *in vivo* данных в логарифмической шкале [1]. Расчёты проводились на базе результатов разработанного нами метода безмодельной глобальной трактографии mfGT [2]. Шкала приводится в относительных единицах, красный цвет соответствует наибольшей вероятности. Номера от 1 до 90 – номера зон на кортикальной поверхности мозга согласно AAL атласу [3]

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта No.19-29-10006.

Литература

1. Konopleva L.V., Il'yasov K.A. et al. Robust intra-individual estimation of structural connectivity by Principal Component Analysis // *NeuroImage*. – 2021. – Vol. 226. – P. 117483.
2. Konopleva L.V., Il'yasov K.A. et al. Model-free global tractography // *NeuroImage*. – 2018. – Vol. 174. – P. 576-586.
3. Tzourio-Mazoyer N., Landeau B., et al. // *NeuroImage*. – 2002. – Vol. 15. – P. 273-289.

* * *

И.В. Кононова¹, С.Н. Мамаева²

¹ФГБНУ «Якутский научный центр комплексных медицинских проблем»,
677000, г. Якутск, ул. Ярославского, 6/3, Россия, irinakon.07@mail.ru

²ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова»,
677000, г. Якутск, Белинского 58, Россия, sargylana_mamaeva@mail.ru

КАК, ИСПОЛЬЗУЯ РЕЗУЛЬТАТЫ ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ КРОВИ, ПРИДУМАТЬ МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИЙ СПОСОБ ВЫЯВЛЕНИЯ РАКА ШЕЙКИ МАТКИ

В 2014 году в СВФУ совместными усилиями якутских исследователей в биофизических и медицинских науках, используя растровый электронный микроскоп высокого разрешения JEOL JSM-7800F (РЭМ), впервые без нанесения дополнительного покрытия было получено изображение образца венозной крови человека – пациента с нефропатией (рис.1). При увеличении более чем в 50 раз удалось увидеть поверхность эритроцита, на которой присутствовали наноразмерные частицы (на Рис. 1б имеют вид белых точек) и наноразмерные углубления в виде лунок (на Рис. 1б имеют вид черных точек). В продолжение изучения с помощью РЭМ образцов венозной крови было обнаружено, что поверхность эритроцитов пациентов с раком шейки матки имеет такие же частицы и «лунки». Первое, о чем тогда подумалось: эндогенные наноразмерные частицы (ЭНЧ) – это вирусные частицы, так как доказано, что вирусные частицы определенных таксономических групп могут вступать во взаимодействие с эритроцитами [2]. На этапе поиска вирусных маркеров в эритроцитарной фракции крови, который стал одной из важных задач научной работы, в состав исследователей включились биологи.

Донорами биоматериала стали пациентки с раком шейки матки (РШМ), поскольку доказана его вирусная этиология. Инфицирование вирусом папилломы человека (ВПЧ) является причиной практически всех случаев РШМ [4]. Также исследователями было сделано допущение, что визуализированные с помощью РЭМ ЭНЧ могут быть также внеклеточными частицами, происходящими из раковых клеток. В таком случае ЭНЧ должны иметь в своем составе опухолевую ДНК. Для опухолевой ДНК при РШМ характерно содержание фрагментов генов ВПЧ и генома человека. Поэтому было решено осуществить совместное определение искомым фрагментов ДНК во фракциях крови, которые не содержат ядра клеток – в плазме и эритроцитах.

Эксперименты с использованием полимеразной цепной реакции показали, что у пациенток с РШМ в одной не содержащей ядра клеток фракции крови могут быть совместно детектированы как участки генов ВПЧ, так и участки генов генома человека [1, 3]. При этом совместное обнаружение искомым участков ДНК происходит в эритроцитарной фракции чаще, чем в плазме [3]. Исходя из результатов экспериментов, в настоящее время их ключевыми участниками оформляются документы для получения российского патента на способ диагностики РШМ по анализу крови.

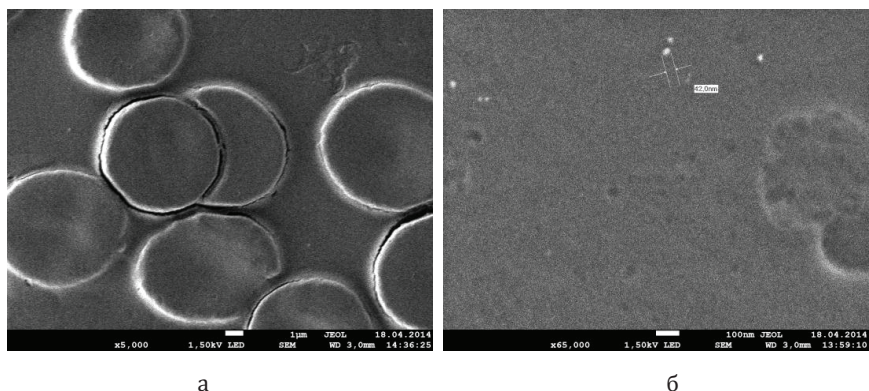


Рисунок 1 – РЭМ-изображения образца венозной крови пациента с патологией почек: а – с увеличением в 5000 крат, б – с увеличением в 65000 крат

Литература

1. Обнаружение циркулирующей ДНК в безъядерных фракциях крови у пациентки с раком шейки матки / И.В. Кононова [и др.] // Современные проблемы науки и образования. – 2022. – № 2. – DOI: 10.17513/spno.31543.
2. Howe C., Lee L.T. Virus-erythrocyte interactions // Advances in virus research. – 1972. – № 17. – P. 1-50. – DOI: 10.1016/s0065-3527(08)60746-0.
3. Simultaneous Detection of the HPV L1 Gene and the Human β -Globin Gene in the Blood Components of Cervical Cancer Patients Living in Yakutia / I.V. Kononova [et al.] // International Journal of Biomedicine. – 2022. – № 12(1). – P. 109-114. – DOI: 10.21103/Article12(1)_OA10.
4. US assessment of HPV types in cancers: implications for current and 9-valent HPV vaccines / M. Saraiya [et al.] // Journal of the National Cancer Institute. – 2015. – № 107(6). – djv086. DOI: <https://doi.org/10.1093/jnci/djv086>.

Т.А. Крылова¹, Т.Е. Гоголева¹, С.Н. Мамаева¹, В.А. Алексеев², Н.Ф. Федорова³

¹ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова»,
677000, г. Якутск, Кулаковского, 48, Россия, tanyakryl9898@mail.ru

²Арктический медицинский центр, ФГБНУ «Якутский научный центр
комплексных медицинских проблем», 677000, г. Якутск, Кулаковского, 6, Россия

³ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова»,
677000, г. Якутск, Кулаковского, 36, Россия

ВИРУС ПАПИЛЛОМЫ ЧЕЛОВЕКА: РЭМ И МЕТОД ИММУНОФЛУОРЕСЦЕНТНОГО АНАЛИЗА В ИССЛЕДОВАНИИ ЭРИТРОЦИТОВ ПАЦИЕНТОВ С РАКОМ ШЕЙКИ МАТКИ

В настоящее время среди всех злокачественных новообразований рак шейки матки (РШМ) все еще остается одной из наиболее распространенных форм. Известно, что причиной возникновения РШМ является вирус папилломы человека (ВПЧ) [1]. Однако, о данном вирусе мало, что известно и специфического лечения в наше время не существует. В связи с чем, особенно востребованным на сегодняшний день является применение способов, способных выявлять широкий спектр генотипов ВПЧ, с целью совершенствования ранней диагностики данного заболевания.

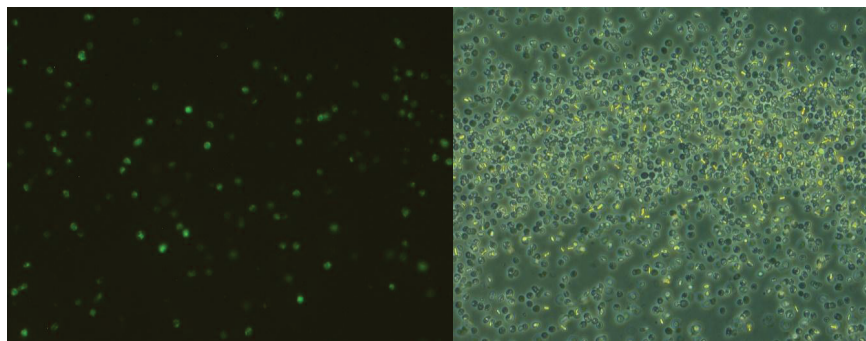
В ранее проведенных исследованиях по изучению морфологии эритроцитов крови у детей с заболеваниями почек и пациентов с раком шейки матки методом растровой электронной микроскопии (РЭМ) на поверхности эритроцитов были обнаружены наноразмерные частицы, природа которых оказалась неизвестной [2]. Предполагалось, что эти нанобъекты могут быть вирусами, так как размеры их оказались схожими, в случае рака шейки матки – вирусами папилломы человека. Поэтому возникла необходимость идентификации и определение природы наночастиц.

Целью данной работы является проверка предположения о возможном присутствии вируса папилломы человека в эритроцитарной массе крови пациентов больных раком шейки матки методами РЭМ и иммунофлуоресцентного анализа.

В рамках работы объектами исследования послужили образцы венозной крови и мазки крови стационарных пациентов, проходивших комплексную терапию, с диагнозом рак шейки матки.

В результате проведенного исследования получены снимки эритроцитов крови на растровом электронном микроскопе, в которых наблюдаются наночастицы, размеры которых сопоставимы с размерами ВПЧ,

а также получены изображения FITC-меченных клеток при помощи инвертированного флуоресцентного микроскопа, на которых наблюдается и подтверждается наличие вирусных частиц на поверхности эритроцитов (рис. 1).



а б
Рисунок 1 – Снимки образца, полученные на инвертированном микроскопе:
а) режим флуоресценции; б) фазовый контраст

Литература

1. Заридзе Д.Г. Рак шейки матки и другие ВПЧ ассоциированные опухоли в России / Максимович Д.М., Стилиди И.С. // Вопросы онкологии. – 2020. – Т. 66, № 4. – С. 325-335.
2. S.N. Mamaeva, G.V. Maksimov, E.P. Neustroev, Y.A. Munkhalova, S.R. Antonov, A.N. Pavlov. Use of nanocomposite material based on grapheme oxide and silver nanoparticles in research of blood erythrocytes in various diseases//Book of abstracts of 2nd International Symposium on «Physics, Engineering and Technologies for Biomedicine», Moscow, October 10-14, 2017, pp. 260-261.

* * *

А.В. Максимов

ГАУ РС (Я) «Республиканская больница № 1 – Национальный центр медицины»,
677019, г. Якутск, ул. Сергеляхское шоссе, 4, Россия, maksimov_alex1971@mail.ru

КАНЦЕРОКИНЕЗ – НОВОЕ СЛОВО В ОНКОЛОГИИ

Во всем мире проводится масса исследований о том, как и отчего возникает злокачественная опухоль. О том, как ведет себя опухоль

дальше – скудное число исследований. Существует множество математических моделей роста опухоли: Skipper-Schabel-Wilcox, Speer-Retsky, Goldie-Coldman и другие, но ни одна из них не может раскрыть причину взрывного роста опухоли – явления, когда злокачественное новообразование растет «на глазах», превращаясь из небольшого скопления клеток, в огромную опухоль.

Имеются известные факты:

1. Рост опухоли почки составляет в среднем 2,5 мм в год.
2. Опухоли стадии T2 размерами 7-10 см с такой скоростью должны расти в течение 25-40 лет.
3. Рак почки в большинстве случаев имеет сферическую форму.
4. Псевдокапсула рака почки представляет собой сдавленную паренхиму почки и фиброзную ткань.
5. На разрезе опухоли почки иногда встречаются скопления старой крови и кистозные включения.
6. Микроскопически, опухоли почек начисто лишены даже следов структурного строения почечной ткани (клубочки, канальцы).

Исходя из вышесказанного, представлена гипотеза «взрывного роста» опухоли почек – малая опухоль почки в одночасье, одновременно превращается в большой объемный процесс:

1. Раковые клетки разрушают нормальную ткань почки. При этом, ферментному протеолизу подвергаются все ткани почки – клубочки, канальцы или артерии. Цитолиз тубулярных структур почки, как и венозной сети, не имеет большого клинического значения ввиду низкого гидродинамического давления в этих сосудах. Совсем другое явление возникает при поражении сосудистой стенки артерии, находящей под давлением.

2. Истонченная стенка артерии, при резком повышении давления разрывается – формируется гематома.

3. В результате разрыва первоначальной опухоли, по всему объему сформированной гематомы разбрасываются раковые клетки первичной опухоли. В новой локации злокачественные клетки чувствуют себя вольготно и начинают бурное размножение, заполняя максимальный объем гематомы.

4. При отсутствии притока крови и кислорода в гематоме, в онкоцитах включается анаэробный гликолиз, что приводит к повышению осмолярности в опухолевой ткани, и проявляется появлением большого числа эхиноцитов в крови, взятой из толщи опухоли.

Сферическая форма опухоли почки обусловлена равномерным сопротивлением окружающей паренхимы растущей гематоме. В толще опухоли на разрезе нередко встречаются скопления гемосидерина и кистозные вакуоли в толще опухоли – это остатки гематомы и лизированной крови. Нередко первым клиническим проявлением внезапного роста опухоли почки является почечная колика и макрогематурия на фоне гипертонического криза.

До настоящего времени в мире существует установка активного динамического наблюдения за малыми опухолевыми массами. Обоснование взрывного роста опухоли может поменять данную парадигму в сторону более активной хирургической тактики. Современные методы хирургического лечения позволяют выполнить оперативное лечение с минимальной травматизацией, с минимальными функциональными потерями и максимальной онкологической радикальностью, тем самым сохраняя функцию органа на благо жизни, здоровья и активного долголетия человека.

* * *

А.К. Оконешникова¹, А.А. Калинин^{2,3}, В.А. Бывальцев^{2,3}

¹ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова», 677000, г. Якутск, ул. Ойунского, 27, Россия, alena-okoneshnikova@mail.ru

²ФГБОУ ВО «Иркутский государственный медицинский университет», 664003, г. Иркутск, ул. Красного Восстания, 1, Россия

³ЧУЗ «Клиническая больница «РЖД-Медицина г. Иркутск»
Центр нейрохирургии, 664003, г. Иркутск, ул. Боткина, 10, Россия

ТАКТИКО-ХИРУРГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ ОКАЗАНИЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ НЕЙРОХИРУРГИЧЕСКОЙ ПОМОЩИ ПАЦИЕНТАМ С ДЕГЕНЕРАТИВНЫМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ ДУГООТРОСТЧАТЫХ СУСТАВОВ НИЖНЕПОЯСНИЧНОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА

Введение. Для определения и обоснования оптимального объёма оперативного вмешательства необходим правильный выбор тактики хирургического лечения пациентов на дооперационном этапе с учетом индивидуальных морфологических изменений дугоотростчатых суставов (ДС), ориентации суставных поверхностей и величины

фасеточного угла, наличия или отсутствия тропизма для улучшения отдаленных послеоперационных клинических исходов.

Целью данного исследования является оптимизация результатов хирургического лечения и обоснование выбранной лечебно-диагностической тактики у пациентов с дегенеративными заболеваниями ДС нижнепоясничного отдела позвоночника с учетом дифференцированного предоперационного клинико-инструментального алгоритма.

Ретроспективно исследованы результаты хирургического лечения 145 пациентов, оперированных по поводу дегенеративного заболевания поясничного отдела позвоночника в центре Нейрохирургии г. Иркутск. Выделено три группы: первую (n=50) составили пациенты, которым выполнена дискэктомия из внебрюшинного параректального доступа динамическим протезом межпозвонкового диска, во II группе (n=48) проведен трансфораминальный межтеловой спондилодез с монологатеральной транспедикулярной стабилизацией и контрлатеральной фасеточной фиксацией, в III группе (n=47) осуществлен трансфораминальный межтеловой спондилодез с билатеральной чрескожной транспедикулярной стабилизацией. Выполнен корреляционный анализ отдаленных клинических исходов (уровень болевого синдрома по визуально-аналоговой шкале (ВАШ), функциональное состояние по ODI, удовлетворенность результатом оперативного лечения по шкале Маснаб) и дооперационных нейровизуализационных параметров ДС (степень дегенеративных изменений по Fujiwara A., ангуляция, тропизм).

Выявлена прямая значимая непараметрическая корреляция параметров ангуляции и тропизма ДС с отдаленными клиническими исходами хирургического лечения по ВАШ, ODI и Маснаб. Установлено, что хорошие клинические исходы достигнуты при дооперационных параметрах ДС: в I группе – дегенерация по Fujiwara I–II ст., ангуляция ДС менее 60°, вне зависимости от наличия тропизма, во II группе – дегенерации по Fujiwara более II ст., ангуляция ДС более 60° при отсутствии тропизма ДС; в III группе – дегенерация по Fujiwara более II ст., ангуляция ДС более 60°, при наличии тропизма ДС.

Выводы. Применение нейровизуализационных методов позволили объективно оценить морфоструктурные характеристики ДС и определить возможную хирургическую тактику. При наличии параметров ангуляции менее 60° вне зависимости от наличия тропизма, I–II ст. дегенерации по Fujiwara возможным является выполнение поясничной

тотальной артропластики. При выявлении параметров фасеточного угла более 60°, более II ст. дегенерации по Fujiwara показано выполнение ригидной стабилизации. В случае отсутствия тропизма ДС возможна контрлатеральная фасеточная фиксация, а при наличии тропизма целесообразно выполнение билатеральной транспедикулярной стабилизации.

Литература

1. В.А. Бывальцев [и др.]. Анатомо-физиологические особенности фасеточных суставов. Эволюция фасеточной фиксации при лечении пациентов с дегенеративными заболеваниями пояснично-крестцового отдела позвоночника // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. – 2017. – № 3. – С. 56-62.

2. Belykh E.G [et al]. Facet joint fixation and ALIF, DLIF, or TLIF for treatment of degenerative lumbar disc diseases: retrospective cohort study of a new minimally invasive technique // World Neurosurgery. – 2018. – 114. – 959-968.

3. В.А. Бывальцев, А.А. Калинин, И.А. Степанов, А.К. Оконешникова. Дегенеративные заболевания дугоотростчатых суставов поясничного-отдела позвоночника // Новосибирск : Наука, 2018. – 208 с.

* * *

Я.Н. Павлов

*ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова»,
677000, г. Якутск, ул. Белинского, 58, Россия, ryn5552007@yandex.ru*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОГО ПОДХОДА ДЛЯ МЕДИКО-СОЦИАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ РЕПРОДУКТИВНЫХ ПОТЕРЬ НАСЕЛЕНИЯ РАЙОНОВ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

Предоставление гражданам качественных услуг в сфере охраны репродуктивного здоровья соответствует плану и целям устойчивого развития, разработанному ООН на период до 2030 г. Несмотря на то, что повышению рождаемости мешают социально-экономический кризис и политическая нестабильность, понижение риска прерывания беременностей [1]. До сих пор проблеме контроля репродуктивных потерь населения в отечественной медико-демографической литературе уделялось недостаточно внимания [2]. Среди российских ученых в проблеме репродуктивных потерь, и в частности потерь от мертворождений

и аборт посвящены многочисленные работы [1-3]. В каждой стране и регионе присущи свои особенности контроля динамики уровня данного показателя, включая новизну по исследованию медико-социальных процессов регионов Арктики. Актуальность данной работы состоит в междисциплинарном комплексном подходе к анализу медико-социальных проблем репродуктивных потерь населения регионов Арктики Российской Федерации. Для реализации междисциплинарного подхода интегрируется группа методов: 1) эпидемиологические – для выявления проблем профилактики, причин, условий и механизмов формирования заболеваемости с целью обоснования мер профилактики; 2) клинико-статистические – для анализа случаев репродуктивных потерь; 3) антропометрические – для оценки физического развития; 4) социологические – для изучения социально-гигиенических условий жизнедеятельности, качества жизни, формирования репродуктивного поведения и репродуктивных установок; 5) статистические и математические – для выявления наличия и характера зависимостей и различий между признаками изучаемых явлений.

Сформирован и обоснован метод исследования «случай-контроль» и предложены методологические стратегии относительно комплексной оценки репродуктивных потерь для достижения цели исследования – научно обосновать систему медико-социальных мероприятий по контролю репродуктивных потерь женщин репродуктивного возраста на основе его комплексной оценки.

Литература

1. Адушев, М. Н. Демография и экономика России: зависимость, проблемы и возможности их решения / М. Н. Адушев // Региональная экономика и управление: электронный научный журнал. – 2021. – № 4(68).
2. Коваленко, А. И. Демографическая проблема и медицина в глобальном пространстве / А. И. Коваленко, О. А. Шаршова // Амурский медицинский журнал. – 2020. – № 2(30). – С. 72-74.
3. Рождаемость по федеральным округам РФ. – [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://mednet.ru/images/stories/files/statistika/for_miac/LP_Suhanova_Rodovspomozhenie.pdf

* * *

М.Н. Петрова

ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова»,
677013, г. Якутск, ул. Ойунского, 27, Россия, mnpetrova@gmail.com

МУЛЬТИДИСЦИПЛИНАРНЫЙ ПОДХОД К ПРОФИЛАКТИКЕ АЛИМЕНТАРНО-ЗАВИСИМЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

Одним из актуальных направлений исследования в области питания является изучение проблемы традиционной кухни как аспекта здорового питания.

Однако понятие культуры питания северных народов недостаточно разработано в настоящее время. Появляются междисциплинарные исследования, которые могут стать научной базой прикладных аспектов питания. В настоящее время стереотип восприятия традиционного питания преодолевается в ходе научно обусловленных междисциплинарных исследований. Накапливается доказательная база пользы традиционного северного питания.

Оценка фактического питания и пищевых привычек с использованием частотного метода изучения потребления продуктов питания выявила крайне недостаточное потребление полезных для жизнедеятельности населения основных продуктов таких, как рыба, мясо, молоко. В среднем, доля ежедневного употребления этих продуктов питания составляет от 11,3 % (молоко и молочные продукты) до 37,1 % (рыбные продукты) 1-2 раза в течение недели. В зависимости от зоны проживания меняется и частота потребления различных видов продуктов. В магазинах арктической зоны цена молочных продуктов, овощей, фруктов и зелени чрезвычайно высокая при низком качестве и ассортименте. Население не может покупать такие дорогие продовольственные товары, но и свою местную продукцию они употребляют так же редко: 6,3 % – рыбу и 62,9 % – оленину, соответственно. В то же время для населения арктической зоны отмечено повышенное потребление сахара и кондитерских изделий, 56,6 % и 35,5 %, соответственно. При этом женщины чаще потребляли сахаросодержащие продукты, чем мужчины: 86,2 % и 68 %, соответственно. Вышеуказанные результаты позволяют с определенной степенью судить о неадекватно сформированной культуре питания населения Якутии, в том числе по гендерным признакам [1, 57; 4, 125].

На вопрос, насколько быстро происходит утрата компонентов культуры питания по оценке опрошенных сельчан, менее трети населения

ответили, что сегодня забываются традиции и ритуалы, табу в повседневном питании и выходят из оборота речи пословицы, поговорки, связанные с едой. Возможно, с этими явлениями связано недостаточное потребление сельчанами основных продуктов питания таких, как мясо, рыба, молочные продукты. Для них характерно избыточное потребление хлебобулочных изделий. За счет последней группы продуктов выполняется калорийность рациона. Таким образом, при трансформации культуры питания среди населения произошли изменения в сторону увеличения в рационе доли простых углеводов и насыщенных жиров с дефицитом практически всех обследуемых витаминов (С, В1, В2, РР, ретинол) и минеральных веществ (железо, кальций, калий, магний). Эти факторы, безусловно, сказываются на состоянии здоровья населения и высоком росте заболеваемости. В связи с этим, трансформация культуры питания не может не повлиять на медико-социальную ситуацию и не сказаться на устойчивом развитии региона [3, 83].

Традиционная пища рассматривается как органическая часть культуры народов Севера. Пища, ее состав, способы приготовления повседневных, праздничных и обрядовых блюд любого народа отражают условия и ландшафт постоянного проживания народов Севера. Одним из главных условий благополучной жизни человека в экстремальных условиях является качественное питание, которое компенсирует отрицательное воздействие климата на организм, поэтому у северных народов огромное внимание с давних времен уделялось хорошей здоровой пище. Таким образом, культура традиционного питания является предметом исследования не только профессионалов в области питания, но и этнологов, историков, врачей, социологов, психологов, педагогов, филологов [2, 4].

Литература

1. Лебедева У.М., Степанов К.М., Лебедева А.М., Платонова Р.И., Петрова М.Н., Борисова И.З. Актуальные вопросы культуры питания населения Якутии: современное состояние, проблемы и перспективы развития // Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова. Серия: Медицинские науки. – 2017. – № 4 (09). – С. 55-58.

2. Борисова И.З., Петрова М.Н., Борисов Дь.В., Осипова О.И. Культурное наследие северного питания как фактор здорового образа жизни // Международный академический вестник. – 2018. – № 27. – С. 41-42.

3. Винокурова Д.М., Лебедева У.М., Петрова М.Н., Борисова И.З. Трансформация культуры питания в сельской местности Якутии и ее влияние на медико-социальную ситуацию в регионе // Якутский медицинский журнал. – 2019. – № 4 (68). – С. 81-85.

4. Борисова И.З., Борисова А.А., Бианки И., Винокурова А.А., Винокурова Д.М., Дунаева А.М., Лебедева У.М., Петрова М.Н., Пестейль Ф. Проблема валоризации и популяризации культуры питания народов Севера в современных условиях (на примере Якутии) : коллективная монография. – Якутск, 2020. – 530 с.

* * *

А.И. Протопопова¹, Г.Ц. Дамбаев²

*¹ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова»,
677000, г. Якутск, Ойунского, 27, Россия, fyz05@mail.ru*

*²ФГБОУ ВО «Сибирский государственный медицинский университет»,
634050, г. Томск, Московский тракт, 2, Россия*

НАЛОЖЕНИЕ НИКЕЛИД-ТИТАНОВЫХ АНАСТОМОЗОВ

В современной абдоминальной хирургии наиболее часто выполняемыми вмешательствами являются операции на ЖКТ. Несостоятельность швов анастомоза приводит к послеоперационным перитонитам, летальность которых достигает 70 %. Осложнения в раннем послеоперационном периоде после реконструктивных операций на полых органах брюшной полости отмечаются в 19-25 % наблюдений.

В связи с этим продолжают поиски наиболее надёжных методов соединения тканей для сокращения продолжительности операций и упрощения их технического выполнения. Усовершенствование разработанных методик формирования межкишечных анастомозов остаётся актуальным, и требует дальнейшего изучения.

Экспериментальная часть проведена на собаках в сравнении компрессионного никелид-титанового и традиционного лигатурного анастомозов. Проведены рентгенологические исследования, колоноскопия, манометрия, состояние инфицированности и проведён сравнительный анализ гистогенеза анастомозов. Клинические исследования проведены на 80 пациентах, которые были разделены на 4 группы в зависимости от метода наложения межкишечного анастомоза. Описаны сравниваемые методы наложения анастомозов. Инструментальные методы включали: ирригоскопию, ректороманоскопию, фибро-

гастродуоденоскопию, колоноскопию, морфологическое исследование резецированных участков, так и современные методы исследования – измерение моторно-эвакуаторной функции желудка.

На основании результатов экспериментальных исследований на собаках, выявлено улучшение заживление при компрессионном межкишечном соустье с применением имплантата из никелид-титана, чем при лигатурном. В клинической части, обоснованно сравнены группы по методам наложения межкишечных анастомозов и проведён сравнительный анализ результатов хирургического лечения.

Литература

1. Гюнтер, В. Э. Медицинские материалы и имплантаты с памятью формы в 14 томах / В. Э. Гюнтер, В. Н. Ходоренко, Т. Л. Чекалкин и др.; под ред. В. Э. Гюнтера. – Томск : Изд-во «МИЦ», 2011. – Т. 1. – 534 с.

2. Мельник Д. Д., Гюнтер В. Э., Дамбаев Г. Ц. и др. Медицинские материалы и имплантаты с памятью формы. Пористопроницаемые криоапликаторы из никелида титана в медицине / под ред. В. Э. Гюнтера. – Томск : Изд-во «НПП «МИЦ», 2010. – Т. 9. – 306 с.

* * *

Е.Н. Сивцева, С.С. Шадрина

*ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова»,
677000, г. Якутск, Белинского, 58, Россия, sivelya@mail.ru*

ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА СЫВОРОТКИ КРОВИ СЕВЕРНЫХ НАРОДОВ МЕТОДОМ СПЕКТРОМЕТРИИ С ИНДУКТИВНО-СВЯЗАННОЙ ПЛАЗМОЙ (ICP-MS)

Загрязнение среды проживания является весомым фактором, приводящим к подрыву здоровья коренных жителей Севера. Данная проблема появилась в связи с добычей в арктических территориях россыпных алмазов и разработкой месторождения редкоземельных металлов. В исследование микроэлементного состава сыворотки крови вошли 107 коренных жителей Севера, относящиеся к этнической группе долган, проживающие в п. Юрюнг-Хая Республики Саха (Якутия). Мужчин было вдвое меньше – 35 (32,7 %), чем женщин – 72 (67,3 %). Возраст исследуемых был от 20 до 77 лет. Медиана возраста мужчин

составила 51 (42-60) год, у женщин – 45,5 (34-54) лет, без статистически значимых различий.

Методом масс-спектрометрии (ISP-MS) было изучено содержание в сыворотке крови 13 элементов (P, Sc, Ti, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Rb, Sr, Cs, Pb). Содержание сывороточного макроэлемента фосфора (P) у долган (148 мг/л) оказалось немного повышенным, чем у жителей умеренных широт. При этом у группы женщин старше 50 лет при сравнении с молодыми женщинами выявлено статистически значимое высокое содержание фосфора (154,60 мг/л против 133,91 мг/л), что исследователи связывают с дефицитом эстрогенов в возрасте менопаузы. В наших исследованиях у долган сывороточный хром (276 мкг/л), марганец (133 мкг/л), никель (57 мкг/л) установлены в два раза выше, чем у жителей Северо-Западного региона России и Сибири. Никель (Ni) в сыворотке у молодых мужчин оказался значимо выше, чем у пожилых (79,0 мкг/л против 20,0 мкг/л) и выявлена отрицательная корреляционная связь. Активная занятость и динамичная повседневная жизнь оленеводов и охотников, могут сделать молодых мужчин долган более подверженными воздействию тяжелых металлов на рабочем месте. Содержание железа (Fe) в сыворотке у долган составило 5220 мкг/л, что больше принятых нормативов в 2-3 раза. Возможно, сохраняющееся у КМНС традиционное питание олениной и рыбой, богатых железом, и биогеохимическая особенность региона способствуют высокой концентрации железа в сыворотке. Примечательно, что с возрастом у мужчин содержание сывороточного Fe понижается, а у женщин наоборот повышается. Повышение сывороточного Fe у женщин с возрастом возможно связано с наступившей менопаузой.

Проведено первое исследование по оценке содержания 13 элементов в сыворотке у долган – коренного малочисленного народа Севера, что важно для государственных мероприятий по укреплению общественного здоровья при промышленном освоении северных территорий.

Работа выполнена при поддержке муниципального контракта № 21 от 10.04.17 г с Анабарским районом Республики Саха (Якутия).

* * *

**Раздел VI | СТУДЕНЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«АКТУАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ МЕДИЦИНЫ:
МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ
НА СТЫКЕ НАУК», ПОСВЯЩЕННАЯ
300-ЛЕТИЮ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ
НАУК**

Т.А. Алексеева, Т.Н. Гоголева, Т.А. Крылова, С.Н. Мамаева

*ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова»,
677000, г. Якутск, Белинского, 58, Россия, Alekseevatanya2000@gmail.com*

**МЕТОД МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ИЗУЧЕНИИ
СВОЙСТВ ЭРИТРОЦИТОВ КРОВИ ПАЦИЕНТОВ
С РАКОМ ШЕЙКИ МАТКИ С УЧЕТОМ ГРУППЫ КРОВИ**

Математическое моделирование широко используется в разных направлениях научных исследований. На сегодняшний день нахождение новых методов диагностирования различных заболеваний становится приоритетной задачей в медицине.

В данной работе рассматривается математическая модель динамики эритроцитов под воздействием внешнего электрического поля на стадии проведения электрофореза. При построении наиболее близких к натурным экспериментам физической и математической моделей можно рассмотреть влияние на скорость эритроцитов буферного раствора, применяемого при проведении электрофореза, а также электрических свойств эритроцитов в зависимости от морфологических изменений в патологии и группы крови.

Объектами данного исследования являлись сухие мазки образцов крови 10 пациентов со злокачественными новообразованиями шейки матки. В данной работе предполагается, что изменения формы и размеров эритроцитов происходят таким образом, чтобы поддержать напряженность электрического поля, обеспечивающего кулоновское отталкивание. Из чего следует, что осаждение и склеивание эритроцитов происходит за счет уменьшения их поверхностного заряда [1].

В данной работе была построена модель определения скорости эритроцитов под воздействием электрического поля на основе экспери-

ментальных данных, полученных с помощью сканирующей электронной микроскопии с учетом предположения, что при патологии форма, поверхностный заряд и подвижность клеток крови изменяется из-за прикрепленных на поверхность мембраны эритроцитов вирусных частиц [1].

Для определения закона движения эритроцита в крови при воздействии внешнего электрического поля с учетом сопротивления буферного раствора используем уравнение Навье-Стокса, уравнение Максвелла и уравнение непрерывности. В результате получена система из обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка, которая вычисляется с помощью численного метода Рунге-Кутты.

В результате решения системы дифференциальных уравнений получены графики зависимости скорости эритроцитов крови пациентов с раком шейки матки от поверхностных зарядов эритроцитов эллипсоидальной формы при разных группах крови.

Используя полученные в ходе настоящего исследования данные, возможно планировать и осуществлять дальнейшее изучение электрических свойств эритроцитов, влияние групповой принадлежности крови на риск развития различных заболеваний.

Литература

1. Мамаева С.Н., Максимов Г.В., Антонов С.Р., Мунхалова Я.А., Павлов А.Н. Моделирование динамики движения эритроцитов крови под воздействием внешнего электрического поля // Медицинская физика. – 2017. – № 3 (75). – С. 69-76.

* * *

К.Е. Андреев, А.А. Алексеев

ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова»,
677000, г. Якутск, Белинского, 58, Россия, kostyaandr1999@mail.ru

АНАЛИЗ СПЕКТРОВ, ПОЛУЧЕННЫХ НА ИК И ГАММА-СПЕКТРОМЕТРАХ, ЛИШАЙНИКОВ ЯКУТИИ

Среди разнообразия биологических ресурсов малоизученными объектами дикой природы до сих пор остаются лишайники.

Лишайники – это удивительные организмы, образованные симбиозом водоросли и гриба. Благодаря подобному сочетанию лишайники

отличаются от других растительных организмов набором уникальных свойств, вследствие чего они нашли применение в различных отраслях промышленности и медицины. Состав лишайников во многом зависит от почвенно-климатических условий произрастания. Лишайники – весьма неприхотливые организмы, которые можно встретить как на почве и стволах деревьев, так и на малопригодных для жизни предметах, в том числе на камне, стекле, застывшей лаве [1].

Инфракрасная спектроскопия-раздел спектроскопии, который включает в себя изучение инфракрасных спектров. Она занимается изучением молекулярных спектров испускания, поглощения и отражения колебательных и вращательных спектров молекул [3]. Гамма-спектроскопия – это раздел физики атомного ядра, посвященный изучению энергетических спектров гамма-излучения, испускаемого атомными ядрами при распадах и реакциях. Методом ИК и Гамма спектроскопии проведено изучение общего состава индикаторных видов лишайников.

Изучены 2 вида лишайников: *Кладония звездчатая* и *Уснея бородастая*. Образцы лишайников были собраны в зоне с наименьшим уровнем загрязнения атмосферы (окрестности села Алтанцы, Амгинский р-н, Республика Саха (Якутия).). Слоевище снимали со стволов деревьев острым скальпелем вместе с тонким слоем субстрата, не нарушая целостности коры деревьев. Для записи ИК спектров прессовали таблетки исследуемых образцов с бромидом калия с соотношением 1 к 100 по стандартной методике. Спектры регистрировали на ИК Фурье-спектрометр Spectrum Two (PerkinElmer, США) в диапазоне 400–4000 см^{-1} , разрешение составляло 4 см^{-1} , количество сканов – 8 [2]. Пробы на гамма-спектрометре готовились по стандартной методике, доводясь до воздушно-сухого состояния. После чего происходило озоление в муфельной печи, в течение нескольких часов при температуре 250 $^{\circ}\text{C}$ до получения золы. Полученная зола взвешивается и переносится в сосуд Дента (с объемом 100 мл) и поступает на гамма-спектрометрический анализ. И регистрировали спектры на полупроводниковым гамма-спектрометре с двумя детекторами особо чистого германия.

Таким образом, методом ИК спектроскопии с Фурье-преобразованием проведено изучение общего состава лишайников. Четко выявляются функциональные группы основного компонента лишайника – высокополимерного углевода. Возможна идентификация белков и жиров. Достаточно низкий уровень содержания искусственных радионуклидов в исследованных пробах, говорит о радиационной чистоте

окружающей среды Амгинского района, что является подтверждением радиационно-экологической чистоты территорий.

Литература

1. Лыскова (Lyskova)Н. (Nadezhda) С. (Sergeevna), Базарнова (Bazarnova) Ю. (Iuliia) Г. (Genrikhovna), Кручина-Богданов (Krchina-Bogdanov) И. (Igor') В. (Vadimovic) ИЗУЧЕНИЕ СОСТАВА И СВОЙСТВ ВТОРИЧНЫХ МЕТАБОЛИТОВ ЛИШАЙНИКА USNEA BARBATA // Химия растительного сырья. – 2017. – № 1. – С. 121-127. URL: <http://journal.asu.ru/cw/article/view/1966>.

2. Мейсурова, А.Ф. (2011) *Анализ химического состава лишайников методом Фурье-ИК спектроскопии: возможности и перспективы использования*. Вестник ТвГУ. Серия: Биология и экология (21). – С. 168-176. URL: <http://eprints.tversu.ru/3324/>

3. Научная электронная библиотека. Метод ИК-спектроскопии – метод анализа минералов <https://www.monographies.ru/en/book/section?id=2738>

4. <http://nuclphys.sinp.msu.ru/experiment/detectors/gammadet/index.html>

* * *

**Е.А. Бушмина¹, А.А. Булавская¹, И.А. Милойчикова^{1,2},
Ю.М. Черепенников¹, С.Г. Стучебров¹**

¹ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30, Россия, eab60@tpu.ru

²ФГБНУ «Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук», 634009, г. Томск, пер Кооперативный, 5, Россия

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ГЛУБИННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДОЗЫ ПЛАСТИКОВЫМИ БОЛЮСАМИ ПРИ ОБЛУЧЕНИИ МЕДИЦИНСКИМИ ЭЛЕКТРОННЫМИ ПУЧКАМИ

Для лечения поверхностно расположенных злокачественных новообразований эффективно применяется электронная лучевая терапия [1]. Электронная лучевая терапия – вид лучевой терапии, источником излучения которой являются высокоэнергетические пучки электронов. Однако при проведении процедур лучевой терапии очень важно подвергнуть действию ионизирующего излучения только область с опухолевым образованием, минимально подвергнув действию

излучения близлежащие здоровые ткани и органы. Для этих целей используются различные устройства формирования. Одним из видов этих устройств являются болюсы, они позволяют создать сложное глубинное распределение дозы [2]. Болюсы не только формируют сложное распределение дозы, но также предназначены для компенсации краевого эффекта на границе двух сред. Краевой эффект возникает на разрезе двух сред с разной плотностью – воздуха и кожи.

Усовершенствование процедур, направленных на лечение онкологических заболеваний, – одна из важнейших задач современного научного сообщества. На данный момент в медицинской практике широко используются болюсы импортного производства фирмы Action Bolx [3]. Болюсы из данного материала ограничены простотой форм. Другим материалом для создания болюсов служит парафин, однако его главным недостатком является его хрупкость [4].

Для создания индивидуальных болюсов в данной работе предлагается использовать метод трехмерной печати. Данный метод отличается быстротой изготовления изделий и их прочностью, а также высокой точностью изготовления трехмерных объектов [5].

Для подтверждения эффективности предлагаемого метода создания индивидуальных болюсов в данной работе было проведено исследование по формированию глубинного распределения дозы пластиковыми болюсами и болюсами, изготовленными из стандартных материалов, при облучении медицинскими электронными пучками.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках соглашения 075-15-2021-273 (проект № МК-4867.2021.1.2).

Литература

1. Hogstrom K. R., Almond P. R. Review of electron beam therapy physics // *Physics in Medicine & Biology*. – 2006. – Т. 51. – № 13. – С. R455.
2. Moyer R. F. et al. A surface bolus material for high-energy photon and electron therapy // *Radiology*. – 1983. – Т. 146. – № 2. – С. 531-532.
3. BOLX™ Radiation Bolus Products [Электронный ресурс] // Action ® – URL: <https://www.actionproducts.com/resources/downloads/bolxtm-radiation-bolus-products.html> (дата обращения 07.06.2022).
4. Vyas V. et al. On bolus for megavoltage photon and electron radiation therapy // *Medical Dosimetry*. – 2013. – Т. 38. – № 3. – С. 268-273.

5. Bulavskaya A. et al. Applicability of Poly (styrene-butadiene-styrene) for Three-Dimensional Printing of Tissue-Equivalent Samples // 3D Printing and Additive Manufacturing. – 2021.

* * *

А.А. Габышева¹, В.А. Алексеев², С.Н. Мамаева¹

¹ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова»,
677000, г. Якутск, Белинского, 58, Россия, gabyshevaaya@gmail.com

²ФГБНУ «Якутский научный центр комплексных медицинских проблем»,
677000, г. Якутск, ул. Ярославского, 6/3, Россия

ИММУНОФЛУОРЕСЦЕНТНЫЙ АНАЛИЗ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВИРУС СПЕЦИФИЧНЫХ АНТИТЕЛ В ИССЛЕДОВАНИИ КРОВИ ПАЦИЕНТОВ С РАКОМ ШЕЙКИ МАТКИ

В настоящее время вирус папилломы человека (ВПЧ) является одной из наиболее распространенных инфекций половых путей во всем мире. По статистике, в мире инфицировано около 85 % населения, также, исследования подтверждают прямую связь между ВПЧ и раком шейки матки (РШМ) у женщин [1]. Выявлено, что онкогенные свойства вирусов папилломы связаны с их способностью интегрировать свою ДНК в геном клеток человека [2]. Однако о данном вирусе мало что известно и специфического лечения в наше время не существует.

В ранее проведенных работах по исследованию морфологии эритроцитов образцов крови пациентов с РШМ методом растровой электронной микроскопии были обнаружены на поверхности эритроцитов наночастицы, размеры которых были сопоставимы с размерами ВПЧ-16.18 и других вирусов. В связи с чем возникла необходимость идентификации этих наночастиц, определить их природу и объяснить некоторую зависимость морфологии эритроцитов и изменения количества в зависимости от лучевой терапии.

Для проведения представляемого эксперимента была выдвинута следующая гипотеза: предполагается что вирусные частицы ВПЧ, посредством каких-то взаимодействий «прилипают» к поверхности эритроцитов и тем самым циркулируют в организме. Эти взаимодействия могут быть различной природы, например, электрической.

В данной работе проводится исследование образцов крови, в том числе эритроцитарной массы, полученной с помощью нового протокола

пробоподготовки, с применением иммунофлуоресцентного анализа, который позволяет избирательно метить белки вирусных частиц флуоресцентными метками и дало возможность визуализировать их с помощью инвертированного микроскопа с камерой ZEISS Axio Vert.A1 FL на поверхности эритроцитов.

Литература

1. Zur Hausen H. Papillomaviruses in the causation of human cancers: a brief historical account // *Virology*. – 2009. – № 384. – P. 260–265
2. Адаскевич В. П. Заболевания, передаваемые половым путем. – Витебск, 1997. – 308 с.

* * *

Л.А. Григорьева, В.А. Платонова

ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова»,
677000, г. Якутск, Белинского, 58, Россия, grigoreval385@gmail.com

ИССЛЕДОВАНИЕ МОРФОЛОГИИ ЭРИТРОЦИТОВ У БОЛЬНЫХ COVID-19, А ТАКЖЕ ДО И ПОСЛЕ ПОЛУЧЕНИЯ ВАКЦИНЫ ПРОТИВ COVID-19 МЕТОДОМ РАСТРОВОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ

В конце 2019 г. в КНР произошла вспышка новой коронавирусной инфекции с эпицентром в г. Ухань. Всемирная организация здравоохранения 11 февраля 2020 г. присвоила этой инфекции официальное название – COVID-19. Исследование является актуальным в связи с тем, что заболевание быстро распространилось по планете с активным заносом его возбудителя на территорию России. На 18.03.2022 г. в мире зарегистрировано: 465 933 463 случаев заражения, из них 6 065 477 летальных исходов.

В данной работе проводились эксперименты по выявлению морфологических особенностей эритроцитов у больных COVID-19, а также до и после вакцинации против COVID-19 методом растровой электронной микроскопии.

Ключевая мишень для вируса COVID-19 – эритроциты. Эритроцит представляет собой двояковогнутую клетку крови, основной функци-

ей которой является транспортировка кислорода к клеткам организма и доставка углекислого газа в легкие. Погибшие эритроциты могут стать причиной поражения нейронов мозга, сосудов и внутренних органов, которым перестает хватать кислорода. В тяжелых случаях может наступить полиорганная недостаточность (отказ органов), человек фактически остается без собственных эритроцитов и начинает задыхаться.

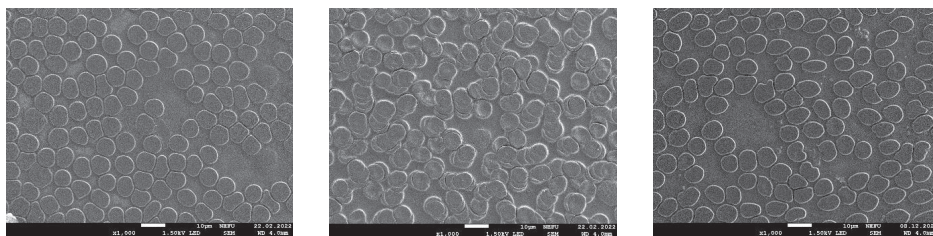
Преждевременный распад эритроцитов – первичная реакция на вирус, которая постепенно приобретает каскадный характер. Хотя чаще всего мы видим патологию органов дыхания, эпителиальная клетка вирусу нужна только для размножения. Главной целью для вируса становится красный костный мозг, где он повреждает эндотелий, в норме регулирующий миграцию созревающих клеток в кровь. В тканях различных органов были найдены мегакариоциты – очень крупные клетки костного мозга. Мегакариоциты в норме становятся источниками тромбоцитов, отвечающих за свертываемость крови, но при COVID-19 сгущают кровь в сосудах без необходимости.

Международная группа исследователей из Великобритании и США, возможно, установила, почему у некоторых людей появляются тромбы после введения им вакцин от коронавируса. Они считают, что эти векторные вакцины способны привлекать белок, который может вызывать иммунный ответ, запускающий потенциально опасный процесс – свертывание крови.

Вызванная вакциной иммунная тромботическая тромбоцитопения, также известная как тромбоз с синдромом тромбоцитопении (недостатка тромбоцитов) – это опасное для жизни состояние, встречающееся у очень небольшого числа людей.

По тому, что сейчас известно о редком риске возникновения тромбов, можно ожидать, что ученые смогут усовершенствовать вакцины против коронавируса.

Из представленных РЭМ-снимков заметно (рис.1), что после болезни эритроциты образуют конгломераты – происходит агглютинация, которая приводит к сгущению крови. После вакцинации эритроциты меняют свою форму, и их количество становится несколько меньше. Данное исследование актуально для дальнейшего изучения вируса COVID-19, вакцины против этого вируса и влияния её на организм человека.



а

б

в

Рисунок 1 – РЭМ-изображения (1x1000) мазков крови женщины 42 лет (IV гр.крови):

- а) во время болезни COVID-19; б) после болезни;
в) после вакцинации против COVID-19

Литература

1. Reva I. et al. Erythrocytes as a target of SARS COV-2 in pathogenesis of COVID-19 // Archiv EuroMedica. – 2020. – Т. 10. – № 3. – С. 5-11.

2. Болехан В. Н., Улюкин И. М., Пелешок С. А. Особенности развития эпидемии коронавирусной инфекции COVID-19 //Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. – 2020. – № 4. – С. 16-26.

* * *

Д.В. Егоров, А.Н. Павлов, С.Н. Мамаева

*ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова»,
677000, г. Якутск, Белинского, 58, Россия, juka1ovr7@mail.ru*

ИНФРАКРАСНАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ СУХИХ МАЗКОВ КРОВИ У ПАЦИЕНТОВ С СИНДРОМОМ ГЕМАТУРИИ

Болезни почек представляют собой многочисленную и разнообразную в клиническом проявлении группу заболеваний, классификация которых вызывала, да и вызывает до настоящего времени, горячие споры у специалистов различного профиля, участвующих в разработке методик их диагностики и терапии. Гематурия является одним из основных симптомов наличия проблем с почками и заболеваний мочевыводящих путей. В настоящее время дифференциальная диагностика видов гломерулонефритов производится с применением метода

биопсии – прижизненного взятия клеток или тканей (биоптата) из организма. Данный вид исследования является травматичным. В связи с этим необходимы разработки новых неинвазивных методик диагностики с применением существующих физических методов, аппаратов. Инфракрасная спектроскопия (ИК-спектроскопия), раздел молекулярной оптической спектроскопии, изучающий спектры поглощения и отражения электромагнитного излучения в инфракрасной области, т.е. в диапазоне длин волн от 10^{-6} до 10^{-3} м.

Целью данной работы является проведение экспериментальных работ по исследованию образцов крови у детей с синдромом гематурии методом ИК-спектроскопии. Объектами исследования явились сухие мазки крови 12 пациентов в возрасте от восьми до шестнадцати лет с синдромом гематурии. Исследование крови пациентов проводилось с помощью ИК-спектрометра Perkin Elmer FT-IR Spectrum Two.

Были проведены эксперименты, в ходе которых были получены ИК-спектры крови контрольной группы и пациентов с различными заболеваниями почек, с помощью которых были выявлены значительные отличия спектров в значениях пиков, например, соответствующих группам C=O и C-N, что может говорить о наличии различий в концентрациях определенных веществ в образцах. Возможно, такие различия могут лечь в основу создания нового метода диагностики заболеваний почек.

* * *

А.С. Ермакова¹, А.А. Григорьева¹, И.А. Милойчикова^{1,2}, С.Г. Стучебров¹

¹ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», 634050, г. Томск, пр. Ленина 30, Россия, ase31@tpu.ru

²ФГБНУ «Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук», 634009, г. Томск, пер. Кооперативный, 5, Россия

ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ПЛАСТИКОВЫХ ИЗДЕЛИЙ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ С ПОМОЩЬЮ ТРЕХМЕРНОЙ ПЕЧАТИ

Медицинская радиология включает в себя лучевую диагностику и лучевую терапию, которые проводятся с использованием источников ионизирующего излучения. Ионизирующее излучение оказывает негативное воздействие как на злокачественные клетки, так и на здоровые

клетки организма. В связи с этим был разработан физический принцип лучевой терапии онкологических заболеваний [1].

Для лечения пациента с онкологическим заболеванием необходимо с достаточной точностью узнать место локализации опухоли. Для этого проводят лучевую диагностику с использованием рентгеновских томографов. Современные томографы оснащены матрицей с высоким разрешением, что помогает визуализировать даже самые сложные органы пациента [2].

Для обеспечения гарантии качества лучевой терапии необходимо рассчитывать дозиметрический план таких процедур для каждого конкретного пациента. Также данный план необходимо верифицировать с использованием дозиметрических фантомов. Современные фантомы представляют собой объекты с упрощенной геометрией и однородной структурой. Их изготавливают из тканеэквивалентных материалов, свойства которых приближены к характеристикам органов и тканей человека. Наибольшее распространение получили фантомы, изготовленные из воды и близких к ней по физико-химическому составу вещества [3]. Такие фантомы не учитывают неоднородности органов и тканей, а также индивидуальные особенности каждого организма.

В связи с этим было предложено изготавливать фантомы более сложных форм. Создание таких объектов возможно с использованием методов трехмерной печати, с помощью которых быстро и качественно создаются объекты сложных структур, имитирующие органы и ткани человека [3]. Основными материалами для трехмерной печати являются полимерные изделия. Подбор материалов для печати дозиметрического фантома производится на основе таких характеристик, как рентгеновские и электронные плотности.

В рамках данной работы исследовались характеристики натурального PLA-пластика и специализированного PLA-пластика с примесью меди 10 %, 20 % и 30 %. Для этого были созданы объекты цилиндрической формы. Томографическое сканирование проводили на томографе GE LightSpeed 16. Были определены рентгеновские плотности (HU) и рассчитаны электронные плотности (ρ_e) тестовых образцов.

Полученные результаты показали, что рентгеновские плотности полимерных материалов варьируются от $-38 HU$ до $988 HU$, а электронные плотности – от 0,966 до 1,316 относительных единиц. Показано, что натуральный PLA-пластик и специализированный PLA-пластик с

медной примесью пригоден для печати дозиметрических фантомов органов и тканей человека.

Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках соглашения 075-15-2021-271 (проект № МК-3481.2021.4)

Литература

1. Черняев А. П., Колыванова М. А., Борщеговская П. Ю. Радиационные технологии в медицине. Часть 1. Медицинские ускорители // Вестник Московского университета. Серия 03. ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ. № 6. – Москва, 2015. – С. 28-36.
2. Кравчук А.С. Основы компьютерной томографии: учебное пособие / А.С. Кравчук. – Москва : Дрофа, 2001. – 239 с.
3. 3D-печать в медицине / М.А. Белова, А.О. Васенина, П.Н. Рипанова, А.А. Бабаева // РОСТ – Развитие, Образование, Стратегии, Технологии: сборник материалов I Всероссийской студенческой научной конференции, Чебоксары, 26–27 октября 2017 года. – Чебоксары : Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова, 2018. – С. 57-62.

* * *

Ю.А. Зубкова¹, А.А. Григорьева¹, И.А. Милойчикова^{1,2}, С.Г. Стучебров¹

¹ ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30, Россия, yaz8@tpu.ru

² Научно-исследовательский институт онкологии Томского НИМЦ РАН, 634009, г. Томск, пер. Кооперативный, 5, Россия

ТРЕХМЕРНОЕ КОНФОРМНОЕ ОБЛУЧЕНИЕ ДОЗИМЕТРИЧЕСКОГО ФАНТОМА, ИЗГОТОВЛЕННОГО С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА ПОСЛОЙНОГО НАПЛАВЛЕНИЯ

Современные разработки в области лучевой терапии приводят к переходу к более точным методам лечения. Одним из таких методов является трехмерная конформная лучевая терапия, включающая в себя объемную визуализацию [1]. При данном методе лечения происходит формирование пучка в процессе облучения таким образом, чтобы обеспечить доставку высокой дозы в патологический очаг, при этом минимизировать дозу, полученную нормальными тканями в прилегающих областях [2].

Для более точного планирования процедур лучевой терапии необходимо проводить верификацию сложных планов облучения с помощью дозиметрических фантомов. Существующие фантомы, используемые для обеспечения качества в лучевой терапии, ограничены упрощенной геометрией и однородной структурой. Такие фантомы представляют не только усредненное по пропорциям и плотностям органов и тканей человеческое тело, но и не учитывают индивидуальные особенности пациента [3]. Эти факторы ограничивают процесс обеспечения качества облучения конкретного пациента.

Аддитивные технологии являются одной из наиболее быстро развивающихся и легко адаптируемых технологий изготовления объектов для различных применений в лучевой терапии [4].

В работе [5] было предложено изготавливать дозиметрические фантомы методом послойного наплавления. Благодаря возможностям изготовления сложных геометрий и использования различных пластинок, технологии трехмерной печати позволяют изготавливать дозиметрические фантомы различных типов.

Для реализации предложенного подхода использовались реальные томографические данные пациента. На основе томографических данных в программном обеспечении 3D Slicer была создана модель плеча человека. Данная модель была напечатана на 3D принтере в виде нескольких отдельных слоев для возможности размещения пленочных дозиметров в необходимой зоне интереса. Далее было проведено экспериментальное исследование изготовленного фантома на линейном ускорителе Elekta Synergy в Национальном медицинском исследовательском центре детской гематологии, онкологии и иммунологии имени Дмитрия Рогачева. С помощью системы планирования Mopaco были созданы специальные планы облучения данного фантома методом трехмерной конформной лучевой терапии фотонным пучком с энергиями 6 и 10 МэВ.

В результате работы с помощью дозиметрических пленок были получены распределения доз между слоями фантома. Полученные после обработки пленочных дозиметров распределения доз сравнивались с распределениями доз плана облучения.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках соглашения 075-15-2021-271 (проект № МК-3481.2021.4).

Литература

1. Elliott D. A. et al. Radiation therapy //Oral, Head and Neck Oncology and Reconstructive Surgery. – Elsevier, 2017. – С. 268-290.
2. Marcus K. J., Haas-Kogan D. Pediatric radiation oncology //Oncology of Infancy and Childhood. Philadelphia, Saunders Elsevier. – 2009. – С. 241-256.
3. Tino R. et al. A systematic review on 3D-printed imaging and dosimetry phantoms in radiation therapy // Technology in cancer research & treatment. – 2019. – Т. 18.
4. Xu X. G. An exponential growth of computational phantom research in radiation protection, imaging, and radiotherapy: a review of the fifty-year history //Physics in Medicine & Biology. – 2014. – Т. 59. – № 18. – С. R233.
5. Stuchebrov S. G. et al. Making a copy of conventional anthropomorphic phantom section by 3D printing // European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging. – 2020. – Т. 47. – № S1. – С. 313-314.

* * *

Я.В. Кардашевская, С.Н. Мамаева

ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова»,
677000, г. Якутск, Белинского, 58, Россия, yanakardash00@gmail.com

МОРФОЛОГИЯ ИЗМЕНЕНИЯ ЭРИТРОЦИТОВ ПАЦИЕНТОВ С РАКОМ ШЕЙКИ МАТКИ ВО ВРЕМЯ ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ

Рак шейки матки (РШМ) считается одной из немногих нозологических форм злокачественных новообразований, которые удовлетворяют абсолютно всем условиям для проведения популяционного скрининга. Каждый год приблизительно около у 500 000 женщин фиксируют РШМ. В связи со данным в настоящий период актуальна проблема выбора метода лечения для пациентов с раковым заболеванием во время прохождения лучевой терапии. В данной работе рассматривается морфология изменения эритроцитов у пациентов больных раком шейки матки, проходящей поэтапную терапию в радиотерапевтическом отделении Якутского республиканского онкологического диспансера: сначала дистанционную лучевую терапию на ускорителе Elekta Synergy также потом брахитерапию на аппарате Multisource. Исследование морфологии эритроцитов велось со использованием сканирующего электронного микроскопа (СЭМ) JSM-7800F фирмы JEOL

компании JEOL со термополевым эмиссионным катодом Шотки также супергибридной объективной линзой. При исследовании рассматривались сухие мазки на стеклянных подложках. Способы извлечения изображений существовали презентованы наиболее подробно во трудах [1-2], проделанных прежде в данном ведь микроскопе.

Забор образцов крови осуществлялся в начале, в середине и в конце дистанционной терапии, затем в середине и в конце контактной лучевой терапии. Во процессе изучения велся исследование формы также размеров эритроцитов, определялись соотношения дисморфных также обычных эритроцитов, соотношения наночастиц, наблюдаемых на поверхности эритроцитов. На рис. 1 представлено СЭМ-изображение поверхности эритроцита мазка крови пациентки с раком шейки матки на стеклянной подложке.

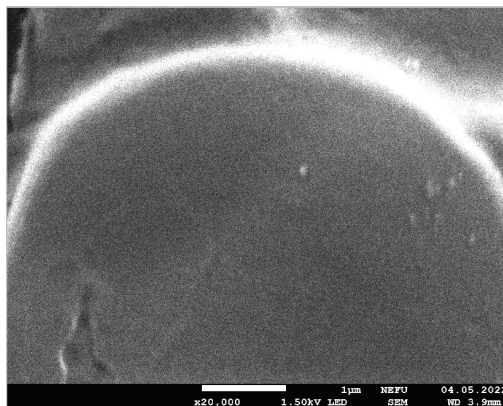


Рисунок 1 – СЭМ-изображение поверхности эритроцита пациента с раком шейки матки на стеклянной подложке при увеличении x 20 000

В результате исследований с помощью РЭМ наши результаты показывают, что у больных РШМ наблюдаются изменения в морфологии эритроцитов, а также в количестве и размерах наноразмерных объектов, обнаруженных на их поверхности на разных стадиях ЛТ.

Литература

1. Maksimov, G. V., Mamaeva, S. N., Antonov, S. R., Munkhalova, Y. A., Kononova, I. V., & Sheikin, I. Y. Measuring erythrocyte morphology by electron microscopy to diagnose hematuria //Measurement Techniques. – 2016. – Т. 59. – № . 3. – С. 327-330.

2. Mamaeva, S. N., Maksimov, G. V., Neustroev, E. P., Munkhalova, Y. A., Antonov, S. R., & Pavlov, A. N. Use of Nanocomposite Material Based on Graphene Oxide and Silver Nanoparticles in Research of Blood Erythrocytes in Various Diseases // KnE Energy. – 2018. – С. 212–222.

* * *

С.Л. Кириллова, А.Н. Туранов

ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», 420008, г. Казань, Кремлевская, 16а, Россия, snezhana.kirillowa@yandex.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ТРАНСЛЯЦИОННОЙ ПОДВИЖНОСТИ И ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ ОБРАЩЕННЫХ МИЦЕЛЛ В МИКРОЭМУЛЬСИИ БРОМИД ЦЕТИЛТРИМЕТИЛАММОНИЯ/ Н-БУТАНОЛ/Н-ДЕКАН/ВОДА

Мицеллярные системы – это совокупность особых молекул поверхностно-активного вещества (ПАВ), обладающих свойством самоорганизовываться в мицеллы при распределении в определенном объеме воды и масляного растворителя. При солюбилизации воды в растворах ПАВ в неполярных растворителях формируются обращенные мицеллы, по строению отличающиеся от прямых мицелл. Интерес к обращенным мицеллам вызван тем, что они способны образовывать слои, являющиеся приближенной моделью клеточной мембраны. Одной из распространенных молекул ПАВ является бромид цетилтриметиламмония (ЦТАБ) благодаря схожему строению с головной группой молекулы клеточной мембраны – липидного фосфатидилхолина.

В работе для получения микроэмульсии использовали катионный ПАВ – ЦТАБ (99 %) («Merck», Германия), с концентрацией 0.1 М. В качестве дисперсионной и водной среды использовали н-декан (декан) («Реахим», Россия) и дистиллированную воду (H₂O), соответственно. В качестве со-ПАВ использовали н-бутанол (бутанол) («Реахим», Россия). Степень гидратации обращенных мицелл составляла $\omega_o = 20$.

Методом ядерного магнитного резонанса на протонах (ЯМР спектрометр Bruker AVANCE III 600 МГц с датчиком BBO 5 мм, оснащенным градиентной катушкой) для каждого компонента выполнен анализ трансляционного движения молекул посредством определения коэффициента самодиффузии (КСД). Диффузионные затухания получены

при помощи двухимпульсной последовательности Хана с импульсным градиентом магнитного поля в диапазоне температур от 303 К до 333 К (величина градиента в экспериментах изменялась от 0 до 0,5 Тл/м).

Температурная зависимость КСД молекул ЦТАБ (Рисунок 1а) в двух областях демонстрирует изменение наклона аппроксимирующей кривой. После преодоления значения $T_h = (316 \pm 2)$ К энергия активации молекул ЦТАБ изменяется с $E_D^{ЦТАБ} = 6.2$ кДж/моль на $E_D^{ЦТАБ} = 11.3$ кДж/моль, что вызвано изменением механизмов перемещения молекул в системе.

При преодолении T_r в мицеллярных системах начинает преобладать процесс кластеризации мицелл. Образование короткоживущих кластеров сопровождается обменным процессом между содержимым микрокапель. Следовательно, появляется новый транспортный механизм, позволяющий перемещаться молекулам ЦТАБ от мицеллы к мицелле внутри кластера, тем самым увеличивая КСД.

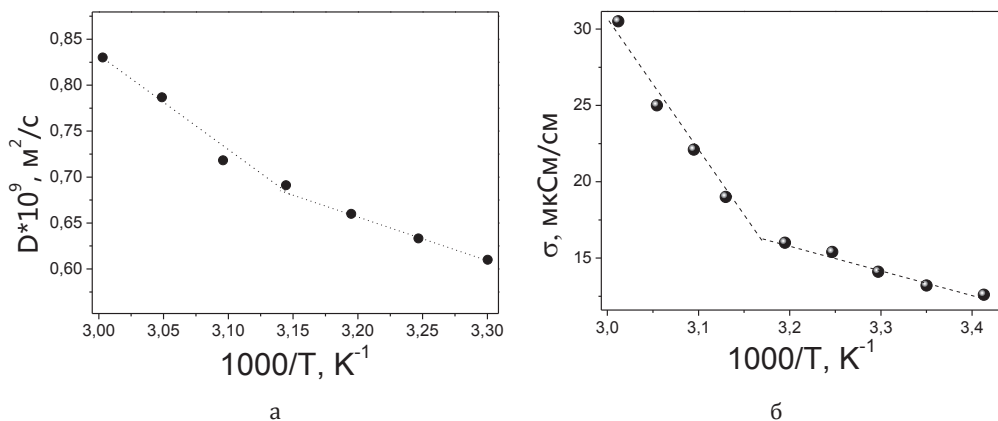


Рисунок 1 – а) зависимость КСД ЦТАБ в растворе микроэмульсии от температуры; б) зависимость удельной электропроводности раствора микроэмульсии от температуры

Для подтверждения результатов использован метод кондуктометрии (InoLab Cond 7310 SET1 с термостатируемой ячейкой) в том же температурном интервале (Рисунок 1б). Электропроводность раствора микроэмульсии в тех же температурных интервалах обладает разным наклоном аппроксимационной кривой в результате образования короткоживущих кластеров, что подтверждает данные ЯМР.

По формуле Стокса-Эйнштейна определен радиус мицеллярной капли, который составил 5.3 ± 0.7 нм.

Авторы выражают благодарность проф. Зуеву Ю.Ф. и н.с. Валиуллиной Ю.А. КИББ осп ФИЦ КазНЦ РАН за постановку задачи и помощь на всех этапах исследования. Работа выполнена с использованием оборудования ЦКП спектро-аналитического центра физико-химических исследований строения, свойств и состава веществ и материалов ФИЦ КазНЦ РАН.

* * *

В.В. Костромыкина^{1,2}, Г.С. Рогожников²

¹Филиал ФГБОУ ВО «Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова» в г. Сарове, г. Саров, Россия

²Российский федеральный ядерный центр – ВНИИЭФ, Нижегородская обл., Дивеевский р-н, пос. Сатис, ул. Парковая, 1, стр. 4, Россия, varya_kostr@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОГЛОЩЕНИЯ ТЕРАГЕРЦОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В АТМОСФЕРЕ ПРИ ДИСТАНЦИОННОМ ЗОНДИРОВАНИИ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Задача дистанционного распознавания опасных биологических агентов, носителем которых является человек или животное, является одной из приоритетных в области эпидемиологии. Для того, чтобы получить спектральные данные о веществах, содержащихся в выдыхаемом воздухе, испаряемом секрете желез с поверхности кожи, на слизистых оболочках, необходимо подсветить исследуемый участок излучением, полностью безвредным для организма, и собрать спектральные данные обратного рассеяния. Оказывается, что большинство биологических агентов имеют уникальный спектральный рисунок в терагерцовой области, которой соответствует длина волны излучения менее 3 мм и более 30 мкм. Такое излучение обладает рядом важных особенностей: оно может быть сколлимировано в достаточно узкий пучок как оптическое, и проникать сквозь большинство диэлектриков как СВЧ, что теоретически может быть использовано для задач дистанционного зондирования [1]. Однако, терагерцовые волны также сильно поглощаются парами воды и молекулярным кислородом, а также ослабляются континуально [2]. Таким образом, зондирующее излучение

должно точно попадать в окна прозрачности атмосферы и не выходить за их пределы при изменении термодинамических и кинетических параметров воздушных масс. В работе приводятся результаты расчетно-теоретических и экспериментальных исследований, связанных с распространением непрерывного ТГц излучения в воздушной среде с известными температурой, влажностью и давлением до биологического объекта.

Литература

1. Sethy P.K., Mishra P.R., Behera S. An Introduction to Terahertz Technology, Its History, Properties and Application // Proc. of International conference on computer and communications technologies. – 2015

2. Slocum D.M., Goyette T.M. et al. Atmospheric absorption of terahertz radiation and water vapor continuum effects // Journal of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer. – 2013. – No. 127. – P. 49-63

* * *

М.П. Макарова¹, Н.А. Николаева¹, В.В. Розанов²

*¹ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова»,
677000, г. Якутск, Белинского, 58, Россия, m.makarova75@gmail.com*

*²ФГБОУ ВО «Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова»,
119991, г. Москва, Колмогорова, 1, Россия*

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СПОСОБОВ СТЕРИЛИЗАЦИИ НА СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ КОСТНЫХ ОБРАЗЦОВ

За последнее десятилетие существенно возросла количество процедур по трансплантациям. По данным Глобальной обсерватории донорства и трансплантации [1] количество процедур по трансплантациям увеличилось на примерно 40 % (с 2008 по 2020 годы).

Эффективность выполнения реконструктивно-восстановительных операций является актуальной и многофакторной проблемой современной биоимплантологии, в решении которой используются различные научно-методические подходы. Одним из них является обеспечение качества поверхности костных трансплантатов. Оптимизация технологии получения костных биоимплантатов для улучшения их

регенеративного потенциала, а также методов их стерилизации обусловила необходимость проведения структурно-функционального изучения костных образцов после их изготовления с применением разных способов разделения и инновационного метода комбинированной физико-химической стерилизации [2-5].

Целью данной работы является исследование влияния озоновой стерилизации на костные ткани и разработка нового подхода к совершенствованию промышленных комбинированных технологий стерилизации костных имплантатов, открывающие перспективы для дальнейшего эффективного развития радиационных технологий при снижении поглощенной дозы с сохранением стерильности биоимплантатов.

Литература

1. Всемирная организация здравоохранения, Глобальный обсерваторий донорства и трансплантации, URL: <http://www.transplant-observatory.org/>
2. Литвинов Ю. Ю. и др. ВЛИЯНИЕ СПОСОБОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ И СТЕРИЛИЗАЦИИ НА СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ КОСТНЫХ ОБРАЗЦОВ // Российский журнал биомеханики. – 2021. – Т. 25. – № 2. – С. 186-191.
3. Розанов В. В. и др. Стратегия развития комбинированных радиационных технологий стерилизации костных имплантатов //Известия Российской академии наук. Серия физическая. – 2021. – Т. 85. – № 5. – С. 745-748.
4. Rozanov V. V. et al. Current State and Lines of the Further Development of High-Tech Means of Radiation Sterilization //Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics. – 2020. – Т. 84. – № 4. – С. 403-405.
5. Розанов В. В. и др. Исследование структурно-функциональных характеристик поверхности костных имплантатов при комбинированной стерилизации //Известия Российской академии наук. Серия физическая. – 2020. – Т. 84. – № 11. – С. 1587-1592, с. 1589-1594.

* * *

А.Т. Максимова, А.В. Максимов, С.Н. Мамаева

ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова»,
677000, г. Якутск, Белинского, 58, Россия, maksimovasasha000@gmail.com

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕМБРАНЫ ЭРИТРОЦИТОВ МЕТОДОМ АТОМНО-СИЛОВОЙ МИКРОСКОПИИ БОЛЬНЫХ РАКОМ ПОЧЕК

Рак почки – заболевание, распространённость которого увеличивается с каждым годом, а по темпам роста занимает лидирующие места в статистиках среди других онкологических заболеваний. Большинство случаев обнаружения рака почек выявляются в следствии обследования пациентов на те или иные жалобы случайным образом уже в запущенной стадии [1].

В современном мире в связи с развитием медицины все чаще внимание исследователей уделяется на проблему сложно диагностируемых заболеваний с использованием высокотехнологичных оборудований. Комплексные исследования диагнозов заболеваний с использованием различных приборов, аппаратов методами медицинской физики может внести весомый вклад в фундаментальные знания о заболевании, его этиологии и может способствовать формированию новых методов его диагностики и мониторинга терапии.

Эритроциты являются объектом, хорошо визуализируемым при сканировании атомно-силовым микроскопом, обладают характерной формой и сохраняют структурные особенности. Исследование методом атомно-силовой микроскопии эритроцитов могут дать информацию о состоянии мембран эритроцитов у пациентов больных раком почек, что может выявить возможные характерные особенности в эритроцитах у пациентов с данной заболеванием и позволит сделать выводы об их выявлении, формирования нового метода диагностики, и возможно, в дальнейшем нового метода профилактики и лечения заболевания на его ранних стадиях [2].

Целью работы является исследование физических свойств мембраны эритроцитов образцов крови больных раком почек методом атомно-силовой микроскопии (АСМ).

В данной работе были исследованы мазки венозной крови и мазки полученные из различных участков опухоли пациентов с раком почек. В ходе работы была определена зависимость деформации эритроцитов от размеров опухоли: чем больше размер опухоли, тем более ста-

новится выраженной дисморфия эритроцитов. Также делается вывод, что полуконтактный метод АСМ не рекомендуется использовать в силу большой дисморфии поверхности биологических образцов при данной патологии, так как режим сканирования дает артефакты.

Литература

1. Чистякова В. В., Климов А. В. Хирургическое лечение рака почки // NovaInfo. Ru. – 2021. – № 126. – С. 83-84.

2. Ламзин И. М. и др. Исследование изменений биофизических свойств эритроцитов при хранении в эритроцитсодержащих средах с помощью атомно-силовой микроскопии // Саратовский научно-медицинский журнал. – 2014. – Т. 10. – № 1. – С. 44-48.

* * *

Н.Э. Марков

ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова»,
677000, г. Якутск, Белинского, 58, Россия, nikolajmarkov802@gmail.com

АНАЛИЗ РАДИАЦИОННОГО КАЧЕСТВА КОМПОНЕНТОВ В ОКРЕСТНОСТЯХ ХАРБАЛАХСКОГО УГОЛЬНОГО РАЗРЕЗА

В настоящее время, каменный уголь стоит на первых местах по добыче полезных ископаемых и самых доступных для использования населения и в промышленности. Вопросы по изучению влияния естественными радионуклидами в зоне влияния теплоэлектростанции (ТЭС) и котельных на территории Республики Саха (Якутия) практически не изучено. Проведена оценка радиозоологического состояния на территории Харбалахского угольного разреза ОАО «Телен». Поэтому исследование воздействия радионуклидов на окружающую среду при сжигании местных каменных углей актуально ввиду научной значимости темы и её большой практической значимости для теплоснабжения сельских и северных улусов Якутии. Целью данной работы является исследование влияния радиационного воздействия Харбалахского угольного месторождения ОАО «Телен» на окружающую среду. Для решения данной цели были поставлены следующие задачи: Во-первых, изучить источники и характеристики радиационного загрязнения окружающей среды. Во-вторых, изучить технический проект

разработки Харбалахского угольного месторождения ОАО «Телен» открытым способом. В третьих, овладеть практическими навыками работы на полупроводниковом гамма-спектрометре с двумя детекторами из особо чистого германия, овладеть практическими навыками работы на портативном спектрометре со встроенным ОЧГ trans-спес-DX-100, практическими навыками работы на радиометр объемной активности радона-222 AlphaGUARD, практическими навыками работы на Hidex 300 SL жидкосцинтилляционный анализатор, работы на цифровом широкодиапазонном дозиметре ДРГ-01Т1 и оценить радиоэкологическое состояние территории Харбалахского угольного месторождения ОАО «Телен». Чтобы достичь поставленной цели мы проделали немалую работу. Для доказательства темы мы проделали несколько работ.

Исследовав этот доклад, я пришел к таким выводам:

1. В результате проведенных радиоэкологических исследований окружающей среды Харбалахского угольного месторождения ОАО «Телен» установлено, что содержание радионуклидов в природной среде находится в пределах фоновых значений после глобальных выпадений радионуклидов в результате ядерных испытаний в атмосфере в 60-е годы XIX века.

2. В золе, которая выбрасывается из котельных на окружающую среду, содержатся радионуклиды, как Ra-226, K-40, Ac-228 активность которых составляет 258,3 Бк/кг; 67,48 Бк/кг; 74,49 Бк/кг соответственно. А в самом каменном угле активность радионуклидов Ac-228, K-40 составляет 17 Бк/кг и 27 Бк/кг соответственно. Это показывает, что содержание радиоактивных элементов гораздо больше в золе, чем в самом каменном угле. Следовательно, зола больше загрязняет окружающую среду. Основным негативным воздействиям тепловых электростанций и котельных на окружающую среду относятся газопылевое загрязнение атмосферы, поверхностных и подземных вод, накопление золошлакоотвалов.

Литература

1. Беловодский Л.Ф., Гаевой В.К., Гришмановский В.И. Тритий. – Москва : Атомиздат, 1985.

2. Дорожко С.В., Бубнов В.П., Пустовит В.Т. Защита населения и хозяйственных объектов в чрезвычайных ситуациях. Радиационная безопасность : учебное пособие в 3-х ч. Ч. 3. Радиационная безопасность. – Минск : УП «Технопринт», 2003. – 209 с. – С. 54.

3. Зефиров Н.С. (гл. ред.). Химическая энциклопедия: в 5 т. – Москва : Советская энциклопедия, 1995. – Т. 4. – С. 174. – 639 с.

4. Кнунянц И. Л. Химическая энциклопедия: в 5 т. / (гл. ред.). – Москва : Советская энциклопедия, 1988. – Т. 1. – С. 379-380. – 623 с.

5. Кнышенко Н.С. Технический проект на разработку Харбалахского угольного месторождения открытым способом / ООО «СОЮЗОРТПРОЕКТ». – Москва, 2003. – С. 5-13, 103-106.

* * *

Р.С. Мачахова¹, А.А. Алексеев²

¹ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова», 677000, г. Якутск, Белинского, 58, Россия, machahovaraisa@mail.ru

²ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова», 677000, г. Якутск, Белинского, 58, Россия, alek_alexeev@mail.ru

ИК-СПЕКТРОСКОПИЯ РОТОВОЙ ЖИДКОСТИ ЧЕЛОВЕКА ПРИ ДИАГНОСТИКЕ САХАРНОГО ДИАБЕТА

Сахарный диабет является важной медико-социальной проблемой. По данным Международной диабетической федерации, в 2015 году во всем мире было более 400 миллионов людей больных сахарным диабетом, 90 % из них составляли пациенты с сахарным диабетом 2 типа [2].

Целью данной работы является разработка метода диагностики сахарного диабета 2 типа с использованием ИК-спектроскопии. В исследовании принимали участие 23 здоровых добровольца и 2 добровольца больных сахарным диабетом. Исследования проводились на ИК-Фурье спектрометре Spectrum Two (PerkinElmer).

Пробы слюны собирали утром до еды, высушивали в течении 2 суток, перемалывали в агатовой ступке с бромидом калия и пресовали в гидравлическом прессе. Спектры полученных таблеток снимали на ИК-спектрометре в диапазоне от 4000 см⁻¹ до 400 см⁻¹ в разрешении 4 см⁻¹.

В ходе исследования в спектрах слюны больных СД2 появилась новая полоса пропускания в диапазоне 1630 см⁻¹ (рис. 1), на спектрах слюны здоровых людей этой полосы не наблюдается (рис. 2).

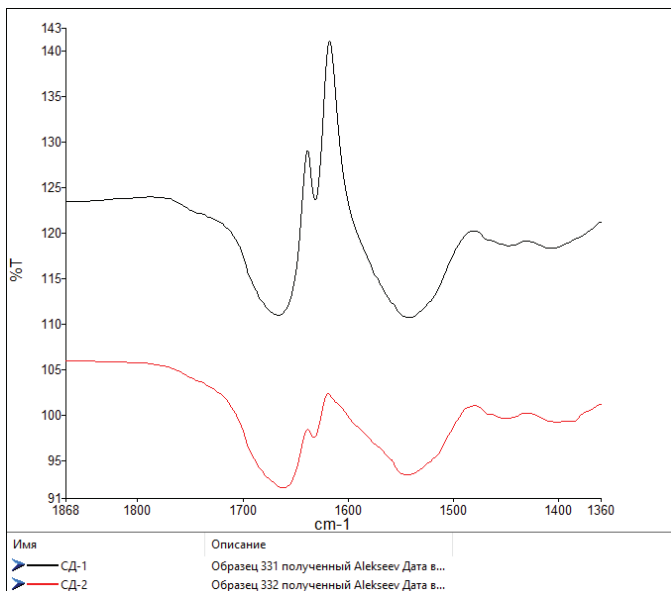


Рисунок 1 – Спектр слюны больных сахарным диабетом

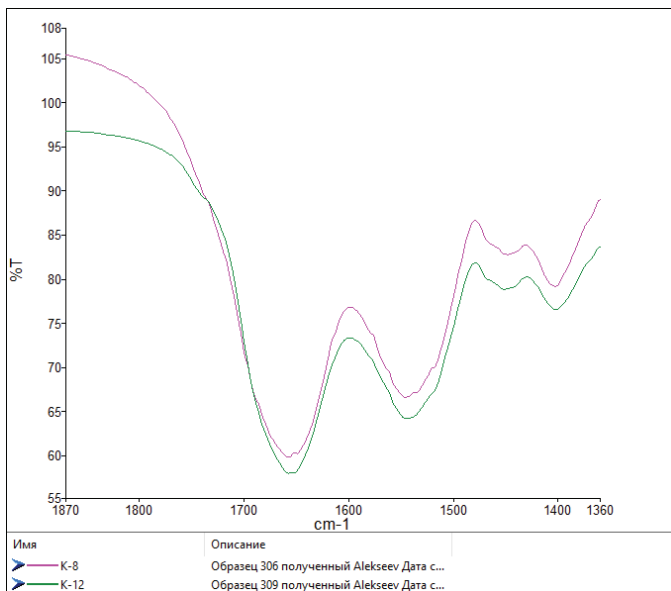


Рисунок 2 – Спектр слюны здоровых людей

Полоса пропускания в диапазоне 1630см^{-1} , которую можно интерпретировать как альбумин [1], может стать новым маркером в диагностике сахарного диабета [3].

Литература

1. Бельская Л.В. Корреляционные взаимосвязи биохимического состава слюны и характеристик инфракрасных спектров поглощения // Материалы XIV международной научной конференции. Системный анализ в медицине. – 2020. – С. 94-97.

2. International Diabetes Federation. IDF Diabetes Atlas, 7th Edition, – 2015.

3. Setor K. Kunutsor, Hassan Khan, Jari A. Laukkanen. Serum albumin concentration and incident type 2 diabetes risk: new findings from a population-based cohort study. Diabetologia. – 2015. – Volume 58. – Issue 5. – Pp. 961-967.

* * *

Э.Б.В. Никитин, С.Н. Мамаева

*1*ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова»,
677000, г. Якутск, Белинского, 58, Россия, nikitin.3r3l@mail.ru

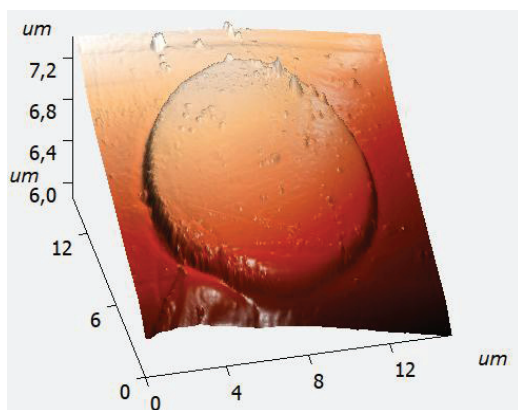
ИССЛЕДОВАНИЕ МОРФОЛОГИИ ЭРИТРОЦИТОВ КРОВИ БОЛЬНЫХ РАКОМ ШЕЙКИ МАТКИ ДО И ПОСЛЕ ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ МЕТОДОМ АТОМНО-СИЛОВОЙ МИКРОСКОПИИ

В современном мире в связи с развитием персонализированной и трансляционной медицины все большее внимание исследователей уделяет проблема сложно диагностируемых редких заболеваний с применением высокотехнологичного оборудования. Комплексное исследование заболеваний с использованием нескольких приборов, аппаратов методами медицинской физики может внести существенный вклад в фундаментальные знания о заболевании, его этиологии и может способствовать формированию новых методов его диагностики и мониторинга терапии.

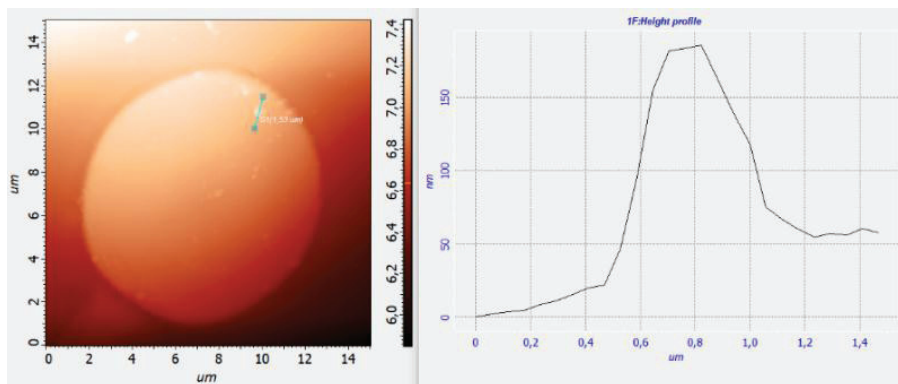
Исследование морфологии красных клеток крови в сухих мазках крови на стеклянных подложках с помощью атомно-силового микроскопа (АСМ) при различных патологиях, в том числе при раке шейки матки (РШМ) показали, что на поверхности эритроцитов присутствуют нанометровые частицы с линейными размерами сопоставимыми с размерами некоторых вирусов, в том числе ВПЧ 16-18 [1].

В данной работе использование АСМ в изучении эритроцитов крови пациентов с РШМ является необходимым для формирования нового подхода в разработке дополнительного метода диагностики, и возможно, в дальнейшем новых методов профилактики и лечения заболевания на его ранних стадиях.

Целью данной работы является исследование образцов крови больных РШМ до и после лучевой терапии (ЛТ) современным физическим экспериментальным методом АСМ.



а



б

Рисунок 1 – АСМ-изображения до ЛТ: а) 3D-изображение наночастиц на поверхности эритроцита крови пациента с РШМ; б) 2D-изображение наночастицы на поверхности эритроцита того же образца (а) и ее график профиля

На рис. 1 (а) наблюдаются неровности эритроцита, также и возвышенности (пики), которые, возможно, являются вирусными частицами. Для определения их размеров используются горизонтальные и вертикальные сечения рис.1 (б). Измерение диаметров эритроцитов проводится с помощью компьютерной программы Nova PX, находящийся в свободном доступе.

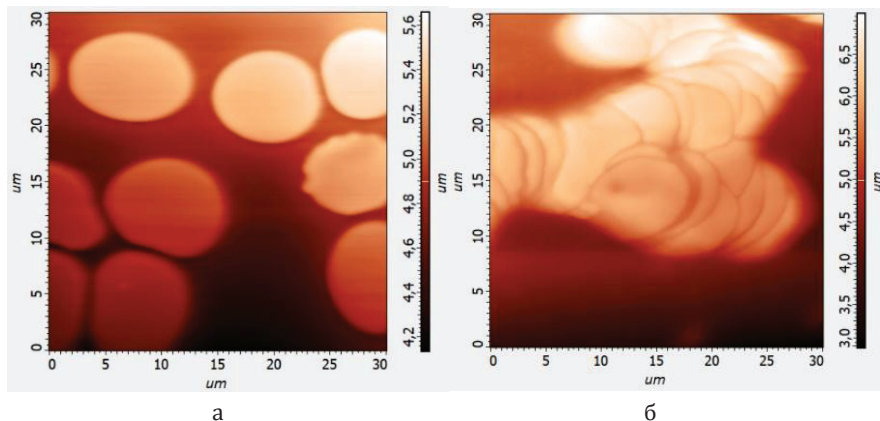


Рисунок 2 – а) АСМ-изображение эритроцитов до ЛТ, б) морфология эритроцитов после ЛТ

Исследование показало, что характерным изменением в морфологии эритроцитов во всех наблюдаемых образцах после ЛТ является их «слипание», что представлено на рисунках. Оценить дисморфию и утверждать о закономерностях по имеющимся данным довольно затруднительно в связи с ограниченным количеством необходимых образцов. Исследования в этом направлении могут быть продолжены с учетом анализа состояния пациентов после ЛТ на протяжении нескольких лет, чтобы можно было связать их состояние с показателями морфологии эритроцитов крови во время и после ЛТ.

Литература

1. S.N. Mamaeva, G.V. Maksimov, E.P. Neustroev, Y.A. Munkhalova, S.R. Antonov, and A.N. Pavlov, (2018), «Use of Nanocomposite Material Based on Graphene Oxide and Silver Nanoparticles in Research of Blood Erythrocytes in Various Diseases» in The 2nd International Symposium on Physics, Engineering and Technologies for Biomedicine, KnE Energy & Physics. – P. 212–222.

Д.С. Обутова¹, Р.З. Алексеев², В.А. Платонова¹

¹ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М. К. Аммосова»,
677000, г. Якутск, Белинского, 58, Россия, od13ana@gmail.com

²ФГБНУ «Якутский научный центр комплексных медицинских проблем»,
677000, г. Якутск, ул. Ярославского, 6/3, Россия

ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕМОЛИЗА ЭРИТРОЦИТОВ КРОВИ СВИНЬИ ПРИ ДЕЙСТВИИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР МЕТОДОМ РАСТРОВОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ

Свинья – прекрасный объект для изучения некоторых проблем физиологии человека. Дело в том, что анатомия и физиология многих органов и систем у свиньи и человека очень близки. Эксперименты на свиньях помогают понять различные патологические состояния человеческого организма: сердечно-сосудистые заболевания, диабет, язву желудка, мышечную дистрофию и ожирение.

Целью данной работы явилось изучение влияния низких температур на морфологию эритроцитов у свиней.

Объектом исследования стала кровь 3-месячной домашней свиньи (*Sus scrofa domesticus*). Забор крови производился на разных этапах эксперимента: после введения в кровь свиньи успокоительного средства в помещении; после 2 часов после выведения опытной свиньи на улицу при температуре -37°C на улице; после введения свиньи обратно в помещение и его отогрева.

Исследования морфологии эритроцитов свиньи проводились методом растрового электронного микроскопа высокого разрешения JSM-7800F.

На рис. 1-2 представлены диаметры эритроцитов и количественное соотношение дисморфных эритроцитов в процентах в зависимости от температуры.

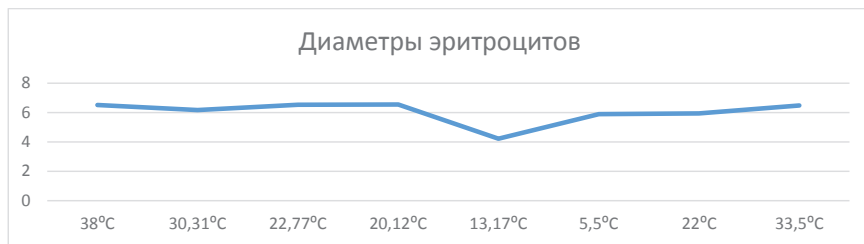


Рисунок 1 – Значения диаметров эритроцитов в зависимости от температуры

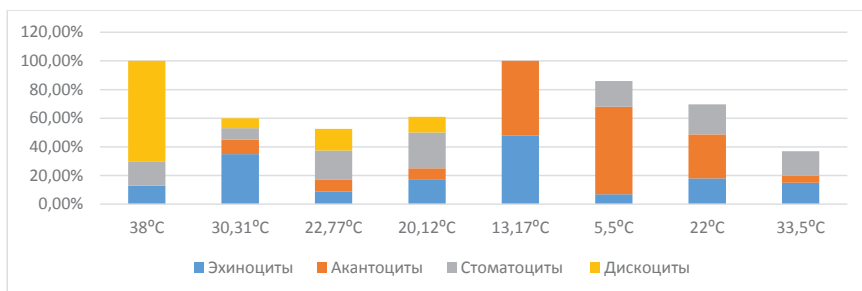


Рисунок 2 – Количественное соотношение дисморфных эритроцитов в процентах в зависимости от температуры

Итак, под воздействием низких температур с эритроцитами могут происходить различные морфологические изменения. Замораживание и последующий отогрев биологических объектов вызывают повреждения как на тканевом и органном, так и на клеточном уровнях организации. Так, мы наблюдаем как при переохлаждении уменьшается диаметр эритроцитов, повышается уровень агрегации и конгломерации, также увеличивается число эритроцитов с дегенеративно-измененной формой. А при отогреве, с некоторой частью эхиноцитов происходит обратная трансформация в эритроциты с нормальными формами.

Литература

1. Сравнительная физиология животных // А.А. Иванов, О.А. Войнова, Д.А. Ксенофонтов и др.
2. Коштянц Х.С. Основы сравнительной физиологии. – Москва : Наука. – 1957. – Т. 2. – 321 с.
3. Марданова Г. В. Миниатюрная свинья в экспериментальной биологии и медицине. – Москва, 2004. – 90 с.

* * *

А.И. Румянцев, А.А. Алексеев

ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова»,
677000, г. Якутск, Белинского, 58, Россия, al.iv.rumyantsev@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ МЕГИНО-КАНГАЛАССКОГО РАЙОНА МЕТОДОМ ИК-СПЕКТРОСКОПИИ

В настоящее время для лечения различных заболеваний большое значение имеют биологически активные вещества растительного происхождения, обладающие меньшими побочными эффектами, чем синтетические препараты, и схожие по структуре и действию с природными компонентами человеческого организма. Среди различных классов растительных соединений, определяющих их терапевтическое действие, значительное место занимают флавоноиды. Обладая широким спектром фармакологической активности, флавоноиды используются в медицине как желчегонные, гипоазотемические, гепатопротекторные, противоязвенные, капилляроукрепляющие средства [3].

ИК-спектроскопия – фундаментальный метод изучения строения химических соединений. В настоящее время имеются базы данных по ИК-спектрам технических и пищевых добавок, лекарственных препаратов, поли- и мономеров, пластификаторов, пестицидов, растворителей, нефтепродуктов, отравляющих веществ, стероидов и других соединений, преимущественно имеющих однокомпонентный состав. Однако достоверная, полная и доступная база данных ИК-спектров пищевых продуктов и лекарственного растительного сырья многокомпонентного состава, необходимая для решения конкретных практических задач, отсутствует [1, 4]. Методом ИК-Фурье-спектроскопии нарушенного полного внутреннего отражения проведена идентификация лекарственного растительного сырья различных видов и морфологических групп.

В качестве объектов исследования использовали образцы лекарственных растений, собранные на территории Мегино-Кангаласского района в 2021г. При выборе в качестве образцов сравнения лекарственных растений из других семейств исходили из того, что растения должны произрастать в одинаковых почвенно-климатических условиях. Были собраны следующие растения: (1) Багульник; (2) Бессмертника песчаного цветки; (3) Герань луговая; (4) Горец птичий; (5) Иван чай;

(6) Кедровые орехи; (7) Крапива двудомная; (8) Кукурузы столбики с рыльцами; (9) Лепестки розы; (10) Листья березы; (11) Листья смородины; (12) Можжевельник обыкновенный; (13) Пижма; (14) Плоды рябины; (15) Полынь; (16) Сосновые иголки; (17) Тимьян (чабрец); (18) Толокнянка; (19) Тысячелистник; (20) Хвощ; (21) Чага; (22) Шишки лиственницы; (23) Щитовник пахучий; (24) Ягель.

Также были исследованы несколько лекарственных растений, которые были приобретены в аптеках города Якутска: (25) Багульника Болотного Побеги; (26) Бессмертника песчаного цветки; (27) Боровая матка; (28) Валерианы корневища с корнями; (29) Зверобоя трава; (30) Календула; (31) Крапива Листья; (32) Полыни Горькой Трава.

Для нахождения спектров был использован ИК-Фурье-спектрометр Perkin–Elmer Spectrum two (Perkin Elmer Inc., США). Исследования проводятся в инфракрасной области спектра в диапазоне от 4000 до 400 см⁻¹ с целью определения структуры и количественного содержания веществ, поглощающих в средней области инфракрасной части спектра.

Проведенные исследования показали, что с помощью метода ИК-Фурье спектроскопии можно получить индивидуальные ИК-спектры ЛРС различных морфологических групп. Экспериментально установлено, что рисунок ИК-спектра и интенсивность полосы поглощения являются строго специфичными для каждого вида сырья и позволяют идентифицировать видовую принадлежность при введении в библиотеку прибора стандартного спектра образца. Методом ИК – спектроскопии установлено образование водородных связей и их характер между молекулами БАВ в изучаемом ЛРС. Полученные результаты свидетельствуют о перспективности используемого метода для экспресс-оценки подлинности ЛРС.

Литература

1. Бёккер Ю. ИК-спектроскопия // Мир химии. – 2009. – С. 138-193.
2. Смит А. Прикладная ИК-спектроскопия: основы, техника, аналитическое применение. – 1982.
3. Яковлев Г.П. Большой энциклопедический словарь лекарственных растений : учебное пособие. – 2015.
4. Колесник И.В. Инфракрасная спектроскопия // Методическая разработка. – 2011.
5. Тринеева О.В. Применение ИК-спектроскопии в анализе лекарственного растительного сырья // Вестник ВГУ, серия: Химия, биология, фармация. – 2018. – № 4. – С. 187-194.

**М.А. Садовникова¹, Ф.Ф. Мурзаханов¹, Г.В. Мамин¹,
И.В. Фадеева², М.Р. Гафуров¹**

¹ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»,
420008, г. Казань, Кремлевская, 16а, Россия, margaritaasadov@gmail.com

²ФГБУ «Институт металлургии и материаловедения
им. А.А. Байкова» Российской академии наук (ИМЕТ РАН),
119334, г. Москва, Ленинский проспект, 49, Россия

ИДЕНТИФИКАЦИЯ И ИЗУЧЕНИЕ ТРИКАЛЬЦИЙФОСФАТА, ДОПИРОВАННОГО ИОНАМИ Gd^{3+} , МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОННОГО ПАРАМАГНИТНОГО РЕЗОНАНСА

Задачу восстановления костной ткани возможно осуществить с использованием материалов на основе фосфатов кальция (ФК). ФК является биоактивным материалом, который стимулирует формирование костной ткани, образуя уникально прочный контакт биоматериал – кость [1]. На сегодняшний день для лечения поврежденных твёрдых тканей и суставов преимущественно используют материалы на основе трикальцийфосфата [2]. Синтетический β -трикальцийфосфат (β -ТКФ, $Ca_3(PO_4)_2$) является крайне перспективным, остеокондуктивным, остеоиндуктивным материалом и обладает высокой растворимостью и, соответственно, скоростью резорбции. Замещение катионов кальция в структуре ТКФ на катионы других металлов (Cu^{2+} , Mn^{2+} , Al^{3+}), способствует возрастанию скорости резорбции ТКФ, вследствие увеличения дефектности его кристаллической решетки, а также позволяет усовершенствовать свойства материалов ТКФ [3].

Соединение β -ТКФ с ионами гадолиния Gd^{3+} являются многообещающим биоматериалами для костной инженерии, так как для контроля каждого этапа заживления и степени регенерации твердых тканей необходимо использовать физические методы визуализации (рентгенография, компьютерная томография (КТ) и магнитно-резонансная томография (МРТ)). Данная задача может быть решена путем добавления контрастных веществ к заместителю кости β -ТКФ [4]. Однако, биоматериалы на основе Gd^{3+} редко используются для заживления костных дефектов, а их биосовместимость остаются неизвестными до сих пор.

В научно-исследовательской работе были изучены синтетические наноразмерные образцы ТКФ с примесью ионов Gd^{3+} методом элек-

тронного парамагнитного резонанса (ЭПР). Данные образцы синтезированы методом влажного осаждения из водных растворов солей. Спектры ЭПР регистрировались в стационарном и импульсном режимах, с помощью спектрометра фирмы Bruker серии Elexsys E580/680 в частотном диапазоне $\nu_{\text{СВЧ}} = 9$ ГГц (X-диапазон) как при комнатной (297 К), так и при низких температурах (25 К, 12 К) с использованием проточного гелиевого криостата. Анализ спектров ЭПР позволил однозначно установить, что Gd^{3+} встраивается в кристаллическую решетку ТКФ, не разрушая её. Примесные ионы Gd^{3+} способны влиять на динамические характеристики азотного радикала, что говорит о наличии взаимодействия между внедренными центрами. Данный эффект указывает на возможность успешного содопирования двумя примесными центрами с противоположными зарядами, что делает материал более биосовместимым и пригодным в ортопедии.

Исследования методом ЭПР выполнены при поддержке Госзадания 0671-2020-0051.

Литература

1. Jeong J. et al. Bioactive calcium phosphate materials and applications in bone regeneration // *Biomaterials research*. – 2019. – Т. 23. – №. 1. – С. 1-11.
2. Bohner M. et al. β -tricalcium phosphate for bone substitution: Synthesis and properties // *Acta Biomater*. – 2020. – Vol. 1. – № 113. – P. 23-41.
3. Fadeeva, I. V., Gafurov, M. R., Kiiaeva, I. A., Orlinskii, S. B., Kuznetsova, L. M., Filippov, Y., ... & Barinov, S. M. (2017). Tricalcium phosphate ceramics doped with silver, copper, zinc, and iron (III) ions in concentrations of less than 0.5 wt. % for bone tissue regeneration. *BioNanoScience*. – 7(2). – P. 434-438.
4. Meenambal R. et al. Substitutional limit of gadolinium in β -tricalcium phosphate and its magnetic resonance imaging characteristics // *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials*. – 2017. – Т. 105. – №. 8. – С. 2545-2552.

* * *

А.А. Скрыбыкина^{1,2}, Г.С. Рогожников²

¹Филиал ФГБОУ ВО «Московский государственный университет
имени М.В. Ломоносова» в г. Сарове, г. Саров, Россия

²Российский федеральный ядерный центр – ВНИИЭФ, г. Саров, Россия,
skrybykinaigy@mail.ru

РАСЧЕТНО-ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРОВ ОБРАТНОГО РАССЕЯНИЯ ВОДНОЙ СУСПЕНЗИИ ПОЛИСТИРОЛЬНЫХ МИКРОСФЕР

В настоящее время много внимания уделяется вопросу разработки аппаратуры и методик малотравматичной оптической биопсии мягких тканей для скрининга в режиме реального времени новообразований различного типа [1-3]. Для того, чтобы правильно интерпретировать спектральные данные, полученные оптическим зондом при его продвижении внутри биологической ткани, необходима математическая модель, учитывающая особенности обратного рассеяния структурами различного состава и строения. В основу предложенной авторами модели заложена теория Ми рассеяния света на частицах, сопоставимых по размеру с длиной волны излучения. Для верификации модели использовались тестовые среды в виде суспензий полистирольных калиброванных микро- и наносфер (0.5-2 мкм) в специально подготовленной воде из-за малой разницы плотности дисперсной фазы и дисперсионной среды, положительно сказывающейся на скорости седиментации и агрегации. Оптический зонд представлял собой тонкоигольную (внешний диаметр 800 мкм) систему с вклеенными оптическими 100 мкм волокнами, одно из которых излучало свет в широком спектральном диапазоне (400-2000 нм), а остальные собирали рассеянное назад излучение и доставляли его в спектрометры. Показано приемлемое соответствие расчетных и экспериментальных данных, что позволяет использовать верификационную методику в дальнейших работах.

Литература

1. Рогожников Г.С., Любынская Т.Е. Разработка комплекса инвазивной малотравматичной оптической биопсии // Сборник трудов X международной конференции по фотонике и информационной оптике, – Москва, 2021. – С. 321-322.
2. Скрыбыкина А.А., Костромыкина В.В., Рогожников Г.С. Исследование рассеяния широкополосного оптического излучения модельными средами в ин-

тересах создания комплекса оптической биопсии // Сборник трудов XI международной конференции по фотонике и информационной оптике. – Москва, 2022. – С. 419-420.

3. Belkov S.A., Kochemasov G.G., Lyubynskaya T.E., Maslov N.V., Nuzhny A.S., Da Silva L.B., Rubenchik A. Optical spectra analysis for breast cancer diagnostics // Applied Physics B. – 2011. – Vol. 105. – Issue 3. – P. 641-648.

* * *

А.А. Сорокина, Е.А. Бушмина, А.А. Григорьева, А.А. Булавская
ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30, Россия, as282@tpu.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПЛАСТИКОВЫХ ИЗДЕЛИЙ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ МЕДИЦИНСКОГО ПУЧКА ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ

Одним из наиболее распространенных методов лечения онкологических заболеваний является лучевая терапия. Лучевая терапия – терапия с применением ионизирующего излучения, которое оказывает разрушающее действие на клетки [1]. При проведении лучевой терапии главной задачей становится обеспечение равномерного распределения дозы в планируемом объеме облучения и низкой лучевой нагрузки в области здоровых тканей. Для формирования сложного глубинного распределения дозы используют специальное устройство – болюс. Данное устройство выполнено таким образом, чтобы одна его сторона повторяла контур тела пациента, а другая позволяла создать необходимое глубинное распределение дозы. При облучении болюс размещается на поверхности тела человека.

На текущий момент имеется несколько подходов к изготовлению болюсов [2], однако все они имеют ряд недостатков, таких как изменение толщины и формы в процессе эксплуатации, хрупкость, неизменная толщина всего устройства, высокая цена и другие.

Другим подходом к изготовлению болюсов может стать создание таких устройств с помощью технологии трехмерной печати. Преимущества такого подхода заключаются в возможности быстрого изготовления изделия сложной формы с высокой точностью, в простоте технологического процесса изготовления, а также относительно низкой стоимости используемых материалов.

В текущей работе для изготовления болюсов предложено использовать метод трехмерной печати. Вследствие этого, была поставлена цель работы – исследование возможности применения пластиковых изделий для формирования медицинского пучка гамма-излучения.

В рамках работы проводилось численное моделирование процесса взаимодействия гамма-излучения с пластиковыми изделиями, изготовленными с помощью метода трехмерной печати. В соответствии с моделированием были проведены экспериментальные исследования. В качестве источника излучения был выбран гамма-терапевтический аппарат Theratron Equinox 80 и создана модель его пучка.

В результате моделирования было получено поверхностное и глубинное распределение поглощенной дозы гамма-пучка, сформированные пластиковыми объектами. Расчетные данные совпали с экспериментальными данными в пределах погрешности. Созданная модель может в дальнейшем использоваться для разработки геометрии болюсов, изготовленных с помощью метода трехмерной печати.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда (проект № 21-79-00252).

Литература

1. Каприн, А. Д. Терапевтическая радиология: национальное руководство / Каприн А. Д., Мардынский Ю. С. – Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2018. – 704 с.
2. Климанов, В. А. Радиационная дозиметрия : монография / В. А. Климанов, Е. А. Крамер-Агеев, В. В. Смирнов ; под редакцией В. А. Климанова. – Москва : НИЯУ МИФИ, 2014. – 648 с.

* * *

М.С. Теренина¹, Р.Н. Хазипов¹, А.В. Захаров^{1,2}

¹ФГАОУ ВО «Казанский федеральный университет»,

420008, г. Казань, Кремлевская, 18, Россия, MSTerenina@stud.kpfu.ru

²ФГБОУ ВО «Казанский государственный медицинский университет»,

420012, г. Казань, Бутлерова, 49, Россия

ВОЗМОЖНОСТИ ЭКСТРАКЛЕТОЧНОГО МОДУЛЯ СИСТЕМЫ NEURON ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭПИПИАЛЬНОЙ АППЛИКАЦИИ ИНДУКТОРОВ РАСПРОСТРАНЯЮЩЕЙСЯ ДЕПРЕССИИ

В данной работе проведено исследование возможностей экстраклеточного модуля системы NEURON, предоставляемых для моделирования распространяющейся деполяризации (РД). Указанная программа предназначена для моделирования процессов, протекающих во внеклеточном окружении сети нейронов, моделируемых системой NEURON [Newton et al 2018]. В нашем случае интерес представляет РД, индуцируемая эпилептической аппликацией различных веществ (калий-хлор, эндотелин-1). Данный способ индукции РД широко распространён, а его эффекты хорошо изучены экспериментально [Nasretdinov et al. 2017, Vinokurova et al. 2022]. Однако, многие аспекты генерации и распространения РД при таком способе индукции объяснены лишь частично. Так, например, не до конца понятны эффекты диффузии инъектируемых веществ и накапливающихся во внеклеточном пространстве ионов.

Для воспроизведения эффекта эпилептической аппликации калий-хлора были использованы следующие параметры и настройки модели: размер пространства 1500x1000x1000 мкм с граничными условиями Неймана, буферизация-высвобождение калия астроцитами отключены. Также отключены натрий-калиевый насос и токи утечки калия и натрия. Эпилептическую аппликацию имитировали путём задания начальной концентрации калия в виде болюса на одной из границ пространства. Плотность нейронов составляла 90000 на мм³.

Отличительной особенностью рассматриваемого программного инструмента является его интерфейс, позволяющий минимальным набором команд задавать множество различных условий модели. Такой тип организации интерфейса имеет, однако заметные недостатки, которые, в частности, не позволили в полной мере воспроизвести условия

эпипиальной аппликации вещества. Во-первых, необходимо использовать комбинированные граничные условия: Неймана в верхне-нижнем направлении (поверхность коры и граница серого и белого вещества) и условия Дирихле в латеральных направлениях. Внешний интерфейс описываемого программного модуля не позволяет прямо задать подобные граничные условия. Кроме того, эпипиальная аппликация часто предполагает суперфузию исследуемого вещества, которая в модели должна задаваться постоянной концентрацией в точке контакта. Данная конфигурация может быть задана в модели лишь путём задания граничного условия на целой грани моделируемого пространства, что также ограничивает возможности воспроизведения экспериментальных данных.

Несмотря на указанные недостатки программы, она позволила провести сравнение динамики деполяризации нейронов при поверхностном расположении калия с результатами *in vivo* регистрации внеклеточного потенциала в коре мозга крысы при эпипиальной аппликации калий-хлора. Общая динамика характерного параметра – количества деполяризованных нейронов – соответствует экспериментальным наблюдениям. Скорость вертикального распространения волны составила 6 мм/мин.

Таким образом, предложенная система моделирования является удобным инструментом, однако задание всех необходимых условий для моделирования эпипиальной аппликации индукторов РД требует оперирования параметрами системы NEURON на более низком уровне, в обход предлагаемого интерфейса.

Литература

1. Newton A.J.H, McDougal R.A., Hines M.L., Lytton W.W. Using NEURON for reaction-diffusion modeling of extracellular dynamics // *Front. neuroinformatics.* – 2018. – № 12. – P 41.
2. Nasretdinov A., Lotfullina N., Vinokurova D. et al. Direct current coupled recordings of cortical spreading depression using silicone probes // *Front. cell. neurosci.* – 2017. – № 11. – P 408.
3. Vinokurova D, Zakharov A., Chernova K., et al. Depth-profile of impairments in endothelin-1-induced focal cortical ischemia // *J. cerebral blood flow metab.* – 2022. – In press.

* * *

М.К. Тюкянова, С.Н. Мамаева

ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова»,
г. Якутск, Россия, m.tukyanova98@mail.ru

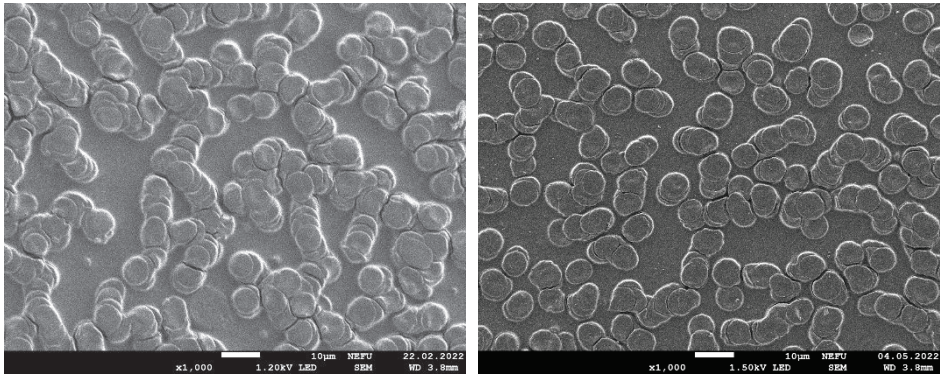
ИССЛЕДОВАНИЕ ЭРИТРОЦИТОВ КРОВИ ПАЦИЕНТОВ С РАКОМ ШЕЙКИ МАТКИ ДО И ПОСЛЕ ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ

В настоящее время разработка метода мониторинга состояния больного с раком во время лучевой терапии (ЛТ) и возможности корректировки планирования лечения являются актуальной проблемой. В данной работе рассматривается метод наблюдения за пациентами, с помощью которого исследуются изменения морфологии эритроцитов у пациентов с раком шейки матки (РШМ) при проведении ЛТ.

В данной работе проводится исследование изменения морфологии эритроцитов сухих мазков крови пациентов с РШМ в зависимости от стадии заболевания. Забор крови пациентов производился в радиологическом отделении Якутского республиканского онкологического диспансера до и после проведения ЛТ. В ходе работы проводилось сравнение изображений эритроцитов крови, полученных с использованием растрового электронного микроскопа JSM-7800F фирмы JEOL с термополевым эмиссионным катодом Шоттки без проводящего напыления с разрешением 1.2 нм при 1 кВ, с применением компьютерной программы JMicroVision v1. 2. 7. Для проведения оценки характера и размеров поверхностных нарушений эритроцитов был использован атомно-силовой микроскоп – сканирующий зондовый микроскоп Solver Next фирмы NT-MDT в полу-контактном режиме со скоростью сканирования 0,5 Гц, 0,25 Гц.

На рис. 1 и 2 показаны изменения эритроцитов крови у пациентки с раком шейки матки до и после лучевой терапии методом растровой электронной микроскопии.

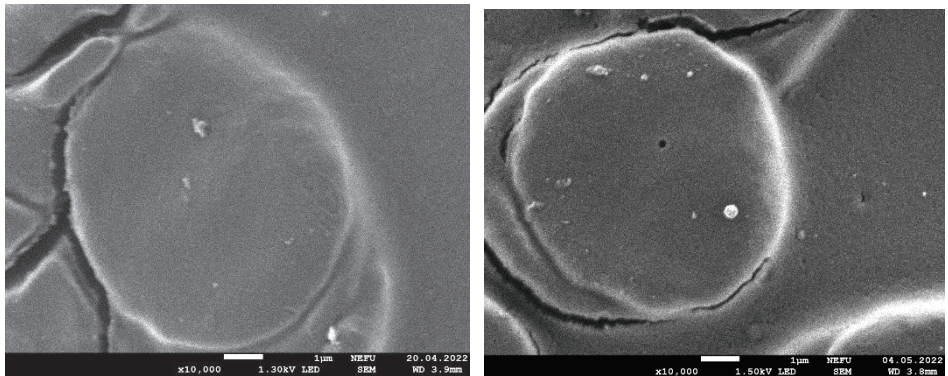
Итак, в результате исследований с помощью растровой электронной и атомно-силовой микроскопии было выявлено, что у больных с РШМ наблюдаются изменения в морфологии эритроцитов во время ЛТ: 1) уменьшаются линейные размеры эритроцитов, а также количество дисморфных эритроцитов; 2) меняются размеры наночастиц, обнаруженных на поверхности эритроцитов и в плазме, на разных стадиях ЛТ. Полученные данные могут быть применены в формировании методик диагностики и терапии лечения онкологических заболеваний.



а

б

Рисунок 1 – РЭМ-изображения эритроцитов сухого мазка крови пациентки с раком шейки матки: а) до лучевой терапии при увеличении в 1000 раз; б) после лучевой терапии при увеличении в 1000 раз



а

б

Рисунок 2 – РЭМ-изображения поверхности эритроцитов сухого мазка крови пациентки с раком шейки матки: а) до лучевой терапии при увеличении в 10 000 раз; б) после лучевой терапии при увеличении в 10 000 раз

Литература

1. Mamaeva S.N., Kononova I.V., Alekseev V.A., Nikolaeva N.A., Pavlov A.N., Semenova M.N., Maksimov G.V. Determination of blood parameters obtained under SEM as a prototype model for evaluating the effectiveness of radiation therapy for cervical cancer. International Journal of Biomedicine, – 11 (1). – 2021. – Pp. 32-38: doi: 10.21103/Article11(1) OA6

2. Maksimov, G.V., Mamaeva, S.N., Antonov, S.R., Munkhalova Ya.A., Kononova, I.V., Sheikin, I.Yu. Measuring Erythrocyte Morphology by Electron Microscopy to Diagnose Hematuria //Measurement Techniques. – June 2016. – Volume 59 (3). – Pp 327-330.

* * *

А.Р. Хакимзянова¹, А.В. Халиуллина¹, А.В. Филиппов²

¹ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»,
420008, г. Казань, ул. Кремлевская, 18, Россия, ARKhakimzyanova@stud.kpfu.ru

²ФГБОУ ВО «Казанский государственный медицинский университет»,
420012, г. Казань, ул. Бутлерова, 49, Россия

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ИОННОЙ ЖИДКОСТИ С МОДЕЛЬНОЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ МЕМБРАНОЙ МЕТОДОМ ЯДЕРНОГО МАГНИТНОГО РЕЗОНАНСА

Ионные жидкости (ИЖ) в настоящее время широко используются в органическом синтезе благодаря их уникальным физико-химическими свойствам [1]. Некоторые из них могут быть использованы в качестве экологически чистых растворителей. Тем не менее существует потенциальная опасность экологического загрязнения. Исследование взаимодействия ионной жидкости с биомембраной является необходимым условием для понимания действия этих ионных соединений на организм.

В данной работе методом ЯМР было проведено исследование особенностей фазового поведения и молекулярной подвижности системы, состоящей из лецитина при концентрации 2 % по весу в смеси растворителей этиламмония нитрата (EAN) с дейтерированной водой (D₂O) при постоянной температуре 308 К. ЯМР эксперименты проводились на спектрометр Bruker Avance III 400 МГц.

Анализ спектров ³¹P ЯМР указывает на наличие в системе лецитин – D₂O ламеллярной жидкокристаллической фазы (липосом), а в системе лецитин – EAN изотропной фазы. В смеси D₂O – EAN наблюдается корреляция соотношения этих двух фаз с долями растворителей D₂O и EAN.

Методом ЯМР с импульсным градиентом магнитного поля были проведены диффузионные эксперименты. Диффузионные затухания для систем лецитин – D₂O и лецитин – EAN представлены на рисунках 1 и 2, соответственно. Компонента диффузионного затухания со значением коэффициента самодиффузии (КСД), относящимся к липидам

в EAN, может быть связана с движением диффундирующих мицелл, регистрируемых в ^{31}P спектре в виде изотропного сигнала с размером ~ 20 нм; КСД относящимся к липидам в D_2O , может быть связана с движением диффундирующих везикул с размером ~ 100 нм [2].

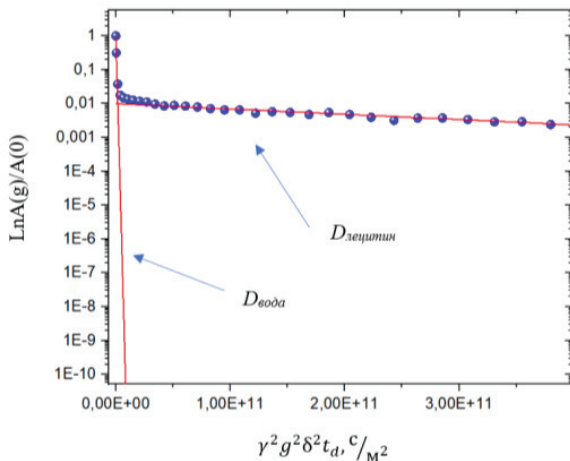


Рисунок 1 – Диффузионное затухание лецитина (2 % по весу) в D_2O , $T=308$ К;

$$D_{\text{воды}} = 2,7 \cdot 10^{-9} \text{ м}^2/\text{с}, D_{\text{лецитина}} = 3,6 \cdot 10^{-12} \text{ м}^2/\text{с}$$

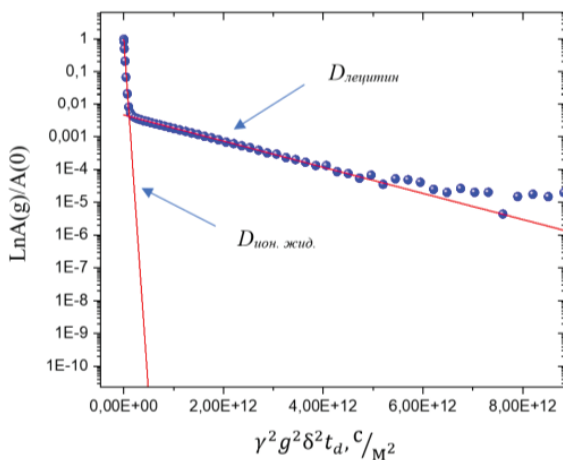


Рисунок 2 – Диффузионное затухание лецитина (2 % по весу)

$$\text{в EAN}, T=308 \text{ К}; D_{\text{ион.жид.}} = 5 \cdot 10^{-11} \text{ м}^2/\text{с}, D_{\text{лецитина}} = 9,2 \cdot 10^{-13} \text{ м}^2/\text{с}$$

Литература

1. Gayet, F., Marty, J. D., Brulet, A., Lauth-de Viguerie, N. Vesicles in ionic liquids. *Langmuir*. – 2011. – 27. – 9706-9710.

2. Pandey, H., Rani, R., Agarwal, V. Liposome and Their Applications in Cancer Therapy. *Brazilian Archives of Biology and Technology*. – 2016. – 59

* * *

В.А. Хриstoffорова, В.А. Платонова

*ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова»,
677000, г. Якутск, Белинского, 58, Россия, valeria20272@gmail.com*

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ МОРФОЛОГИИ ЭРИТРОЦИТОВ «МОРЖЕЙ» И ДОБРОВОЛЬЦЕВ ПРИ ИХ ПОГРУЖЕНИИ В ХОЛОДНУЮ ВОДУ

Общее переохлаждение и обморожение считаются одними из наиболее тяжелых холодовых травм. По данным ИА Regnum только за январь 2021 года выявлено 114 случаев. Гипотермия занимает третье место в официальной статистике причин смертности – в ожоговое отделение Республиканской больницы № 2 – Центра экстренной медицинской помощи каждый год обращается до 200 пациентов [1].

Холодовая травма – проблема, которая продолжает привлекать внимание клиницистов. Значение рациональной профилактики и эффективной терапии трудно переоценить. Отморожения приводят к длительной потере трудоспособности и часто являются причиной пожизненной инвалидности, требуют значительных усилий при реабилитации. Повреждающему действию низких температур могут способствовать различные факторы: скорость ветра, влажность воздуха, переутомление, истощение, утрата сознания, шок, хронические заболевания с нарушениями периферического кровотока, курение, тесная обувь или одежда. Большинство холодовых травм в мирное время происходит в состоянии алкогольного опьянения. Действие алкоголя приводит к утрате самоконтроля, угнетает центр терморегуляции, способствует развитию гиперкоагуляции и гипогликемии [2].

Результаты нашего исследования предполагают вероятность восстановления замороженных тканей после общего переохлаждения и обморожения.

Моржевание – это экстремальный вид спорта в виде купания в открытых водоёмах зимой. Согласно исследованиям [3], моржевание влияет положительно не только на физиологические процессы организма, но и психические.

Ежегодно с давних времен миллионы людей участвуют крещенских купаниях. По данным МЧС Республики Саха (Якутия), в 2022 году в нем приняло участие более шести тысяч человек.

Целью работы является исследование изменения морфологии эритроцитов «моржей» и добровольцев при их погружении в холодную воду. В ходе работы были определены изменения морфологии эритроцитов методом РЭМ мазков крови «до» и «после» окунания, проведена статистическая обработка данных РЭМ-изображений.

Изменения размера и формы эритроцитов различаются у добровольцев и моржей. У добровольцев наблюдается уменьшение диаметра эритроцитов, в то время как у «моржей» напротив – увеличение.

Исследования такого рода могут дать информацию о влиянии моржевания на организм человека, а также узнать о реакции организма на периодическое воздействие холода.

Литература

1. ИА Regnum <https://regnum.ru/news/accidents/3167744.html>
2. Сизоненко В. А., Михайличенко А. В., Шаповалов К. Г. Классификация и диагностика местной холодовой травмы // Acta Biomedica Scientifica. – 2008. – № 3.
3. Фишер Т.А., Доценко Е.Л., Петров С.А., Фролова О.В. Моржевание как способ повышения качества жизни // Известия Самарского научного центра РАН. – 2015. – № 5-2.

* * *

О.С. Чернова, А.А. Григорьева, А.А. Булавская, С.Г. Стучебров
ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30, Россия, oscb@tpu.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МЕДИЦИНСКИХ ПРОТОННЫХ ПУЧКОВ С ПЛАСТИКОВЫМИ ИЗДЕЛИЯМИ, ИЗГОТОВЛЕННЫМИ С ПОМОЩЬЮ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

На сегодняшний день существуют разные методы лечения онкологических заболеваний, одним из которых является лучевая терапия. К лучевой терапии относятся традиционное облучение с использованием электронов высоких энергий, фотонного или рентгеновского излучения, облучение протонами и ионами высоких энергий, облучение быстрыми нейтронами и другие.

Биологическое воздействие всех видов излучения на клетки организма сходно [1]. Однако способ взаимодействия протонов с веществом дает преимущества по сравнению с другими видами излучений. Данное преимущество обусловлено характером глубинного распределения дозы, известному как кривая Брэгга. За счет этого попадая в тело человека, протоны вносят относительно низкую входную дозу, при этом максимум поглощения дозы от протонов находится на некоторой глубине в теле пациента, которая зависит от энергии протонов.

Поскольку протоны оставляют основную часть своей энергии на некоторой глубине, необходимо проводить дозиметрический контроль и расчет планов терапевтических процедур. Это осуществляется расчетными методами, а также экспериментальными с помощью дозиметрических фантомов. Известно, что для лучевой терапии, использующей электронные и фотонные пучки, дозиметрические фантомы могут быть изготовлены с помощью аддитивных технологий [2].

Данная работа направлена на исследование взаимодействия медицинских протонных пучков с пластиковыми изделиями, изготовленными с помощью аддитивных технологий, для их дальнейшего применения в протонной лучевой терапии. Для этого в медицинском радиологическом научном центре им. А.Ф. Цыба [3] было проведено облучение медицинским протонным пучком пластиковых изделий, которые могут быть использованы для создания тканезквивалентного дозиметрического фантома методами трехмерной печати.

В результате были получены кривые глубинного распределения поглощенной дозы в водном фантоме за исследуемыми образцами. После чего был проведен анализ полученных результатов на предмет эквивалентности исследуемых изделий биологическим тканям человеческого организма.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках соглашения 075-15-2022-620 (проект № МК-26.2022.1.2).

Литература

1. Foote R.L., Stafford S.L., Petersen I.A. *et al.* The clinical case for proton beam therapy // Radiation Oncology. – 2012. – Vol. 7.

2. Kairn T., Crowe S.B., Markwell T. Use of 3D Printed Materials as Tissue-Equivalent Phantoms // World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering. – 2015. – Vol. 51. – P. 728-731.

3. МРНЦ им. А.Ф. Цыба – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://mrrc.nmicr.ru/filialy/otdelenie-protonnoy-i-fotonnoy-terapii/>, свободный.

* * *

А.Ф. Шайдуллина¹, М.Ю. Волков², Л.И. Савостина¹, А.Н. Туранов^{1,2}

¹ ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»,
г. Казань, Кремлевская, 16а, Россия, shaidullina.amina@yandex.ru

² Казанский физико-технический институт им. Е.К. Завойского ОСП ФИЦ «Казанский научный центр РАН», г. Казань, Сибирский тракт, 10/7, Россия

ПРОЦЕСС ФОТОИЗОМЕРИЗАЦИИ 1,2-ДИ(4-ПИРИДИЛ)ЭТИЛЕНА, ИЗУЧЕННЫЙ МЕТОДАМИ УФ И ЯМР СПЕКТРОСКОПИИ, КВАНТОВО-ХИМИЧЕСКИМ МОДЕЛИРОВАНИЕМ

Изомеризация фотопереклюющихся молекул привлекла значительное внимание из-за их широкого применения в таких областях как нелинейная оптика, разработка устройств хранения памяти, исследования биохимической активности, молекулярных машин, наноразмерных устройств и т.д. Обычно используемые фотопереклюющиеся молекулы при облучении светом изменяют свою конформацию. Наличие у

молекулы 1,2-ди(4-пиридил) этилен (DPE) двойной C=C связи обуславливает возможность его *транс-цис* фотоизомеризации.

Процесс *транс-цис* изомеризации DPE происходит при облучении его УФ светом с длиной волны $\lambda = 365$ нм. Экспериментальные исследования выполнены в растворах в дейтерированном ацетоне методом ^1H ЯМР спектроскопии, а в растворе ацетонитрила записаны УФ спектры.

В УФ спектре DPE в ацетонитриле наблюдается максимум при $\lambda = 290$ нм (*транс*-изомер), при облучении происходит уменьшение интенсивности полосы поглощения – переход в *цис*-изомер. В процессе дальнейшего облучения появляется полоса поглощения $\lambda = 248$ нм, соответствующая циклической структуре DPE.

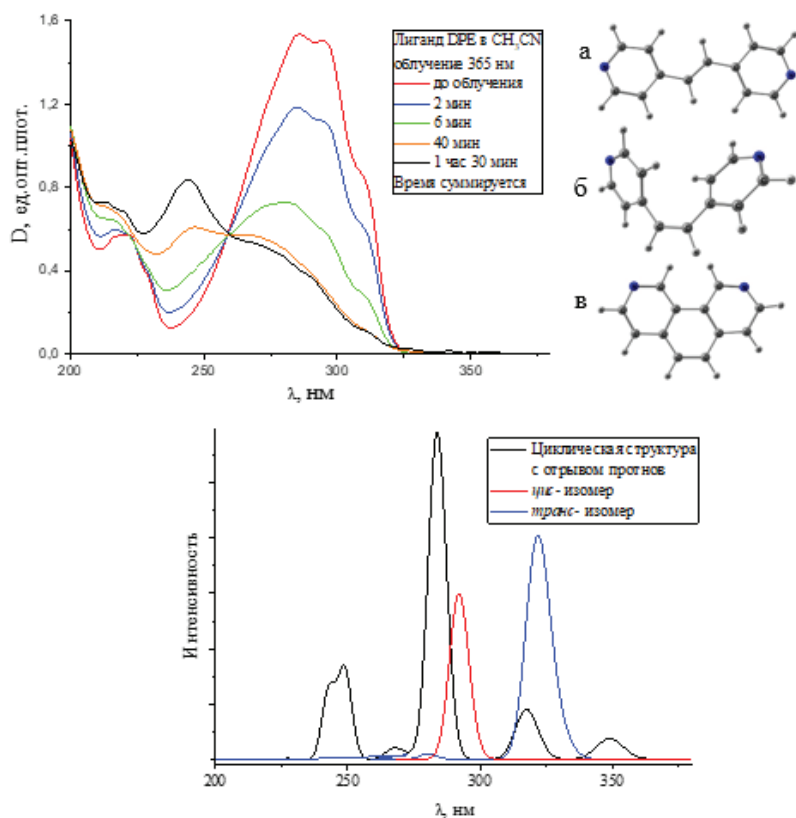


Рисунок 1 – Экспериментальные и расчетные спектры поглощения DPE (а – *транс*-изомер, б – *цис*-изомер, в – циклическая структура)

Экспериментальные данные подтверждены квантово-химически-ми расчетами методом функционала плотности (DFT) в программном пакете ORCA [1]. Расчеты проводились с полной оптимизацией геометрических параметров и показали, что полосы поглощения всех исследуемых изомеров находятся в таком же диапазоне волн, что и на эксперименте.

Литература

1. Neese, F. The ORCA program system Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Molecular Science. – Vol. 2. – Issue 1. – 2012. – P. 73-78.

* * *

С.В. Шарина¹, Ф.Ф. Протопопов²

¹ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова», 677000, г. Якутск, Белинского, 58, Россия, sharina.sveta25@mail.ru

²ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова», 677000, г. Якутск, Белинского, 58, Россия, protopopov_fedor@mail.ru

ИЗУЧЕНИЕ ЖЕЛЧНЫХ КОНКРЕМЕНТОВ С ПОМОЩЬЮ ИК- И УФ-СПЕКТРОСКОПИИ

Желчнокаменная болезнь в настоящее время является лидером среди заболеваний пищеварительной системы, встречающееся у 10-20 % населения в западных странах [1-3, 4]. В среднем после 40 лет она обнаруживается у 32 % женщин и 16 % мужчин [2]. Основой образования камней является нарушение равновесия между стабилизаторами желчи и количеством растворенных в ней веществ, таких как карбонат кальция, билирубин и холестерин, а волокнами выступают белки желчи, кристаллы холестерина или билирубина. [2-4]. Решающую роль в патогенезе холестериновых камней играют: литогенез, генетические факторы, быстрый фазовый переход холестерина в желчь, нарушение моторики желчного пузыря, замедление перистальтики кишечника и изменение её микробиоты [5].

С помощью ИК-спектроскопии можно получать спектры различных твердых тел, жидкостей и газов, так как ИК спектры – это «отпечатки пальцев» входящих в состав вещества молекул, дающих полную

информацию о химическом составе камни [6,7]. ИК- спектроскопия дает возможность, проводить идентификацию компонентов составных веществ, определять присутствие различных функциональных групп и связей [1, 3, 4, 6], что очень востребовано при определении состава камней для определения этиологии болезни, которое может быть необходимо для определения лечения болезни. ИК-спектроскопия с Фурье преобразованием стал основным инструментом для классификации камней и анализа компонентов во многих странах [3, 4], поскольку является быстрым и применимым ко всем типам камней, и требует лишь небольшого количества образца. УФ-спектроскопия применяется при исследовании атомов, ионов, молекул твердых тел, для изучения их уровней энергии, вероятностей переходов. В УФ области спектра лежат резонансные линии нейтральных, однократно и двукратно ионизованных атомов, спектральные полосы, испускаемые возбужденными конфигурациями высокоионизованных атомов. Электронно-колебательно-вращательные полосы молекул в основном располагаются в ближней ультрафиолетовой области спектра. Многие химические соединения дают сильные полосы поглощения в УФ области, что создает преимущества использования УФ-спектроскопии в спектральном анализе, в частности исследования в этой области для желчных камней в мировой литературе представлены не так широко, как для ИК-спектроскопии, что вызвано рядом небольшой информативностью метода.

Образцы Gall № 1-54 взяты из коллекции кафедры Общая и экспериментальная физика ФТИ. Образцы желчных камней (Gall № 55-89) были предоставлены Республиканской больницей № 1 – Национального центра медицины с соблюдением всех этических стандартов и конфиденциальности пациентов. Всего исследовано 89 желчных камней. С поверхности слоя желчного камня соскобом при помощи скальпеля были взяты исследуемые образцы, затем растирали пестиком на агатовой ступке. Получившийся порошок разбавляли бромидов калия в примерной пропорции 1 к 100. С помощью пресса порошок был сдавлен в полупрозрачную пленку толщиной ~0,5 мм, которую впоследствии использовали для анализа с помощью ИК-Фурье спектрофотометра. Измерения проводили на ИК-Фурье спектрометре Spectrum Two (Perkin Elmer Inc., США). Измерения УФ-спектров измельчённых порошков проводили в режиме отражения на УФ-ВИЗ-НИР спектрометре Lambda 750S (Perkin Elmer Inc., США).

Проведенные исследования показали, что большую часть составляют холестериновые камни, хотя состав желчных камней разнообразен и его структура представляет собой сложную систему из связанных между собой органических и неорганических веществ. ИК-Фурье-спектроскопия является мощным и удобным методом классификации желчных камней, тогда как УФ-спектры отражения желчных камней, можно использовать только как дополнительный метод, данный метод как предполагалось оказался менее информативным.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № FSRG-2021-0014.

Литература

1. Орунбаев А. Применение методов ИК-спектроскопии в медицине // Science and Education. – Volume 2. – Issue 4. – 2021. – С. 215-220.
2. Азатян К.А., Алексеев А.В., Зубарева Г.М. Исследование состава желчных камней и способов их растворения // Успехи современного естествознания. – № 9. – 2013. – С. 12-17.
3. Суворова Е.И., Пантюшев В.В., Волошин А.Э. Методы анализа химического и фазового состава желчных камней // Кристаллография. – 2017. – Т. 62. – № 6. – С. 853-869.
4. Byeong Jo Ha, Sangsoo Park. Classification of gallstones using Fourier-transform infrared spectroscopy and photography. // Ha and Park Biomaterials Research. – 2018.
5. Mela Ram Attri, Irshad Ahmad Kumar, Ferkhand Mohi Ud Din, Ashiq Hussain Raina and Aakarshit Attri. Pathophysiology of Gallstones. – 2021
6. Sander De Bruyne, Marijn M. Speeckaert & Joris R. Delanghe. Applications of mid-infrared spectroscopy in the clinical laboratory setting. Critical reviews in clinical laboratory sciences. – 2017.
7. Vera Balan, Cosmin-Teodor Mihai, Florina-Daniela Cojocaru, Cristina-Mariana Uritu, Gianina Dodi, Doru Botezat and Ioannis Gardikiotis. Vibrational Spectroscopy Fingerprinting in Medicine: from Molecular to Clinical Practice. Materials. – 2019.

* * *

Л.В. Шарипова^{1,2}, Б.И. Хайрутдинов^{1,2}, Ю.Ф. Зуев²

¹ФИЦ КазНЦ РАН «Казанский институт биофизики и биохимии»,
420111, г. Казань, Лобачевского, 2/31, Россия

²ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»,
420008, г. Казань, Кремлевская, 16А, Россия, lv.sharipova@yandex.ru

ВНУТРИМОЛЕКУЛЯРНАЯ ПОДВИЖНОСТЬ КОМПЛЕКСА ПИЛЛАР[5]АРЕН-ТИОКТОВАЯ КИСЛОТА

Применение достижений супрамолекулярной химии в биомедицине открывает широкие возможности для создания новых систем доставки лекарств, что позволяет повысить биодоступность препарата, пролонгировать действие препарата, предотвратить его преждевременную деградацию, снизить количество побочных эффектов, тем самым повысить терапевтическую эффективность лекарства. Пиллар[*n*] арены способны к образованию комплексов «гость-хозяин», демонстрируют хорошую биосовместимость и отсутствие цитотоксичности, способны инкапсулировать небольшие молекулы в полость, что позволяет управлять таким важным свойством молекул, как биодоступность и растворимость в воде.

Цель работы – изучение внутримолекулярной подвижности декааммониевой соли 4,8,14,18,23,26,28,31,32,35-дека (карбоксиметокси)-пиллар[5]арена с инкапсулированным биологически активным веществом – тиоктовой кислотой.

В представленной работе методами ЯМР спектроскопии высокого разрешения изучено образование межмолекулярного комплекса пиллар[5]арен – тиоктовая кислота и охарактеризована внутримолекулярная подвижность пиллар[5]арена. Для определения внутримолекулярной подвижности протонов гидрохинонового фрагмента пиллар[5]арена применена импульсная последовательность Карра-Парселла-Мейбума-Гилла, позволившая измерить константу скорости химического обмена – вращения гидрохиноновых звеньев через макроциклическое кольцо [1, 2]. Из аппроксимации температурной зависимости константы скорости химического обмена уравнением Эйринга, получены термодинамические параметры подвижности протонов гидрохинонового фрагмента пиллар[5]арена.

Работа выполнена на оборудовании ЦКП-САЦ ФИЦ КазНЦ РАН.

Литература

1. Loria, J.P., Rance, M., Palmer, A.G. J. Am. Chem. soc. – 1999, vol. 121. – P. 2331.
2. Kleckner I.R., Foster M.P., Biochimica et Biophysica Acta. – 2011, vol. 1814. – P. 942.

* * *

А.Е. Шарыпова¹, А.А. Григорьева¹, И.А. Милойчикова^{1,2}, А.А. Булавская¹

¹ ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30, Россия, aes46@tpu.ru

² Научно-исследовательский институт онкологии Томского НИМЦ РАН, 634009, г. Томск, пер. Кооперативный, 5, Россия

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОФИЛЯ МЕДИЦИНСКИХ ПУЧКОВ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Рост числа онкозаболеваемых является одной из серьезнейших проблем в мире. Мировое научное сообщество занимается разработками новых методов для диагностики онкологических заболеваний на ранних стадиях. Также разрабатываются новые технологии для лечения данных заболеваний. Один из эффективных и распространённых способов лечения – лучевая терапия (ЛТ) [1]. На сегодняшний день применяются различные виды ЛТ для лечения опухолей разнообразных форм и локализаций. Для проведения лучевой терапии необходимо формировать сложный профиль пучка ионизирующего излучения, который должен выбираться в соответствии с формой опухоли.

Эффективность лучевой терапии зависит от характеристик пучка [2]. Поэтому важную часть проведения процедуры лучевой терапии занимает подготовка и контроль параметров медицинского пучка. Высокоточный контроль параметров пучка позволяет минимизировать повреждение здоровых органов и тканей во время сеанса облучения. Исходя из этого, разработка методов диагностики терапевтических пучков, является актуальной задачей.

Данная работа направлена на разработку устройства для диагностики терапевтических пучков методом многоуглового сканирования [3]. Для создания такого устройства необходима детектирующая система с дистанционным управлением движения. Универсальность де-

тектирующей системы достигается за счет материала рабочего тела детектора – скинтилляционное оптоволокно VCF-60 производителя Saint Global [4]. Данный материал способен генерировать скинтилляционные фотоны под действием разного ионизирующего излучения. Сгенерированные скинтилляционные фотоны необходимо преобразовать в электрический сигнал. Это достигается за счет использования кремниевого фотоэлектронного умножителя (ФЭУ) [5]. Затем сигнал оцифровывается с помощью осциллографа.

В результате работы был разработан детектор и с его помощью получен поперечный профиль электронного пучка. Эксперимент проводился на циклическом ускорителе МИ-5. Для оценки работоспособности устройства, проводилось сравнение полученных с помощью разработанного устройства данных с данными, полученными с помощью пленочных дозиметров. Было показано, что предлагаемый метод и разработанный детектор является работоспособным.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда (проект № 21-79-00252).

Литература

1. Leonard L.G., Joel E.T., Jeffrey A.B. Clinical Radiation Oncology //Radiobiology and Oncology. – Elsevier Health Sciences. – 2016. – С. 17-19.
2. Lye J. U., Harty P.D., Butler J.D. Absolute dosimetry on a dynamically scanned sample for synchrotron radiotherapy using graphite calorimetry and ionization chambers// Physics in Medicine and Biology. – 2016. – С. 4201-4222.
3. Булавская А.А. Разработка и применение метода многоугольного сканирования для регистрации пространственного энергетического распределения ионизирующего излучения в поперечном сечении пучка// Диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук. – 2020.
4. Скнтилляционное оптоволокно VCF-60. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.crystals.saint-gobain.com/radiation-detection-scintillators/fibers>
5. Tiansong D., Yongjiun Y., Xiang Li. Study of unfolded gamma spectra by using EJ309 liquid scintillator detector // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment. – 2022.

* * *

Научное издание

**ИНТЕГРАЦИЯ НАУК: МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОСТЬ В МЕДИЦИНЕ.
ВКМиФ-2022**

**Сборник тезисов Всероссийской научно-практической
конференции с международным участием**

Выпускается в авторской редакции
Компьютерная верстка *Л.М. Винокурова*
Оформление обложки *П.И. Антипин*

Дата подписания к использованию 16.08.22. Электронное издание.

Объем 5150 Кб. Тираж 10 дисков. Заказ № 142.

Минимальные системные требования:

процессор с тактовой частотой 1,3 Гц и выше, оперативная память 128 Мб,
операционные системы: Microsoft Windows XP/Vista/7/8/10, ОС MAC OS версии 10,8.

Издательский дом Северо-Восточного федерального университета,
677891, г. Якутск, ул. Петровского, 5. E-mail: izdat-svfu@mail.ru

Подготовлено в Издательском доме СВФУ