

A stylized logo consisting of the number '5' and '0' intertwined, rendered in a teal color. The background features a decorative pattern of overlapping hexagons in shades of purple, orange, and blue.

2022



# СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ

ШКОЛЫ-КОНФЕРЕНЦИИ МОЛОДЫХ УЧЁНЫХ  
И СПЕЦИАЛИСТОВ

## ИЛЬИНСКИЕ ЧТЕНИЯ 2022

6-7 ОКТЯБРЯ  
МОСКВА

Федеральное медико-биологическое агентство  
Федеральное государственное бюджетное учреждение  
«Государственный научный центр Российской Федерации –  
Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна»

Сборник материалов  
школы-конференции  
молодых учёных и специалистов  
«Ильинские чтения 2022»

06-07 октября 2022 г.  
Москва

УДК 614.876+616-001.26/.29+577.34 (063)

ББК 53.6

C232

C232 Сборник материалов школы-конференции молодых учёных и специалистов «Ильинские чтения 2022». – М.: ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, 2022. – 226 с.

В сборник материалов вошли тезисы участников школы-конференции молодых учёных и специалистов «Ильинские чтения 2022». Это научное мероприятие, проводимое для ознакомления молодых исследователей с перспективами и новейшими достижениями в различных областях радиационной безопасности, гигиены, медицинской физики и медицины, радиобиологии и смежных дисциплин.

Организаторами школы-конференции являются:

- Федеральное медико-биологическое агентство;
- ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России;
- Совет молодых ученых и специалистов ФМБА России;
- Совет молодых ученых и специалистов ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России.

**ISBN 978-5-905926-85-3**

## Содержание

<b>РАЗДЕЛ 1. АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И ГИГИЕНЫ</b>	
ОЦЕНКА ДОСТИГНУТОГО УРОВНЯ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ОДНОМ ИЗ РАДИАЦИОННО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТАХ ГОРОДА МОСКВЫ Даниил М. Алексеев, Дмитрий М. Алексеев	17
РАДИАЦИОННЫЙ КОНТРОЛЬ В ПОМЕЩЕНИЯХ РАДИАЦИОННО ОПАСНОГО ОБЪЕКТА Дмитрий М. Алексеев, Даниил М. Алексеев	19
МОНИТОРИНГ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ НА ТЕРРИТОРИИ С ПОВЫШЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ ПРИРОДНЫХ РАДИОНУКЛИДОВ Ю.К. Губанова, Л.Э. Карл, М.Р. Мнацаканян	22
КОНТРОЛЬ ВЫБРОСОВ РАДИОАКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ ИЗ ОРГАНИЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ ФГУП "ПО "МАЯК" Ю.Г. Мокров, К.Ю. Мокров, А.Е. Дементьева	24
ДОЗОВЫЕ НАГРУЗКИ НА ДЕФЕКТОСКОПИСТОВ ГАММАГРАФИРОВАНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИИ ПО РЕМОНТУ АТОМНЫХ ПОДВОДНЫХ ЛОДОК Д.В. Арефьева, Ю.В. Джикия, А.В. Петушок	25
ВЫЯВЛЕНИЕ МЕТОК ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО МЕТИЛИРОВАНИЯ, ХАРАКТЕРНЫХ ДЛЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ЧЕЛОВЕКА С ПОМОЩЬЮ БЕЗУСЛОВНЫХ АЛГОРИТМОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ И.А. Заняткин, А.П. Воеводин, М.В. Салютин, А.В. Баёв, А.Г. Титова, С.Ю. Бакоев, В.В. Макаров	27
КАТЕГОРИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ ЖИЛОЙ ЗОНЫ Г. ПЯТИГОРСК ПО ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ РАДОНООПАСНОСТИ Е.И. Кайгородов, Л.Э. Карл, Ю.К. Губанова, М.Р. Мнацаканян	29

<p>РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ОБЪЕКТОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ТЕРРИТОРИИ С ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ РАДОНООПАСНОСТЬЮ</p> <p>Л.Э. Карл, Ю.К. Губанова, Е.И. Кайгородов, М.Р. Мнацаканян</p>	32
<p>К ВОПРОСУ О СОВРЕМЕННЫХ ТЕНДЕНЦИЯХ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РАДИАЦИОННОГО РИСКА</p> <p>Г.В. Лаврентьева, Б.И. Сынзыныс</p>	34
<p>КОМПЛЕКСНЫЙ ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ В РАЙОНАХ РАЗМЕЩЕНИЯ ЯДЕРНЫХ И РАДИАЦИОННО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ</p> <p>Т.Н. Лащенко</p>	36
<p>РЕТРОСПЕКТИВНАЯ ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ДОЗЫ РАДИАЦИОННОГО ПОРАЖЕНИЯ ПАЦИЕНТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТРЕХЦВЕТНОГО FISH-МЕТОДА</p> <p>Е.Е. Ломоносова, В.Ю. Нугис, Т.А. Астрелина, М.Г. Козлова, В.А. Никитина, И.А. Галстяк, Г.П. Снигирёва</p>	39
<p>ОСОБЕННОСТИ РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМ КАРСТОВЫХ ПЕЩЕР</p> <p>С.Е. Мазина</p>	40
<p>ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ РАКОМ ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ ПРИ ПРОЖИВАНИИ В Г. ОЗЕРСКЕ В ПЕРИОД ГАЗО-АЭРОЗОЛЬНЫХ ВЫБРОСОВ <sup>131</sup>I ИЗ ТРУБ ПО «МАЯК» И ПОСЛЕ ИХ ПРЕКРАЩЕНИЯ</p> <p>И.А. Мартиненко, М.Э. Сокольников, Н.А. Кошурникова</p>	43
<p>РАДИАЦИОННО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ В РАЙОНАХ РАСПОЛОЖЕНИЯ АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ</p> <p>А.В. Панов, В.К. Кузнецов, П.Н. Цыгвинцев, Н.Н. Исамов</p>	45
<p>РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ В РАЙОНЕ РАСПОЛОЖЕНИЯ АКЦИОНЕРНОГО ОБЩЕСТВА «30 СУДОРЕМОНТНЫЙ ЗАВОД»</p> <p>А.В. Петушок, Д.В. Арефьева, Ю.В. Джикия</p>	47

<p>ОЦЕНКА КОЭФФИЦИЕНТОВ НАКОПЛЕНИЯ И КОЭФФИЦИЕНТОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ ДЛЯ БИОТЫ И ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ КАРСКОГО МОРЯ</p> <p>Н.А. Росновская, И.И. Крышев, А.И. Крышев, М.Н. Каткова</p>	50
<p>СПОСОБ ВЫЯВЛЕНИЯ ТОКСИЧЕСКОГО И ГЕНОТОКСИЧЕСКОГО ЭФФЕКТОВ ПРОТИВОГОЛОЛЕДНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕСТ-СИСТЕМЫ ALLIUM SERA</p> <p>А.В. Сбитнев, Л.П. Сычева, М.А. Водянова, Л.В. Ахальцева</p>	52
<p>АНАЛИЗ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПЕРСОНАЛА ПРОТОННОГО ЦЕНТРА ФГБУ ФНКЦРИО ФМБА РОССИИ</p> <p>Г.Н. Семочкина, Ю.Д. Удалов, Н.Е. Тихомиров, Т.В. Шарاپова, А.В. Незвецкий</p>	54
<p>ОЦЕНКА ИНТЕГРАЛЬНЫХ ДОЗ ОБЛУЧЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ В РАЙОНЕ РАЗМЕЩЕНИЯ РАДИАЦИОННО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ</p> <p>Д.А. Соловьева</p>	57
<p>РАДИАЦИОННО-ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ИННОВАЦИОННЫХ РЕШЕНИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ РЕАКТОРНОЙ УСТАНОВКИ НА БЫСТРЫХ НЕЙТРОНАХ</p> <p>П.П. Сурин</p>	59
<p>УСТОЙЧИВОСТЬ К ВОЗДЕЙСТВИЮ РАДИАЦИИ ЦИАНОБАКТЕРИЙ И ВОДОРΟΣЛЕЙ КАК ИНДИКАТОР НАЛИЧИЯ РАДИАЦИИ В ПЕЩЕРАХ</p> <p>А.С. Федоров, С.Н. Кочетков, С.Е. Мазина</p>	61
<p>КОМБИНИРОВАННОЕ ДЕЙСТВИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НЕИОНИЗИРУЮЩЕЙ ПРИРОДЫ НА ПЕРСОНАЛ АЭС</p> <p>Т.В. Фомина, С.В. Дроздов, Д.Б. Комаров, А.С. Прокофьева, И.А. Веселовский</p>	63
<p>РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ВБЛИЗИ АО НИФХИ ИМ. Л.Я.КАРПОВА (2021-2022 ГГ.)</p> <p>М.А. Шпилько, Т.В. Мельникова, А.А. Удалова</p>	65

ВНЕДРЕНИЕ В ПРАКТИКУ ТЕХНОЛОГИИ ПО ДЕЗАКТИВАЦИИ НЕФТЕПРОМЫСЛОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ В ФИЛИАЛЕ «ПРИВОЛЖСКИЙ ТЕРРИТОРИАЛЬНЫЙ ОКРУГ» ФГУП «ФЭО» И.С. Плотникова, Е.В. Штрыкова	66
РАДИАЦИОННО-ГИГИЕНИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ В ЗОНЕ НАБЛЮДЕНИЯ БЕЛОЯРСКОЙ АЭС ЗА ПЕРИОД С 2012 ПО 2021 ГОД Р.В. Щедрова	69
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПОСТАНОВКИ САНИТАРНО-ЗАЩИТНЫХ ЗОН РАДИАЦИОННЫХ ОБЪЕКТОВ НА КАДАСТРОВЫЙ УЧЕТ Т.А. Яркова	70
<b>РАЗДЕЛ 2. РАДИАЦИОННАЯ БИОЛОГИЯ, ФИЗИКА И ХИМИЯ</b>	
АИКАР УВЕЛИЧИВАЕТ ВЫЖИВАЕМОСТЬ МЫШЕЙ И УСИЛИВАЕТ ЭКСКРЕЦИЮ С МОЧОЙ ВНЕКЛЕТОЧНОЙ ДНК У КРЫС, ПОДВЕРГШИХСЯ РАДИАЦИОННОМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ С.А. Абдуллаев, Д.В. Салеева, Е.С. Воробьева	73
КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ИЗМЕНЕНИЕ МАЛОНОВОГО ДИАЛЬДЕГИДА В ПРОРОСТКАХ HORDEUM SATIVUM ПОСЛЕ ГАММА-ОБЛУЧЕНИЯ С.О. Астахина, Л.Н. Комарова, А.А. Афонин	75
ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ПРЕПАРАТОВ, НАСЫЩЕННЫХ АМИНОКИСЛОТАМИ НА КЛЕТОЧНЫЕ ЛИНИИ ФИБРОБЛАСТОВ И НЕЙРОБЛАСТОВ Д.А. Балдов, Е.Р. Выпова, Л.Н. Комарова	78
ОЦЕНКА ЭНТЕРОПРОТЕКТОРНЫХ СВОЙСТВ КОМБИНИРОВАННОГО ПРИМЕНЕНИЯ «Монклавит-1» и ДАФС-25 ПРИ ОСТРОМ РАДИАЦИОННОМ ПОРАЖЕНИИ ЖИВОТНЫХ С.А. Бревнова, Е.И. Трошин, Р.О. Васильев, Н.Ю. Югатова	80
ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ В КОСТНОМ МОЗГЕ МЫШЕЙ ПОСЛЕ ВТОРИЧНОГО ОБЛУЧЕНИЯ, ФОРМИРУЮЩЕГОСЯ ПРИ ПРОХОЖДЕНИИ ПРОТОНОВ ЧЕРЕЗ БЕТОННУЮ КОНСТРУКЦИЮ Т.М. Бычкова, О.В. Никитенко, А.Г. Молоканов, Г.Н. Тимошенко, А.А. Иванов	82

ОЦЕНКА ДИНАМИКИ КОНЦЕНТРАЦИИ ТИРЕОИДНЫХ ГОРМОНОВ У КРЫС ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ НА ФОНЕ ПРИМЕНЕНИЯ ЙОД-, СЕЛЕН-СОДЕРЖАЩИХ КОРМОВЫХ ДОБАВОК Р.О. Васильев, Е.И. Трошин, С.А. Бревнова, Н.Ю. Югатова	83
ВЛИЯНИЕ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА АКТИВНОСТЬ ГЕНОВ И ДЛИННЫХ НЕКОДИРУЮЩИХ РНК В КЛЕТКАХ РАКА ЛЕГКОГО Е.С. Воробьева, Д.В. Салеева, Ю.А. Федотов, А.Е. Сурнина, С.А. Абдуллаев, А.Н. Осипов	86
ПЕРЕНОС РАДИОАКТИВНЫХ ЧАСТИЦ В ЖЕЛУДОЧНО-КИШЕЧНОМ ТРАКТЕ ГРЫЗУНОВ И ОБЛУЧЕНИЕ ВНУТРЕННИХ ОРГАНОВ Ю.А. Кураченко, Э.Н. Денисова	88
ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ПРОБОПОДГОТОВКА ОБРАЗЦОВ КОСТНОЙ ТКАНИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РАДИОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ О.А. Дорохова	90
МИКРОЯДЕРНЫЙ ТЕСТ ЭРИТРОЦИТОВ НОВОРОЖДЕННЫХ ТЕЛЯТ В.В. Дубасов, М.В. Шукин, Ц.Ц. Содбоев	92
ДИАГНОСТИКА ЗРИТЕЛЬНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ А.В. Митрофанова, В.В. Егоров, Л.В. Круглова	94
ТЕМПЕРАТУРА И МАССА ТЕЛА У ОБЛУЧЕННЫХ МЫШЕЙ: ЗАВИСИМОСТИ ДОЗА-ЭФФЕКТ И ВРЕМЯ-ЭФФЕКТ Ю.А. Зрилова, Т.М. Бычкова, О.В. Никитенко	95
ОЦЕНКА ПОТЕРИ КОМПОНЕНТОВ ЭКСТРАКЦИОННОЙ СМЕСИ НА ОСНОВЕ КРАУН-ЭФИРОВ ПРИ ЭКСТРАКЦИИ ЦЕЗИЯ И СТРОНЦИЯ Н.В. Сотник, М.А. Бирюкова, Е.А. Демченко, А.В. Иванеева	96
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОСТОЯНСТВА ДОЗИМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ ПРОТОННОЙ ТЕРАПИИ В ФГБУ ФНКЦРИО ФМБА РОССИИ В.А. Киселев, А.М. Демидова, Е.Н. Устимова, Ю.Д. Удалов, С.Е. Гриценко	98
ИЗУЧЕНИЕ РАДИОПРОТЕКТОРНЫХ СВОЙСТВ ФУМАРОВОЙ КИСЛОТЫ ПРИ ДЕЙСТВИИ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА КЛЕТКИ ЧЕЛОВЕКА П.С. Купцова, Л.Н. Комарова, Е.Р. Выпова, А.А. Берсенева, А.Р. Муфтеева	100



<p>ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ И КИНЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОМПЛЕКСООБРАЗОВАНИЯ ЛИГАНДА ВАТА С ВИСМУТОМ ДЛЯ ТАРГЕТНОЙ АЛЬФА ТЕРАПИИ В СРАВНЕНИИ С ДОТА</p> <p>Е.В. Матазова, Б.В. Егорова, А.В. Пашанова, А.Д. Зубенко, О.А. Фёдорова, С.Н. Калмыков</p>	102
<p>ИССЛЕДОВАНИЕ КОМБИНИРОВАННОГО ДЕЙСТВИЯ ДОКСОРУБИЦИНА И ИОНОВ УГЛЕРОДА НА КЛЕТКИ НЕЙРОБЛАСТОМЫ</p> <p>А.А. Мельникова, Д.А. Балдов, Л.Н. Комарова</p>	104
<p>ОЦЕНКА ВЫЖИВАЕМОСТИ ЛАБОРАТОРНЫХ МЫШЕЙ И КРЫС ПРИ ОСТРОМ РАДИАЦИОННОМ ПОРАЖЕНИИ НА ФОНЕ ПРИМЕНЕНИЯ ПРЕПАРАТОВ ЙОДА И СЕЛЕНА</p> <p>М.Д. Назарова, С.А. Бревнова, Н.Ю. Югатова, Е.И. Трошин, Р.О. Васильев</p>	106
<p>УСКОРИТЕЛЬ ЭЛЕКТРОНОВ ДЛЯ НЕЙТРОНОЗАХВАТНОЙ ТЕРАПИИ И ПРОИЗВОДСТВА РАДИОФАРМПРЕПАРАТОВ</p> <p>Ю.А. Кураченко, Е.А. Онищук</p>	108
<p>ОБ ИССЛЕДОВАНИЯХ РАДИОЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ ПРЕПАРАТОВ НА ОСНОВЕ ХЛОРОФИЛЛА</p> <p>Л.А. Ромодин</p>	109
<p>ИЗМЕНЕНИЕ АКТИВНОСТИ ГЕНОВ И НЕКОДИРУЮЩИХ РНК В КЛЕТКАХ РАЗЛИЧНЫХ ОРГАНОВ МЫШЕЙ С ТРАНСПЛАНТИРОВАННОЙ ОПУХОЛЬЮ ЛЬЮИСА ПОСЛЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ МАЛЫХ ДОЗ РАДИАЦИИ</p> <p>Д.В. Салеева, Е.С. Воробьева, Н.Ф. Раева, С.А. Абдуллаев, Г.Д. Засухина</p>	111
<p>ИЗУЧЕНИЕ ЭКОЛОГО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДИКОРАСТУЩЕЙ VACCINIUM MYRTILLUS</p> <p>А.П. Тележенков, М.В. Шукин, Ц.Ц. Содбоев</p>	113
<p>ЧАСТОТА ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ В ЛИМФОЦИТАХ ПРИ ОБЛУЧЕНИИ ЦЕЛЬНОЙ ВЕНОЗНОЙ КРОВИ ИОНИЗИРУЮЩИМ ИЗЛУЧЕНИЕМ</p> <p>Т.В. Усова, Д.С. Исубакова, О.С. Цымбал, М.Ю. Цыпленкова, Н.В. Литвяков, И.В. Мильто, Р.М. Тахауов</p>	116

<p>ВЛИЯНИЕ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ В МАЛЫХ И СРЕДНИХ ДОЗАХ НА ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕЗЕНХИМАЛЬНЫХ СТРОМАЛЬНЫХ КЛЕТОК ЧЕЛОВЕКА</p> <p>Д.Ю. Усупжанова, Т.А. Астрелина, И.В. Кобзева, Ю.Б. Сучкова, В.А. Брунчуков, А.А. Расторгуева, В.А. Никитина, Н.В. Соколова, А.С. Самойлов</p>	117
<p>ОЦЕНКА РАДИОНУКЛИДНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ЛЕКАРСТВЕННОГО РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ BRASSICA NAPUS</p> <p>Д.А. Федоров, М.В. Щукин, Ц.Ц. Содбоев</p>	119
<p>ПРИМЕНЕНИЕ НАЗЕМНОГО МОЛЛЮСКА FRUTICICOLA FRUTICUM В КАЧЕСТВЕ ТЕСТ-ОБЪЕКТА ПРИ БИОТЕСТИРОВАНИИ ВОЗДЕЙСТВИЯ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ</p> <p>Е.Е. Черкасова, Г.В. Лаврентьева</p>	121
<p>ДОЗИМЕТРИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЯЗВЕННОГО РАДИАЦИОННОГО ПОРАЖЕНИЯ ПИЩЕВАРИТЕЛЬНОГО ТРАКТА МОНОГАСТРИЧНЫХ ЖИВОТНЫХ «ГОРЯЧИМИ» РАДИОАКТИВНЫМИ ЧАСТИЦАМИ</p> <p>С.Г. Шаповалов, Г.В. Козьмин</p>	123
<p>ИССЛЕДОВАНИЕ РИСКА РАЗВИТИЯ ЗНО У НОСИТЕЛЕЙ РАЗЛИЧНЫХ ГЕНОТИПОВ ГЕНОВ КОНТРОЛЯ КЛЕТОЧНОГО ЦИКЛА И АПОПТОЗА. РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ И МЕТА-АНАЛИЗ ДАННЫХ</p> <p>М.А. Янишевская, Е.А. Блинова, А.В. Аклеев</p>	125
<b>РАЗДЕЛ 3. БИМЕДИЦИНСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ И ГЕНЕТИКА</b>	
<p>ЭПИЛЕПТИФОРМНАЯ АКТИВНОСТЬ КАК ПРОГНОСТИЧЕСКИЙ МАРКЕР ЭФФЕКТИВНОСТИ И ПЕРЕНОСИМОСТИ ОКСКАРБАЗЕПИНА И КАРБАМАЗЕПИНА ПРОЛОНГИРОВАННОГО ДЕЙСТВИЯ В ИНИЦИАЛЬНОЙ ТЕРАПИИ ФОКАЛЬНОЙ ЭПИЛЕПСИИ</p> <p>А.М. Ажигова, А.Б. Кожокару, П.Н. Власов</p>	127

<p>ПЕРВЫЙ ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ БРАХИТЕРАПИИ В ФГБУ ФНЦРИО ФМБА РОССИИ</p> <p>Е.В. Тотмин, Г.Г. Бобкова, П.И. Евченко, Е.В. Маякова, Л.А. Данилова, Ю.Д. Удалов</p>	128
<p>ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ЛИОФИЛИЗАТА КОНДИЦИОНИРОВАННОЙ СРЕДЫ ПРИ МЕСТНЫХ ЛУЧЕВЫХ ПОРАЖЕНИЯХ</p> <p>В.А. Брунчуков, Т.А. Астрелина, А.А. Расторгуева, В. Кобзева, Ю.Б. Сучкова, В.А. Никитина, В.А. Брумберг, Д.Ю. Усупжанова, Е.Е. Ломоносова, Н.В. Соколова, С.В. Лищук, Е.А. Дубова, К.А. Павлов, А.С. Самойлов</p>	130
<p>ИССЛЕДОВАНИЕ АЛЬДЕГИДДЕГИДРОГЕНАЗА – ПОЛОЖИТЕЛЬНЫХ МЕЗЕНХИМАЛЬНЫХ КЛЕТОК СТРОМЫ КОСТНОГО МОЗГА В ПРОЦЕССЕ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ</p> <p>М.А. Бутолина, Е.А. Попонина, А.О. Пестрикова, Н.В. Исаева, А.Н. Загарских, Н.А. Зорина, М.Л. Морозова</p>	133
<p>КОМПЛЕКСЫ МЕДИ С АЗАКРАУН-ЭФИРАМИ КАК ЧАСТЬ РАДИОФАРМПРЕПАРАТОВ ТЕРАНОСТИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ</p> <p>Л.С. Замуруева, Б.В. Егорова, И.С. Иконникова, А.Д. Зубенко, А.В. Пашанова</p>	135
<p>ВЛИЯНИЕ УДАРНО-ВОЛНОВОЙ ТЕРАПИИ НА СИЛУ МЫШЦ КИСТИ У СПОРТСМЕНОВ С ЛАТЕРАЛЬНЫМ ЭПИКОНДИЛИТОМ</p> <p>М.В. Иванов, А.С. Самойлов, Н.Р. Жестянкин</p>	136
<p>ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДИКТОРЫ РАЗВИТИЯ ВНЕЗАПНОЙ СЕРДЕЧНОЙ СМЕРТИ У ЛЮДЕЙ, ИСПЫТЫВАЮЩИХ ИНТЕНСИВНЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ</p> <p>А.В. Жолинский, А.И. Кадыкова, Р.В. Деев</p>	138
<p>СРАВНЕНИЕ ДОЗИМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЛАНОВ ПРОТОННОЙ И ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ С МОДУЛЯЦИЕЙ ИНТЕНСИВНОСТИ ПРИ ГЛИОБЛАСТОМЕ ГОЛОВНОГО МОЗГА</p> <p>Н.В. Калыганова, В.А. Киселев, Н.В. Кашенцева, Ю.Д. Удалов, С.Е. Гриценко</p>	141

<p>ПЛЕЙОТРОПНЫЕ ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ ЭФФЕКТЫ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ЛАКТОФЕРРИНА ПРИ ОСТРОМ ГАММА-ОБЛУЧЕНИИ МЫШЕЙ</p> <p>М.Ю. Копаева, И.Б. Алчинова, А.Б. Черепов, М.С. Деморжи, И.Ю. Зарайская, М.Ю. Карганов</p>	142
<p>ВЕДЕНИЕ ПАЦИЕНТОВ С СОН-ЗАВИСИМЫМИ ЭПИЛЕПСИЯМИ И КОМОРБИДНЫМИ НАРУШЕНИЯМИ СНА</p> <p>Е.С. Ларкина, А.Б. Кожокару</p>	145
<p>ОПЫТ ВКЛЮЧЕНИЯ БОС-ТРЕНИНГА И РИТМИЧЕСКОЙ ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ МАГНИТНОЙ СТИМУЛЯЦИИ (рПМС) В МУЛЬТИМОДАЛЬНУЮ СИСТЕМУ РЕАБИЛИТАЦИИ ПАЦИЕНТА С НАРУШЕНИЕМ ФУНКЦИИ КИСТИ В РАННЕМ ВОССТАНОВИТЕЛЬНОМ ПЕРИОДЕ ИНСУЛЬТА</p> <p>К.В. Лупанова, С.Н. Колбахова, И.В. Сидякина</p>	147
<p>ПРОГНОСТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНОГО СОДЕРЖАНИЯ CD20-АНТИГЕНПОЗИТИВНЫХ ЛИМФОЦИТОВ ПРИ НОДУЛЯРНОМ СКЛЕРОЗЕ КЛАССИЧЕСКОЙ ЛИМФОМЫ ХОДЖКИНА</p> <p>М.С. Минаев, Е.А. Перфилова, Ю.С. Лаптева, Д.А. Дьяконов</p>	148
<p>МОДЕЛЬ СТАБИЛЬНОСТИ ДЕТЕРМИНАНТ АТИБИОТИКОРЕЗИСТЕНТНОСТИ В УСЛОВИЯХ КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА</p> <p>В.К. Ильин, Д.В. Молодцова, А.А. Артамонов</p>	150
<p>КОМБИНИРОВАННАЯ ПРОТОННО-ФОТОННАЯ ЛУЧЕВАЯ ТЕРАПИЯ МЕСТНОРАСПРОСТРАНЕННЫХ ОПУХОЛЕЙ ГОЛОВЫ И ШЕИ</p> <p>А.В. Незвецкий, К.А. Малинина, В.А. Андреев, С.А. Тимиркин, Ю.Д. Удалов</p>	151
<p>ПРОФИЛЬ МУТАЦИЙ ГЕНА ВСR::AVL1 ПРИ РЕЗИСТЕНТНЫХ ФОРМАХ ХРОНИЧЕСКОГО МИЕЛОЛЕЙКОЗА</p> <p>Д.В. Прозоров, Е.В. Трегубова, Т.Н. Рыболовлева, Е.Л. Назарова, М.С. Минаев</p>	153

<p>ПРИМЕНЕНИЕ МЕЗЕНХИМАЛЬНЫХ СТРОМАЛЬНЫХ КЛЕТОК КРЫС И ЧЕЛОВЕКА И ИХ КОНДИЦИОНИРОВАННЫХ СРЕД ПРИ МЕСТНЫХ ЛУЧЕВЫХ ПОРАЖЕНИЯХ</p> <p>А.А. Расторгуева, Т.А. Астрелина, В.А. Брунчуков, И.В. Кобзева, В.А. Никитина, Д.Ю. Усупжанова, Т.В. Карасева, С.В. Лищук, Е.А. Дубова, К.А. Павлов, В.А. Брумберг, Н.В. Соколова, А.М. Комлев, А.С. Самойлов</p>	155
<p>ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕРФЕРЕНЦИИ РНК ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ПОДХОДОВ К ТЕРАПИИ АЛЛЕРГИЧЕСКОГО РИНИТА</p> <p>Т.Е. Русак, Е.Д. Барвинская, И.П. Шиловский, М.М. Каганова, В.И. Ковчина, А.А. Никольский, С.М. Андреев, М.Р. Хаитов</p>	157
<p>РАННЯЯ ПОСТТРАНСПЛАНТАЦИОННАЯ ТОКСИЧНОСТЬ ТАНДЕМНОЙ ВЫСОКОДОЗНОЙ ЦИТОСТАТИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ С АУТОТГСК У БОЛЬНЫХ МНОЖЕСТВЕННОЙ МИЕЛОМОЙ</p> <p>З.К. Симавонян, А.А. Давтян, И.В. Кобзева, Т.А. Астрелина, Ю.Б. Сучкова, Е.К. Соколова</p>	159
<p>МЕТОД БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ В КЛИНИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ УРОЛОГА. КЛИНИЧЕСКИЕ СЛУЧАИ</p> <p>М.В. Сонина, А.Б. Кожокару, Р.В. Салоков</p>	161
<p>ВЗАИМОСВЯЗЬ ЭКСПРЕССИИ БЕЛКА AIF С ВЫЖИВАЕМОСТЬЮ БОЛЬНЫХ ДИФФУЗНОЙ В-КРУПНОКЛЕТОЧНОЙ ЛИМФОМОЙ</p> <p>Е.В. Ванеева, В.А. Росин, Д.А. Дьяконов, А.Н. Турубанова</p>	162
<p>ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РЕАЛИЗАЦИИ ТРЕБОВАНИЙ ПРИ ВЫБОРЕ СРЕДСТВ ОЧИСТКИ И ДЕЗИНФЕКЦИИ МЕДИЦИНСКИХ ИЗДЕЛИЙ</p> <p>Богдан С.А., Лукичев С.П., А.М. Шереметов, А.Н. Баулин</p>	163
<b>РАЗДЕЛ 4. ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ В МЕДИЦИНЕ</b>	
<p>МАЛОИНВАЗИВНЫЙ МЕТОД ОПЕРАТИВНОГО ЛЕЧЕНИЯ ВАРИКОЦЕЛЕ</p> <p>П.С. Кызласов, Г.Г.Абуев, А.Т. Мустафаев</p>	165

<p>МЕТОДИКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АППАРАТА «АНДРОСКАН МИТ» В ДИАГНОСТИКЕ ЭРЕКТИЛЬНОЙ ДИСФУНКЦИИ</p> <p>Р.Р. Алиев, Т.В. Юрлова, Э.С. Давыденко, А.Г. Мартов, Р.Т. Алиев, А.В. Давыдов</p>	166
<p>АКТУАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ ПРОФИЛАКТИКИ ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО СИНДРОМА</p> <p>А.В. Арзуканян, С.А. Евлашин, А.Ю. Туркина, Н.Ж. Дикопова, Г.Е. Аманатиди</p>	168
<p>ОТДАЛЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ТУЛИЕВОЙ ВАПОРИЗАЦИИ И ВАПОЭНУКЛЕАЦИИ</p> <p>А.Г. Мартов, К.А. Аслиев, Н.А. Байков, Д.В. Ергаков</p>	170
<p>ОЦЕНКА РИСКА НИЗКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПЕРЕЛОМОВ У ПАЦИЕНТОВ С ЛИМФОМОЙ ХОДЖКИНА С ПОРАЖЕНИЕМ И БЕЗ ПОРАЖЕНИЯ КОСТНОГО МОЗГА ПОСЛЕ АУТОЛОГИЧНОЙ ТРАНСПЛАНТАЦИИ КОСТНОГО МОЗГА</p> <p>Ю.С. Китаева, К.М. Бадыкова, Е.А. Праскурничий</p>	171
<p>ВАКЦИНАЦИЯ СОТРУДНИКОВ, РАБОТАЮЩИХ ВО ВРЕДНЫХ И ОПАСНЫХ УСЛОВИЯХ ТРУДА, ПРОТИВ НОВОЙ КОРОНАВИРУСНОЙ ИНФЕКЦИИ</p> <p>М.С. Барилко, С.С. Москалёва, Е.Ю. Власовец, И.А. Блинова</p>	174
<p>МОНИТОРИНГ ПОСЛЕОПЕРАЦИОННОГО ОТЕКА КОЛЕННОГО СУСТАВА МЕТОДОМ БИОИМПЕДАНСОМЕТРИИ</p> <p>А.С. Самойлов, М.Н. Величко, Н.В. Рылова, А.В. Бодров, А.В. Штурмин</p>	176
<p>ИННОВАЦИИ В ПРОЦЕДУРЕ ПРОВЕДЕНИЯ ПРЕДСМЕННОГО МЕДИЦИНСКОГО КОНТРОЛЯ</p> <p>А.А. Вьюнова, И.В. Власова, А.А. Ломтева, А.С. Кретов, А.Ю. Бушманов</p>	178
<p>МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЗУБОАЛЬВЕОЛЯРНОГО СЕГМЕНТА</p> <p>Р.С. Заславский, В.Н. Олесова, М.С. Гришков, А.Г. Зверьев, А.В. Жаров</p>	179

<p>ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ ЛИМФЕДЕМЫ ВСЛЕДСТВИЕ КОМБИНИРОВАННОЙ ТЕРАПИИ РАКА МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ</p> <p>М.Ш. Зугумова, С.Г. Колядин</p>	181
<p>ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПОДГОТОВКЕ ВРАЧЕЙ-ХИРУРГОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВИРТУАЛЬНЫХ ИНТЕРАКТИВНЫХ ОБУЧАЮЩИХ КОМПЛЕКСОВ</p> <p>А.Н. Плутницкий, Б.Н. Каримов</p>	184
<p>ОРГАНИЗАЦИЯ И ПРОВЕДЕНИЕ МЕДИЦИНСКОЙ ЭВАКУАЦИИ БОЛЬНЫХ И ПОСТРАДАВШИХ В УСЛОВИЯХ РЕЖИМА ОГРАНИЧЕНИЯ ПОЛЕТОВ</p> <p>Н.А. Качанова, П.И. Попов</p>	186
<p>ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИВИЗНЫ ПРОГИБА РЕШЕТЧАТОЙ МЕМБРАНЫ СКЛЕРЫ КАК НОВЫЙ БИОМАРКЕР В ДИАГНОСТИКЕ ГЛАУКОМЫ</p> <p>В.Ю. Ким, В.Е. Ким</p>	188
<p>ИННОВАЦИОННЫЙ ПОДХОД К ЛЕЧЕНИЮ ПЛОСКОКЛЕТОЧНОГО РАКА КОЖИ</p> <p>И.В. Ковалев, А.А. Завьялов, М.Ю. Сухова</p>	190
<p>К ВОПРОСУ О ЗНАЧЕНИИ РЕЛИГИОЗНОГО ФАКТОРА ДЛЯ ПОСМЕРТНОГО ДОНОРСТВА ОРГАНОВ</p> <p>А.В. Кочеткова, С.Д. Зудин</p>	193
<p>РАЗРАБОТКА И ОБОСНОВАНИЕ ПРОГРАММ НАГРУЗОЧНОГО ТЕСТИРОВАНИЯ СПОРТСМЕНОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭРГОМЕТРИИ С СУБМАКСИМАЛЬНОЙ ИЛИ МАКСИМАЛЬНОЙ НАГРУЗКАМИ СООБРАЗНО С ВИДОМ СПОРТА И ЭТАПОМ СПОРТИВНОЙ ПОДГОТОВКИ</p> <p>Н.С. Богоявленских, П.С. Меркулова, А.А. Петров, П.А. Шулепов, Д.А. Сапов</p>	194
<p>ПАРАДОКСАЛЬНЫЙ ОТВЕТ НА ОВАРИАЛЬНУЮ СТИМУЛЯЦИЮ В РАЗЛИЧНЫХ ГРУППАХ ПАЦИЕНТОК ПРОГРАММ ЭКСТРАКОРПОРАЛЬНОГО ОПЛОДОТВОРЕНИЯ</p> <p>С.Я. Острина, О.Ф. Серова, Е.Б. Рудакова, Е.А. Федорова</p>	197

<p>ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ АКТИВНОГО ВЫЯВЛЕНИЯ ПРОЛАПСА ТАЗОВЫХ ОРГАНОВ У ЖЕНЩИН ПРИ ПРОФИЛАКТИЧЕСКИХ ОСМОТРАХ</p> <p>О.А. Паузина</p>	200
<p>ХОРИОИДАЛЬНОЙ КАВЕРНЫ В СОЧЕТАНИИ С ГЛАУКОМОЙ КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ</p> <p>Н.И. Курышева, О.А. Перерва, В.Ю. Ким, В.Е. Ким</p>	201
<p>КТ-КОНТРОЛЬ ЗОНЫ КОНТАКТА КРОНОК НА ДЕНТАЛЬНЫХ ИМПЛАНТАТАХ</p> <p>Ю.А. Повстанко, Н.В. Попова, П.И. Махортова, И.В. Дедков</p>	204
<p>АСПЕКТЫ РАЗРАБОТКИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ МЕТОДОВ ФОРМИРОВАНИЯ ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННЫХ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ЗДОРОВЬЕСБЕРЕЖЕНИЮ, УЧИТЫВАЮЩИХ ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ И ЗАБОЛЕВАНИЯ</p> <p>И.А. Прудников, В.В. Петрова, П.А. Шулепов, Д.А. Сапов</p>	206
<p>ВЫЯВЛЯЕМОСТЬ КОНСТРУКЦИОННЫХ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ ЗУБНЫХ ПРОТЕЗОВ В РОТОВОЙ ЖИДКОСТИ</p> <p>А.В. Рагулин, А.В. Курников, П.В. Кащенко, А.А. Попов, В.А. Рыкова</p>	208
<p>КЛИНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ СПОСОБА ПРОФИЛАКТИКИ ПЕРИИМПЛАНТИТА</p> <p>А.С. Романов, И.С. Махнёва, Е.В. Глазкова, А.Н. Синяков, Р.Д. Каирбеков</p>	210
<p>ПРИВЕРЖЕННОСТЬ ЛЕЧЕНИЮ ПАЦИЕНТОВ ПОСЛЕ ТРАНСПЛАНТАЦИИ РОГОВИЦЫ</p> <p>С.Н. Светозарский</p>	211
<p>ПРИМЕНЕНИЕ PRP-ТЕРАПИИ ПРИ ПАТОЛОГИИ ХРЯЩА КОЛЕННОГО СУСТАВА У СПОРТСМЕНОВ</p> <p>Р.А. Симонов, Н.В. Рылова</p>	213
<p>РЕЗУЛЬТАТИВНОСТЬ УСТРАНЕНИЯ МИОФАСЦИАЛЬНОЙ БОЛИ У ВЗРОСЛЫХ ПАЦИЕНТОВ С ОРТОДОНТИЧЕСКОЙ ПАТОЛОГИЕЙ</p> <p>Т.А. Фазылова, А.А. Ильин, Е.Е. Олесов, Б.М. Радзишевский, В.Г. Мовсесян</p>	215



<p>СУБЪЕКТИВНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ ПАЦИЕНТАМИ, СТРАДАЮЩИМИ ПАТОЛОГИЕЙ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ, ПО ДАННЫМ КОНТЕНТ-АНАЛИЗА</p> <p>И.А. Фролова</p>	217
<p>СОВРЕМЕННЫЙ ПОДХОД К РЕАБИЛИТАЦИИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ СПОРТСМЕНОВ ПОСЛЕ ПЛАСТИКИ ПЕРЕДНЕЙ КРЕСТООБРАЗНОЙ СВЯЗКИ КОЛЕННОГО СУСТАВА. НЕОБХОДИМОСТЬ УЧЕТА РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ И ИНДИВИДУАЛЬНОГО ПОДХОДА ДЛЯ КАЧЕСТВЕННОГО ВОЗВРАТА В СПОРТ</p> <p>М.Н. Величко, Е.О. Храброва, А.В. Штурмин, Е.В. Лукашик</p>	219
<p>СУБЪЕКТИВНОЕ ОТНОШЕНИЕ ПАЦИЕНТОВ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОПЕРАЦИИ ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИЯ ТАЗОБЕДРЕННОГО СУСТАВА (ПО МАТЕРИАЛАМ ДАННЫХ ИНТЕРНЕТ-ПЛАТФОРМ)</p> <p>Н.А. Худошин, И.А. Худошин</p>	221
<p>СПОСОБ УДАЛЕННОГО КОНТРОЛЯ ТРЕНИРОВОЧНЫХ И ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ НАГРУЗОК У СПОРТСМЕНОВ ВЫСОКОЙ КВАЛИФИКАЦИИ</p> <p>М.Н. Величко, А.В. Штурмин, Е.О. Храброва, А.В. Бодров</p>	223

# Раздел 1. Актуальные вопросы радиационной безопасности и гигиены

## ОЦЕНКА ДОСТИГНУТОГО УРОВНЯ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ОДНОМ ИЗ РАДИАЦИОННО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТАХ ГОРОДА МОСКВЫ

Даниил М. Алексеев<sup>1,2</sup>, Дмитрий М. Алексеев<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> РУДН, г. Москва

<sup>2</sup> ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, г. Москва

**Введение.** Индивидуальный дозиметрический контроль (ИДК) персонала на радиационно опасных объектах (РОО) является одним из основных параметров радиационного контроля, согласно ФЗ № 3 «О радиационной безопасности населения». ИДК проводится в соответствии с НРБ-99/2009 [1, 2].

На любом РОО существует пожарная служба, персонал которой относится к группе Б, занимается постоянным контролем пожарной безопасности помещений и выполняет комплекс мер противопожарной безопасности на объекте [2].

В течение рабочего дня сотрудники службы обходят все помещения, в том числе и потенциально опасные помещения, содержащие источники ионизирующего излучения (ИИИ), и оценивают состояние пожарной безопасности.

Целью данной работы является оценка достигнутого уровня радиационной безопасности на РОО города Москвы.

**Материалы и методы.** Контроль средних годовых эффективных доз (СЭГД) внешнего облучения персонала пожарной службы проводится службой радиационной безопасности РОО интегральным методом в соответствии с МУ 2.6.5.026–2016. «Дозиметрический контроль внешнего профессионального облучения. Общие требования» [3].

Измерение и далее учет индивидуальных СЭГД внешнего облучения персонала проводится в соответствии с программой радиационного контроля на предприятии. Персоналу пожарной службы выдаются интегральные дозиметры ДВГ-01 и ДВГН-01, предназначенные для измерения доз фотонного и нейтронного излучения соответственно, на срок до 6 месяцев, замену которых производят по графику или в зависимости от ситуации облучения. Затем служба радиационной безопасности РОО, в рамках

проведения регулярного дозиметрического контроля персонала, с помощью комплекса АКИДК-301 измеряет полученные дозы внешнего облучения персонала.

**Результаты исследования.** В данной работе представлены результаты измерений ИДК персонала РОО, которые были получены сотрудниками службы радиационной безопасности этого объекта за несколько последних лет, автор принимал участие в данной работе в 2020-2021 годах.

Сотрудники службы радиационной безопасности РОО после сбора индивидуальных дозиметров у персонала и считывания информации о дозах облучения, полученных персоналом в процессе работы на комплексе АКИДК-301, автоматически составляют протоколы о прохождении персоналом ИДК за контрольный период. Данные о дозах облучения, получаемые каждым сотрудником, фиксируются в карточках индивидуального учета доз, в которые вносятся вся информация, охватывающая весь период профессиональной деятельности сотрудника.

Проведена статистическая обработка полученных данных ИДК для персонала группы Б пожарной службы РОО в количестве 23 человек, которая показала нормальный закон распределения полученных СЭГД внешнего облучения. Для средней тенденции использовали среднее арифметическое. Индивидуальный эквивалент дозы фотонного излучения  $H_p(10)$  составляет не более 27%.

Для снижения уровня облучения персонала до возможно низкого, в своё время на РОО, были разработаны и утверждены контрольные уровни (КУ) для разных категорий и профессий персонала. Для персонала пожарной службы (группа Б) был разработан службой радиационной безопасности РОО свой КУ. В основу расчета данных были положены результаты контроля СЭГД внешнего облучения сотрудников в интервале с 2010 по 2015 год. Результаты расчета КУ закреплены в документе «Контрольные уровни ...» на РОО, составляют величину 3,5 мЗв/год, которая ниже, чем предел дозы для персонала группы Б (5 мЗв/год). Для оценки достигнутого уровня радиационной безопасности на объекте на данный момент встаёт задача уточнить СЭГД внешнего облучения персонала пожарной службы.

В ходе работы автором были получены результаты ИДК за 2020-2021 годы. Для статистического анализа были предоставлены данные ИДК персонала пожарной службы, полученные службой радиационной безопасности РОО с 2016 года. Для расчета доз внешнего облучения персонала пожарной службы использовали данные, которые получены за последние 5 лет наблюдения. Результаты анализа показали, что СЭГД внешнего облучения персонала пожарной службы за 2016-2021 годы значительно ниже контрольного уровня в 3,5 мЗв/год, что свидетельствует о правильной организации работ на рабочих местах.

Для оценки достигнутого уровня радиационной безопасности провели сравнение, полученных средних значений в разных точках контроля, с контрольными уровнями; при расширенной неопределенности, которая составляет при  $P=0,95$ , и получили, что:

- Среднее арифметическое значение составляет 0,57 мЗв/год;
- Максимальное значение составляет 0,79 мЗв/год.

**Вывод.** Оценка результатов ИДК персонала пожарной службы, обеспечивающего противопожарную безопасность на РОО города Москвы показывают, что значения СЭГД внешнего облучения персонала за период с 2016 по 2021 годы составляют не более 11% от основных пределов доз, установленных НРБ-99/2009 для персонала группы Б, а также не более 16% от установленного для данного персонала контрольного уровня, что говорит о высоком уровне достигнутой радиационной безопасности для пожарной службы на данном РОО. Пересмотра КУ не требуется.

**Список использованных источников:**

1. Федеральный закон от 09.01.1996 № 3-ФЗ (ред. от 11.06. 2021) «О радиационной безопасности населения» (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.07.2021).
2. СанПиН 2.6.1.2523-09 – Нормы радиационной безопасности. (НРБ-99/2009): Санитарные правила и нормативы. – М. Роспотребнадзор, 2009.
3. Методические указания «Дозиметрический контроль внешнего профессионального облучения. Общие требования» (ред. от 18.05.2016) МУ 2.6.5.026-2016 (с изм. и доп., вступ. в силу с 18.05.2018).

## **РАДИАЦИОННЫЙ КОНТРОЛЬ В ПОМЕЩЕНИЯХ РАДИАЦИОННО ОПАСНОГО ОБЪЕКТА**

Дмитрий М. Алексеев<sup>1,2</sup>, Даниил М. Алексеев<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> РУДН, г. Москва

<sup>2</sup> ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, г. Москва

**Введение.** На данный момент в России действует около 1500 радиационно опасных объектов (РОО). Любая деятельность, связанная с использованием источников ионизирующего излучения, должна контролироваться. Контроль деятельности таких объектов для обеспечения требований радиационной безопасности должен осуществляться в соответствие со ст.11 № 3-ФЗ «О радиационной безопасности населения».

В данной работе представлены результаты контроля радиационной обстановки в помещениях РОО города Москвы, расположенного в черте города. На территории РОО I категории потенциальной опасности расположены здания и сооружения, в которых располагаются структурные подразделения объекта, ответственные за выполнение разных видов работ, имеют разный класс помещений, которые отличаются, соответственно, потенциальной радиационной опасностью. Метрологическая служба (МС) является одним

из структурных подразделений РОО, которая занимается ремонтом, проверкой и калибровкой оборудования, в соответствии с программой радиационного контроля. В МС проводятся работы с использованием закрытых альфа-, бета-, гамма- излучающих источников (ЗРИ) и источников быстрых нейтронов, предназначенных для калибровки оборудования в поверочных установках. МС расположена в шести помещениях, которые относятся, в соответствии с требованиями п 3.1. ОСПОРБ-99/2010, к объектам IV категории потенциальной радиационной опасности, сотрудники службы относятся к персоналу группы А. Соответственно, целью данной работы является анализ состояния радиационной безопасности помещений, в которых проводится работа МС в течение года.

**Материалы и методы.** Измерения мощности амбиентного эквивалента дозы (МАЭД) гамма- и нейтронного излучения проводили в 20 контрольных точках (КТ) в помещениях МС РОО в рабочем режиме с использованием дозиметра радиометра ДКС-96 с блоками детектирования БДМГ-96 для гамма-излучения и БДМН-9 для нейтронного.

**Результаты исследования.** В данной работе представлены результаты измерений, которые были получены сотрудниками МС за несколько лет, автор принимал участие в данной работе в 2020-2021 годах. В соответствии с требованиями разработана программа радиационного контроля помещений, которые посещают сотрудники МС, в соответствии с требованиями документа НП-067-16 «Основные правила учета и контроля радиоактивных веществ и радиоактивных отходов в организации». На предприятии за много лет работы накоплен большой массив данных по радиационному контролю МАЭД гамма- и нейтронного излучения на рабочих местах персонала МС, на основании которых выявлено, что превышения предела дозы для персонала нет. В соответствии с п.7.4. НРБ-99/2009 для персонала в этих помещениях установлены контрольные уровни. Для контроля в помещениях МС установлены пункты контроля (ПК), которые привязали к местам с повышенными значениями МАЭД относительно фоновых значений. Эти ПК расположены около поверочных установок, сейфов-хранилищ, а также в проходах между помещениями, также рядом с рабочими местами персонала. ПК были установлены вне помещений МС на прилегающей территории около окон, в которых ведется работа с ЗРИ. Контроль проводится в рабочем режиме постоянно, ежеквартально оценивается 20 ПК в соответствии с МУ 2.6.5.008-2016 «Контроль радиационной обстановки. Общие требования».

Провели анализ данных, полученных автором, и данных, представленных службой радиационной безопасности. Выявили, что все помещения условно можно разделить на 2 типа в зависимости от МАЭД на рабочих местах: помещения для камеральных работ до 1 мкЗв/ч для гамма-излучения и 0 мкЗв/ч для нейтронного; рабочие помещения; в которых работают поверочные установки и эксплуатируются ЗРИ – не более 5 мкЗв/ч для гамма-излучения и не более 7 мкЗв/ч для нейтронного. Также отдельно выделили территорию вокруг зданий, где проводит работы МС – не более 0,8 мкЗв/ч для гамма-излучения и 0 мкЗв/ч для нейтронного. Статистическая обработка данных, полученных за последние

6 лет работы МС (24 квартала), показала нормальный закон распределения. Для средней тенденции использовали среднее арифметическое, которое не превышает контрольные уровни, результаты анализа данных представлены в таблице 1.

**Таблица 1** – Анализ данных МАЭД для гамма- и нейтронного излучения в помещениях метрологической службы радиационно опасного объекта

Зоны контроля радиационной обстановки в помещениях	n*	МАЭД гамма-излучения, мкЗв/ч				n*	МАЭД нейтронного излучения мкЗв/ч			
		min	max	СА	КУ		min	max	СА	КУ
Для камеральных работ	5	0,11	0,20	0,14	1	2	0,21	0,38	0,29	1
Рабочие помещения	9	0,13	0,80	0,40	5	4	0,81	2,41	0,40	7
На территории, вокруг МС	6	0,13	0,23	0,13	0,8	6	0	0	0	0

\*n, шт. – количество КТ на зону; СА – среднее арифметическое; КУ – контрольный уровень

В качестве фоновых показателей МАЭД гамма- и нейтронного излучений выбрали значения в помещениях, расположенных на чистой территории в административном корпусе.

Анализ данных показал, что на территории, прилегающей к МС, МАЭД ГИ ниже КУ, находится на уровне фоновых значений для гамма-излучения 0,14 мкЗв/ч; нейтронное излучение не обнаружено. В помещениях для камеральных работ – МАЭД ГИ значительно ниже КУ; в рабочих помещениях – превышают фоновые не более чем в пять раз, но не превышает КУ. На основе этих результатов были подготовлены рекомендации, которые будут способствовать оптимизации контроля радиационной обстановки.

**Выводы.** Результаты контроля радиационной обстановки в помещениях МС РОО и на территории вокруг показали, что контрольные уровни за исследуемый период времени не были превышены. В рабочих помещениях значения МАЭД гамма- и нейтронного излучения превышали фоновые значения до 5 раз, но это ниже КУ. Полученные данные свидетельствуют о соблюдении требований радиационной безопасности и являются основой для проведения оптимизации объема и частоты радиационного контроля для этого объекта.

**Список использованных источников:**

1. Федеральный закон от 09.01.1996 № 3-ФЗ (ред. от 11.06.2021) "О радиационной безопасности населения.
2. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 26.10.2010 № 40 об утверждении Санитарных правил и нормативов СП 2.6.1. 2612-10 «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010)».

## МОНИТОРИНГ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ НА ТЕРРИТОРИИ С ПОВЫШЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ ПРИРОДНЫХ РАДИОНУКЛИДОВ

Ю.К. Губанова<sup>1,2,3</sup>, Л.Э. Карл<sup>1</sup>, М.Р. Мнацаканян<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ФГУП НТЦ РХБГ ФМБА России, г. Москва

<sup>2</sup> РУДН, г. Москва

<sup>3</sup> ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, г. Москва

**Введение.** Деятельность ураноперерабатывающих предприятий по разработке урановых месторождений неизбежно сопровождается радиоактивным загрязнением окружающей среды. Показателем степени радиоактивного загрязнения территории служит превышение радиационных показателей над естественным радиационным фоном. Основными радионуклидами, поступающими в окружающую среду в ходе эксплуатации урановых месторождений, являются радионуклиды семейств  $^{238}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$  и  $^{232}\text{Th}$ . Общая радиоактивность формируется за счет семейства  $^{238}\text{U}$ , ДПР которого являются  $^{230}\text{Th}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{222}\text{Rn}$  и др.

На территории Бештаугорского месторождения урана до 1975 года проводилась разработка месторождения ЛПО «Алмаз», полноценная рекультивация территории после закрытия предприятия до конца не была проведена. Открытыми остались некоторые отвалы и штольни, что приводит к выходу на поверхность дренажных вод с повышенным содержанием природных радионуклидов уранового ряда. Деградация созданных инженерных барьеров приводит к поступлению дренажных вод в поверхностные водоемы, используемые населением в рекреационных целях, и загрязнению потенциальных источников питьевого водоснабжения. Последствиями поступления радионуклидов в водные объекты, является облучение человека за счет использования водоемов в качестве источников питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения, за счет рекреационного использования водных объектов, за счет потребления рыбы и орошения садовых участков. Потребление воды или пищевой продукции с повышенным содержанием природных радионуклидов может приводить к их накоплению в организме человека и вызывать стохастические отдаленные последствия воздействия радиации.

**Цель работы:** радиоэкологическая оценка водных объектов, расположенных на территории объекта наследия ЛПО «Алмаз».

**Материалы и методы.** Пробоотбор осуществляли из поверхностных и подземных водных объектов на рекреационной территории в районе расположения объекта и на территории проживания населения. Для получения данных о радиоэкологическом состоянии водных объектов опробовали 16 водоемов, расположенных как на территории объекта наследия, так и в жилой зоне города Лермонтов. Измерили объемную активность  $^{222}\text{Rn}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  и  $^{238}\text{U}$  в воде и удельную активность  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$  в донных отложениях.

Измерение объемной активности радона ( $OA_{Rn}$ ) в воде проводили на комплексе «Камера», содержание ЕРН в донных отложениях – на гамма-спектрометрическом комплексе «Прогресс». Радиоэкологическую оценку воды проводили в сравнении с уровнями вмешательства для питьевой воды, установленными в НРБ-99/2009. Среднегодовая эффективная доза облучения (СГЭД) для воды котируется и не должна превышать 0,1 мЗв/год для населения.

**Результаты.** Провели статистическую обработку полученных данных, выявили, что распределение всех параметров контроля подчиняются логнормальному распределению, для характеристики средней тенденции использовали медиану.

Выявили объекты с повышенным содержанием природных радионуклидов. Выявили, что существует зональность в распределении содержания ЕРН в природных водах, находящихся на территории объекта наследия ЛПО «Алмаз».

Наибольшим содержанием ЕРН характеризовались воды и донные отложения водных объектов у штольни № 16. На территории жилой застройки в одном из прудов выявили двукратное превышение УВ по  $^{238}U$ , что может свидетельствовать о поступлении шахтных вод штольни № 32. Другие водные объекты г. Лермонтов и пробы воды из системы централизованного водоснабжения, поступающей для питьевого водоснабжения населения из Кубанского водохранилища, соответствовали требованиям радиационной безопасности.

Объемная активность  $^{222}Rn$  (411 Бк/кг) и  $^{226}Ra$  (6,2 Бк/кг) максимальна в водных объектах в районе штольни № 16; УВ в воде превышает по  $^{222}Rn$  в 7 раз, по  $^{226}Ra$  в 13 раз. В донных отложениях, которые являются депонирующей средой для радионуклидов, значения  $A_{эфф}$  находились в диапазоне 1102-2540 Бк/кг, что позволяет относить их к III-IV классу отходов промышленного производства и исключает возможность их использования без специального разрешения.

В воде родника «Монастырский», используемого в питьевых целях – содержание  $^{222}Rn$  (218 Бк/кг) и  $^{226}Ra$  (1,1 Бк/кг), превышает УВ в 4 и 2 раза соответственно. Рассчитали потенциальные среднегодовые эффективные дозы внутреннего облучения (СГЭД) за счет возможного потребления воды. Выявили превышение квоты СГЭД в воде (01 мЗв/год) из штольни № 16 в 8-13 раз (0,86-1,3 мЗв/год), в роднике Монастырский в 2 раза (0,2 мЗв/год).

Существует потенциальная опасность несанкционированного использования местным населением водных объектов с повышенным содержанием природных радионуклидов для рекреационных целей. Определили величину потенциального радиационного риска для здоровья человека при рекреационном и питьевом использовании водных объектов. Расчет выполняли для перорального и внешнего пути воздействия радионуклидов на здоровье человека. Для данной модели ввели ограничение на ингаляционный путь воздействия, в связи с нахождением отдыхающих на открытом воздухе.



Выявили, что канцерогенный риск воздействия за счет радиационного фактора в нескольких водных объектах обусловлен высоким содержанием  $^{226}\text{Ra}$  при пероральном пути воздействия, который вносит основной вклад в потенциальный канцерогенный риск и меняется от  $1,0 \times 10^{-3}$  до 1,0, что является неприемлемым для населения. Значения пожизненного канцерогенного риска за счет внешнего облучения при погружении человека в воду не выше  $1,0 \times 10^{-6}$  – классифицируется как «низкий» и не отличается от повседневных рисков.

**Выводы.** На территории объекта наследия ЛПО «Алмаз» природные воды характеризуются повышенным содержанием  $^{222}\text{Rn}$  и  $^{226}\text{Ra}$ . В связи с этим существует необходимость информирования населения о радиэкологическом состоянии водных объектов на территории объекта наследия. Особое внимание необходимо уделить природным водам, расположенным в районе штольни № 16 – необходимо принятие мер по ограничению доступа населения и отдыхающих, к данной территории и озерам-отстойникам.

*Авторы выражают благодарность Микляеву Петру Сергеевичу, Петровой Татьяне Борисовне и коллегам из СКФУ за помощь в работе в ходе выполнения полевой и лабораторной части исследования.*

## **КОНТРОЛЬ ВЫБРОСОВ РАДИОАКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ ИЗ ОРГАНИЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ ФГУП "ПО "МАЯК"**

Ю.Г. Мокров, К.Ю. Мокров, А.Е. Дементьева

*ФГУП «ПО «Маяк», г. Озёрск*

На ФГУП "ПО "Маяк" зарегистрировано источники выбросов с объектов, расположенных на территории предприятия. Все источники условно можно разделить на две части: высокие источники выбросов в количестве 31 объекта, которые являются источниками поступления в атмосферный воздух радиоактивных изотопов в виде 28 разных соединений; низкие источники выбросов в количестве 381 объекта, из которых поступления в атмосферный воздух поступает 9 радиоактивных изотопов.

В данной работе приведена информация о нормативной и разрешительной документации по контролю, методах контроля и результатах контроля выбросов радиоактивных веществ в атмосферный воздух для всех этих источников выбросов предприятия за 2021 г.

Проведена оценка накопленных данных путем сравнения с установленными на предприятии нормативами для контроля в атмосферном воздухе радиоактивных изотопов:

- годовые предельно допустимые выбросы для каждого изотопа, Бк/год;

- удельное допустимое содержание, Бк/м<sup>3</sup>;
- контрольные уровни для каждого показателя.

Для оценки состояния текущих выбросов радиоактивных веществ с ФГУП "ПО "Маяк" выполнили оценку дозового воздействия на население зоны наблюдения и персонал на промышленной площадке.

Получили, что текущие выбросы радионуклидов из всех организованных источники выбросов с объектов ФГУП "ПО "Маяк", расположенных на территории предприятия, не оказывают значимого влияния на радиационную обстановку в зоне наблюдения. Контроль средних годовых эффективных доз (СГЭД) населения, проживающего в ближайших к предприятию населённых пунктах, показал, что СГЭД не превышает 5 мкЗв/год и составляет 0,5% от предела дозы для населения, регламентированного НРБ-99/2009.

Радиационная обстановка в зоне наблюдения ФГУП "ПО "Маяк" имеет стабильный характер и характеризуются тенденцией к снижению.

## **ДОЗОВЫЕ НАГРУЗКИ НА ДЕФЕКТОСКОПИСТОВ ГАММАГРАФИРОВАНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИИ ПО РЕМОНТУ АТОМНЫХ ПОДВОДНЫХ ЛОДОК**

Д.В. Арефьева, Ю.В. Джикия, А.В. Петушок

*ФГБУН НИИ ПММ ФМБА России, г. Санкт-Петербург*

**Введение:** При выполнении ремонтных работ на атомных подводных лодках одной из наиболее часто повторяющихся радиационно опасных операций является дефектоскопия качества сварных швов (радионуклидная дефектоскопия), а также выявление дефектов изделий с использованием переносной радиоизотопной аппаратуры, которую выполняют персонал – дефектоскописты гаммаграфирования (гамма-дефектоскописты). При этом большая часть работ проводится вне стационарных условий, что потенциально может способствовать переоблучению работников. В связи с этим определение и оценка индивидуальных годовых эффективных доз облучения персонала является актуальной задачей.

**Цель работы:** проведение оценки дозовых нагрузок на дефектоскопистов гаммаграфирования при выполнении работ по ремонту атомных подводных лодок.

**Материал и методы исследования.** В работе был проведен ретроспективный анализ 316 нарядов-допусков на проведение радиационно опасных работ по гамма-дефектоскопии на предприятии АО «Центр судоремонта «Звездочка» (г. Северодвинск Архангельской обл.) за 2020 год, а также сведений о дозах облучения лиц из числа

персонала в условиях нормальной эксплуатации техногенных источников ионизирующих излучений.

Для достижения поставленной цели были проанализированы:

- 316 нарядов-допусков на проведение радиационно опасных работ,
- данные индивидуального дозиметрического контроля персонала АО «Центр судоремонта «Звездочка» (по отчетным статистическим формам № 1-ДОЗ) за период с 2017 по 2020 год.

### **Результаты и обсуждение**

За период с 2017 по 2020 год в проведении работ по дефектоскопии принимали участие 27 гамма-дефектоскопистов. Возраст участников работ варьирует от 30 до 62 лет, средний возраст составляет  $42 \pm 10$  года. В выполнении работ одновременно участвовали от двух до четырех сотрудников.

При анализе данных из нарядов-допусков на проведение работ по радионуклидной дефектоскопии, которая включает в себя доставку радионуклидного дефектоскопа и проведение работы, установлено, что средние значения индивидуальной эффективной дозы облучения персонала за одну рабочую смену составляют  $0,05 \pm 0,06$  мЗв/ч. При этом средние значения мощности амбиентного эквивалента дозы при транспортировке оборудования составляют  $10 \pm 5$  мкЗв/ч, при гаммаграфировании –  $466 \pm 326$  мкЗв/ч.

Нефиксированное загрязнение на поверхности дефектоскопа, а также загрязненность поверхности помещения отсутствует или не превышают значений, установленных в НРБ-99/2009 для поверхностного загрязнения.

Также установлено, что при этом максимальная индивидуальная эффективная доза облучения персонала за одну рабочую смену составила  $0,72 \pm 0,03$  мЗв, максимальное значение мощности амбиентного эквивалента дозы при гаммаграфировании составило 2800 мкЗв/ч, при транспортировании гамма-дефектоскопа – 28 мкЗв/ч.

Максимальное значение накопленной индивидуальной эффективной дозы облучения среди персонала за четырехлетний период (с 2017 по 2020 гг.) составляет 44 мЗв, минимальное – 2,67 мЗв, среднее значение –  $28 \pm 15$  мЗв. Из данных по накопленной дозе облучения следует, что дозовая нагрузка у лиц из персонала существенно различается.

По нашему мнению, это связано с различным уровнем мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения при проведении дефектоскопии, а также продолжительностью выполнения работ. Следовательно, может сформироваться комплекс условий, при котором радиационное воздействие на работников достигнет или превысит регламентированные пределы доз.

### **Выводы**

В результате оценки дозовых нагрузок на дефектоскопистов гаммаграфирования АО «Центр судоремонта «Звездочка» при выполнении работ по ремонту атомных

подводных лодок установлено, что основным опасным производственным радиационным фактором является внешнее гамма-излучение.

Загрязнение рабочих поверхностей радиоактивными веществами при выполнении работ по гамма-дефектоскопии не превышает значений, установленных в НРБ-99/2009.

При этом дозовая нагрузка у персонала существенно различается, что связано с различным уровнем мощности амбиентного эквивалента дозы при проведении дефектоскопии, а также разной продолжительностью выполнения работ.

Показано, что существуют ситуации, при которых регламентированные пределы доз облучения персонала могут быть превышены. Направлением дальнейших исследований является оценка радиационных рисков для работников судоремонтных предприятий при выполнении работ по гамма-дефектоскопии с учетом вида ремонтируемого объекта и условий проведения работ.

### **ВЫЯВЛЕНИЕ МЕТОК ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО МЕТИЛИРОВАНИЯ, ХАРАКТЕРНЫХ ДЛЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ЧЕЛОВЕКА С ПОМОЩЬЮ БЕЗУСЛОВНЫХ АЛГОРИТМОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ**

И.А. Заняткин<sup>1</sup>, А.П. Воеводин<sup>1</sup>, М.В. Салютин<sup>1</sup>,  
А.В. Баёв<sup>1</sup>, А.Г. Титова<sup>1</sup>, С.Ю. Бакоев<sup>1</sup>,  
В.В. Макаров<sup>1</sup>

*ФГБУ «ЦСП» ФМБА России, г. Москва*

Методы машинного обучения широко используются, в том числе в биологии. Однако применение классического машинного обучения не всегда эффективно в случае образцов, нечётко делящихся на когорты положительного и отрицательного контроля. Альтернативой может стать машинное обучение «без учителя»: вместо использования готовых контрольных выборок алгоритм самостоятельно выявляет аномалии и составляет из них модель, разделяющую единую выборку на «контроль» и «эффект». На данный момент этот способ эффективно используется в экономике, работе систем банков и медицинской диагностике.

Нами было предложено применение метода машинного обучения «без учителя» для поиска маркеров воздействия загрязнителей окружающей среды на здоровье человека и обусловленного этим воздействием риска развития неинфекционных заболеваний. Часто не удаётся выявить достаточно универсальный пул этих маркеров по нескольким причинам. Ландшафт дифференциального метилирования ДНК во многом зависит от

особенностей организма пациента. Часто изменения метилома становятся результатом воздействия нескольких факторов, не только химической природы, информацией о которых часто не располагают ни исследователи, ни лечащие врачи, ни даже сам пациент. Поэтому часто составление качественных выборок «воздействия» и «контроля» становится затруднительным, а обнаруженные метки оказываются применимыми лишь в рамках популяции, использованной для работы алгоритмов машинного обучения.

**Материалы и методы.** В работе были использованы данные о 1527 пациентах из нескольких регионов РФ, собранных для анализа воздействия загрязнителей в городской среде на здоровье человека. Соответственно, в рамках выборки ожидалось воздействие следующих поллютантов: угольной, кремнезёмной и металлической пыли, солей тяжёлых металлов, продуктов неполного сгорания из выхлопных газов и/или табачного дыма. Данные дифференциального метилирования были получены на платформе микрочипов Illumina MethylationEPIC 850K.

**Составление моделей.** После проведения контроля качества для дальнейшего анализа были оставлены те CpG, дифференциальное метилирование которых было значимым и достоверным. По результатам анализа была применена комбинация методов машинного обучения «без учителя» для формирования пула меток дифференциального метилирования, отличающегося от среднего метилома, и классического метода машинного обучения с подходом Agglomerative Clustering для формирования конечной модели.

**Анализ CpG и генов.** В состав первой модели были отобраны 106 самых значимых в рамках модели CpG, с которыми были ассоциированы 78 генов. Пул генов был интерпретирован с целью поиска биологической значимости результатов, а также сопоставлен с аналогичными пулами, полученными методами статистической обработки и классических методов машинного обучения.

В результате 2 гена были ассоциированы с 2 дифференциально метилированными CpG каждый. Также было отмечено 5 генов, которые были ассоциированы с CpG, прямо упоминавшимися в литературных данных. Из них 1 (SIH3) также был ассоциирован с 2 сайтами CpG. Был отмечен ген JMJD1C, который ранее попал в аналогичную выборку, составленную при помощи методов классического машинного обучения.

Анализ пула ассоциированных генов и сопоставление моделей по метрикам и биологическому смыслу дали основания для модификации метода. Для обработки было отобрано 41385 CpG. В нормализованных данных методом машинного обучения «без учителя» были сформированы 2 кластера: «воздействие» и «контроль», с помощью метода иерархической кластеризации Agglomerative Clustering. На их основе была составлена модель методом классического машинного обучения с помощью градиентного бустинга над деревьями решений. Создавался с помощью отечественной разработки – библиотеки CatBoost, в которой реализовано множество механизмов для обучения модели. Новая

модель включала в себя 72 метки, ассоциированные с 53 генами, и обладала значительно более высоким качеством.

Между найденными аномалиями в образцах и метаданными о подверженности респондентов воздействию поллютантов наблюдалась значимая корреляция. Обнаруженные маркеры были ассоциированы с воздействием нескольких типов поллютантов, что может свидетельствовать об общих элементах механизмов воздействия этих загрязнителей на человека.

Кроме того, значительное количество СрG по данным прежних исследований было ассоциировано с риском развития патологий, возникающих под воздействием поллютантов. Среди вошедших в модели маркеров преобладали метки, характерные для аутоиммунных заболеваний, метаболических расстройств и отравления загрязнителями. Некоторые из вошедших в модель меток уже используются для диагностики, а некоторые гены, ассоциированные с СрG, считаются маркерами, связанными с заболеваниями (по состоянию гена TMSO1 оценивают риск развития открытоугольной глаукомы).

**Выводы.** Для выявления меток дифференциального метилирования, ассоциированных с воздействием поллютантов, метод безусловных алгоритмов машинного обучения требует тонкой настройки алгоритмов. При поиске маркеров развития патологий, ассоциированных с воздействием неблагоприятных факторов на организм человека, метод оказался весьма перспективным. Кроме того, применение машинного обучения «без учителя» с последующей верификацией пулов СрG классическими методами позволяет выявлять аномальные реакции отдельных людей, выражающиеся в индивидуальных отличиях метилома, что может быть основой для дальнейших исследований.

## КАТЕГОРИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ ЖИЛОЙ ЗОНЫ Г. ПЯТИГОРСК ПО ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ РАДОНООПАСНОСТИ

Е.И. Кайгородов<sup>1,2</sup>, Л.Э. Карл<sup>1,2</sup>, Ю.К. Губанова<sup>1,2,3</sup>,  
М.Р. Мнацаканян<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГУП НТЦ РХБГ ФМБА России, г. Москва

<sup>2</sup>РУДН, г. Москва

<sup>3</sup>ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, г. Москва

Наибольший вклад в суммарную годовую эффективную дозу облучения населения вносят природные источники ионизирующего излучения, основным из которых является газ радон (<sup>222</sup>Rn) и его дочерние продукты распада (ДПР). <sup>222</sup>Rn поступает в здания через

геологические разломы, почвы, содержащие природные радионуклиды и строительные материалы, накапливается в помещениях и ингаляционным путем воздействует на человека. Легкие являются критическим органом при облучении [1]. Согласно нормам радиационной безопасности НРБ-99/2009 эквивалентная равновесная объёмная активность радона ( $ЭРОA_{Rn}$ ) в помещениях зданий жилищного назначения не должна превышать  $200 \text{ Бк/м}^3$ . Предварительные исследования в России выявили потенциально радоноопасные территории (Кавказ, Забайкалье, Алтайский край и др.). На этих территориях необходимо осуществлять постоянный контроль содержания  $^{222}\text{Rn}$  в воздухе, к таким объектам относится город Пятигорск Ставропольского края.

**Цель работы:** категорирование территории проживания населения г. Пятигорск по потенциальной радоноопасности.

**Методы и материалы.** Для проведения мониторинга  $OA_{Rn}$  использовали интегральный метод. Принцип метода заключается в регистрации альфа-частиц  $^{222}\text{Rn}$  и его ДПП с помощью твердотельных трековых детекторов типа LR 115–2. Альфа-частицы, попадая на материал детектора, оставляют на нём следы (треки). Для обнаружения треков детекторы подвергались химическому травлению, для подсчёта треков использовался автоматический искровой счетчик треков АИСТ-4. Для отбора проб воздуха детекторы помещались в пробоотборные камеры (экспозиметры) РЭИ-4 и экспонировались в помещениях зданий г. Пятигорск. Отбор проб проводился пассивно, на протяжении двух месяцев в холодный и теплый период.

**Результаты.** Измерили  $OA_{Rn}$  и рассчитали среднегодовую  $ЭРОA_{Rn}$  в 82 зданиях жилого и общественного назначения, всего выполнили 2854 интегральных измерений.

Выявили, что на обследованной территории подвалов мало (56% от общего числа зданий), и в них проводилось мало измерений (12% от общего числа измерений). Кроме того, в зданиях с наличием подвала, значения  $ЭРОA_{Rn}$ , превышающие установленное ограничение повсеместно сконцентрированы на 1 этажах (22% от общего числа измерений) [2]. Рассчитали дозовые нагрузки на население, пребывающие на 1 этажах. Это позволило категорировать территорию по потенциальной опасности в зависимости от  $ЭРОA_{Rn}$  на 1 этажах.

Для категорирования территории рассчитали средних годовых эффективных доз (СЭГД) облучения населения  $^{222}\text{Rn}$  г. Пятигорск. Расчет производили согласно методическим указаниям МУ 2.6.1.1088-02. В соответствии с критериями, установленными СанПиН 2.6.1.2800-10 степень радиационной безопасности в зависимости от СЭГД определяется как:

- менее 5 мЗв/год – приемлемый уровень облучения населения от природных источников ионизирующего излучения,
- свыше 5 до 10 мЗв/год – облучение населения является повышенным,
- более 10 мЗв/год – облучение населения является высоким.

При расчете СГЭД внутреннего облучения населения  $^{222}\text{Rn}$  выявили, что значения СГЭД зависят от среднегодовой ЭРОА<sub>Rn</sub>, как представлено в таблице 1.

**Таблица 1 – Зависимость средних годовых эффективных доз за счет  $^{222}\text{Rn}$**

Значение среднегодовой ЭРОА <sub>Rn</sub> , Бк/м <sup>3</sup>	СГЭД, мЗв/год	Категория опасности
менее 80	менее 5	I – чистая
80-160	5-10	II – нуждается в контроле
более 160	более 10	III – опасно

Предложили ввести 3 категории потенциальной радоноопасности в соответствии со значениями среднегодовой ЭРОА<sub>Rn</sub> на 1 этажах.

Провели статистическую обработку данных, полученных по результатам измерения ЭРОА<sub>Rn</sub> на 1 этажах. Результаты представлены в таблице 2.

**Таблица 2 – Статистические параметры распределения значений ЭРОА<sub>Rn</sub> на 1 этажах зданий г. Пятигорск**

N*	СА	СГ	СО	Медиана и границы ее дов. инт.*	Мин	Макс	Более 160	От 80 до 160	Менее 80
шт.	Бк/м <sup>3</sup>								
1834	100	54	135	56 (50-62)	<10	2408	18	19	63
N – количество измерений; СА – среднее арифметическое; СГ – среднее геометрическое; СО – стандартное отклонение; * – при p=0,95; интервал: левая граница – правая граница									

Как видно из таблицы 2, значения СА, СГ и медианы не превышают установленного ограничения в 200 Бк/м<sup>3</sup>. Помещений со значением ЭРОА<sub>Rn</sub> более 160 Бк/м<sup>3</sup> составило 18% от общего числа, со значением от 80 до 160 Бк/м<sup>3</sup> – 19%, а менее 80 Бк/м<sup>3</sup> – 63%.

**Выводы.** Провели измерения ОА<sub>Rn</sub> в помещениях жилых и общественных зданий г. Пятигорск, предложили ввести III категории потенциальной радоноопасности территории. Категорирование территории жилой зоны г. Пятигорск показало, что 18% исследованной территории имеет III категорию потенциальной радоноопасности, 19% – II категорию, 63% – I категорию. Исследование показало, что ситуация в г. Пятигорск в целом стабильная, но существует ряд зданий, нуждающихся в реабилитации.

**Список использованных источников:**

- ICRP Publication 115. Lung Cancer Risk from Radon and Progeny and Statement on Radon / ed. C.H. Clement // Annals of the ICRP – 2010. – Vol. 40 (1). – 64 p.
- Кайгородов Е.И., Карл Л. Э., Губанова Ю. К. Контроль обменной активности радона в детских образовательных учреждениях г. Пятигорска // Юбилейная международная научно-практическая конференция «ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Буназяна ФМБА России: 75 лет на страже здоровья людей». – 2021. – С. 123-125.



## РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ОБЪЕКТОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ТЕРРИТОРИИ С ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ РАДОНООПАСНОСТЬЮ

Л.Э. Карл<sup>1,2</sup>, Ю.К. Губанова<sup>1,3</sup>, Е.И. Кайгородов<sup>1,2</sup>,  
М.Р. Мнацаканян<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> ФГУП НТЦ РХБГ ФМБА России, г. Москва

<sup>2</sup> РУДН, г. Москва

<sup>3</sup> ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, г. Москва

Современные радиоэкологические исследования показали, что основной вклад в облучение населения вносят природные источники ионизирующего излучения, при этом наибольший вклад от 50 до 90% вносит радиоактивный газ радон и его дочерние продукты распада (ДПР).

В некоторых районах России зарегистрированы территории, где концентрация радона в помещениях превышает в десятки раз допустимые значения. Такие территории имеются на Алтае, в Забайкалье, на Северном Кавказе, в Северо-Западном регионе и т.д.

На территории в районе г. Лермонтов Ставропольского края находится объект наследия, на котором проводилась добыча и переработка урановых руд подземным способом из Бештаугорского месторождения. Эта территория является потенциально радоноопасной за счет повышенного содержания природных радионуклидов в хвостохранилищах, штольнях, отвалах, реабилитация которых не закончилась.

**Цель работы:** радиоэкологический мониторинг объектов окружающей среды на территории вблизи объекта ЛПО «Алмаз».

Радиационное обследование территории проводили по мощности AMBIENTного эквивалента дозы гамма-излучения (МАЭД ГИ). На открытой местности измеряли плотность потока радона с поверхности грунта (ППР), удельную активность радионуклидов в горных породах.

Провели мониторинг объемной активности радона ( $OA_{Rn}$ ) в жилых и общественных зданиях г. Лермонтов интегральным методом. Радиационно-гигиеническую оценку территории проводили по среднегодовой эквивалентной равновесной объёмной активности радона ( $ЭРОA_{Rn}$ ) с учетом коэффициента равновесия принятым за 0,5.

**Результаты.** Провели статистическую обработку полученных данных, выявили, что распределение всех параметров контроля подчиняются логнормальному распределению, для характеристики средней тенденции использовали медиану. Оценку значений на территории проводили по ОСПОРБ-99/2010 для участков жилищного строительства.

На открытой местности в жилой зоне определили следующие показатели:

– медиана ППР ( $n = 60$ ) лежит в 95% доверительном интервале от 163 до 242 и составила 203, превышает в 2,5 раза  $80 \text{ мБк/м}^2 \text{ с}$ ;

- медиана содержания  $^{226}\text{Ra}$  в почве ( $n=91$ ) находится в интервале от 57 до 69 и равна 63 Бк/кг,
- эффективная удельная активность для природных радионуклидов составила 179 Бк/кг и не превышает 370 Бк/кг;
- медиана МАЭД ГИ равна 0,2 и не превышает 0,3 мЗв/ч.

Для жилых и общественных зданий рассчитали медианное значение ЭРОА<sub>Rn</sub> для воздуха 2053 помещений: медиана ЭРОА<sub>Rn</sub> лежит в интервале от 100 до 116 и равна 108 Бк/м<sup>3</sup>. Максимальное значение ЭРОА<sub>Rn</sub> равно 1347 Бк/м<sup>3</sup>. В 30% помещений, которые сосредоточены в 17 зданиях, имеются превышения 200 Бк/м<sup>3</sup>.

Содержание природных радионуклидов в почвах оценивали по эффективной удельной активности ( $A_{\text{эфф}}$ ) и выявили, что в жилой зоне оно меньше чем 370 Бк/кг, такое содержание является допустимым. На техногенно-измененной территории, к которой относится г. Бештау, медиана  $A_{\text{эфф}}$  в зона отвала составляет 369 Бк/кг, встречаются участки с повышенным значением до 490 Бк/кг. ППП на открытой местности существенно превышает 80 мБк/м<sup>2</sup>с на всей территории обследования.

Выявленные высокие уровни концентраций природных радионуклидов в грунтах жилой зоны г. Лермонтов обусловлены естественными причинами, не связанными с деятельностью уранодобывающего предприятия. Высокая радиоактивность слагающих территорию пород обусловлена широким развитием кислых щелочных интрузивов и криптоэффузивных образований, обогащенных естественными радионуклидами, пронизывающих осадочный комплекс. В связи с этим, практически вся территория города является потенциально радоноопасной и нуждается в проведении противорадоновых мероприятий и контроле  $^{222}\text{Rn}$  в жилых и общественных зданиях.

Расчетное значение СГЭД находится в интервале от 8 до 13 и превышает ограничение для природных радионуклидов 5 мЗв/год при максимальном значении до 11 мЗв/год. А при максимальных значения ЭРОА<sub>Rn</sub>, СГЭД составляет более 50 мЗв/год, что существенно превышает общее ограничение по природным радионуклидам (5 мЗв/год) только за счет радона, что говорит о необходимости пересмотра методических документов расчёта доз и изменения нормативной базы. При расчете СГЭД облучения с использованием  $F=0,5$ , рассчитанное значение получается большое и превышает ограничение ОСПОРБ-99/2010, согласно которому необходимо должны в первоочередном порядке проводиться мероприятия по снижению уровней облучения населения. Такая ситуация, вероятно, возникла из-за того, что методика расчета СГЭД облучения осталась прежней, тогда как предлагается использовать коэффициента равновесия  $F$  не 0,4, а 0,5. Существует необходимость пересмотреть методические документы расчёта СГЭД облучения, обосновать необходимость перехода коэффициента равновесия с 0,4 на 0,5, а также появилась необходимость в гармонизации нормативно-правовой базы в сфере природного облучения, установления региональных референтных уровней.

**Выводы.** Радиоэкологический мониторинг объектов окружающей среды на территории вблизи объекта ЛПО «Алмаз» показал, что в жилых и общественных зданий медианное значение ЭРОА<sub>Rn</sub> для воздуха 2053 помещений лежит в интервале от 100 до 116 и равна 108 Бк/м<sup>3</sup>, что вполне допустимо, но в 30% помещений, которые сосредоточены в 17 зданиях, имеются превышения 200 Бк/м<sup>3</sup>. Медиана ППР лежит в 95% доверительном интервале от 163 до 242 и составила 203, которое превышает в 2,5 раза 80 мБк/м<sup>2</sup> с. Необходимо уточнять коэффициента равновесия F для более достоверного расчета СГЭД облучения на территориях с потенциальной радоноопасностью.

## К ВОПРОСУ О СОВРЕМЕННЫХ ТЕНДЕНЦИЯХ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РАДИАЦИОННОГО РИСКА

Г.В. Лаврентьева<sup>1,2</sup>, Б.И. Сынзыныс<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Калужский филиал МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Калуга*

<sup>2</sup> *ИАТЭ НИЯУ МИФИ, г. Обнинск*

В настоящее время оценка риска является надежным аналитическим инструментом для определения факторов риска различного генезиса, как для здоровья человека, так и для окружающей среды. В связи с всевозрастающей антропогенной нагрузкой на окружающую среду активное развитие получает научное направление, связанное с оценкой экологических рисков. В отличие от оценки риска для здоровья человека при оценке экологических рисков не существует единой методологии, нет согласованных методологических подходов, как у российских ученых, так и у зарубежных коллег. В связи с этим выполнение исследований в области оценки экологических рисков вызывает множество противоречий, включая терминологический аспект, подходы к оценке и анализу риска, интерпретацию полученных оценок.

При этом можно выделить ряд дискуссионных аспектов существующих методов оценки экологических рисков:

- в большинстве случаев оценка экологического риска не учитывает всю совокупность факторов воздействия на реципиент, особенности местоположения изучаемых экосистем, т.е. не берутся во внимание климатические, геоморфологические, физико-химические особенности природных сред;

- оценка экологического риска проводится с учетом ограниченного числа видов живых организмов, т.е. критических компонент экосистемы с дальнейшей экстраполяцией на всю экосистему, что приводит к неопределенностям высокого уровня из-за отсутствия адекватных методов этой экстраполяции;

- узкая направленность исследований источников воздействия на представителей биоты, т.е. оценка риска в условиях многокомпонентного загрязнения окружающей среды учитывает всего одно или несколько загрязняющих веществ, исключает эффект синергизма или, наоборот, антагонизма;

- количественные методы оценки экологического риска находятся в стадии становления;

- существующие методы оценки экологических рисков в основном предполагают детерминистские, а не вероятностные, включая ранговые оценки, сравнение с установленной критической величиной или единицей. Данные подходы могут привести к ошибочной оценке риска, т.к. ранговая оценка приводит к потерям информации на границах рангов, методы сравнения с критическими значениями (или единицей) не предусматривают даже размерность превышения этих значений (т.е. превышение должно быть на незначительные величины или на несколько порядков) для утверждения защищенности/незащищенности биоты.

Следует отметить, что развитие системы оценки радиационного экологического риска также сдерживается отсутствием единых методологических подходов и недостатком научной информации о биологических эффектах в природных условиях. К дискуссионным аспектам при оценке радиационных рисков, включая и вышеуказанные для экологических рисков в целом, можно отнести следующее:

- рекомендованный МКРЗ набор «референтных животных и растений» для оценки радиационного воздействия на биоту является дискуссионным, ввиду чего необходимо обоснование и других видов, применение которых приведет к более точным оценкам в конкретных радиоэкологических, климатических, геоморфологических и др. условиях;

- не принят единый критерий безопасности биоты при воздействии радиационного фактора, учитывая многочисленные международные рекомендации диапазон минимального уровня воздействия достаточно широк: от 4 до 40 мкГр/час;

- выбор показателей для оценки радиационного воздействия на биоту также находится в стадии становления. В настоящее время МКРЗ предлагает следующие релевантные эффекты: смертность, заболеваемость, сниженная репродуктивная способность и некоторые формы хромосомных aberrаций;

- установление зависимости «доза облучения – радиобиологический эффект» у представителей флоры и фауны, обитающих в условиях хронического облучения;

- метод оценки радиационных экологических рисков на основе безразмерного коэффициента опасности, предложенный МКРЗ, носит детерминистский характер и, несмотря на его широкое применение в многочисленных научных исследованиях, подвергается критике, что обосновывает необходимость разработки подходов, основанных на вероятностных методах;

– рекомендованный международными организациями «Интегрированный подход», сопровождающийся программным обеспечением ERICA Tool, основан на интегрированной оценке детерминистскими и вероятностными методами. Однако широкое применение «Интегрированного подхода» в научных исследованиях позволяет выявить ряд недостатков, приводящих к необоснованным оценкам риска.

Например, анализ радиоэкологической обстановки предполагает учет удельных активностей радионуклидов в воде, почве, воздухе и донных отложениях. При этом исключается учет содержания радионуклидов в растительности, а также инкорпорированных радионуклидов, что немаловажно при оценке дозовой нагрузки для наземных животных и растений.

Невозможность самостоятельного выбора критического организма на первом этапе оценки также приводит к ряду неопределенностей. Оцененные с помощью программы ERICA Tool удельные активности в референтном организме во многих исследованиях отличаются от измеренных, что также приводит к недостоверным оценкам риска.

Таким образом, в настоящий момент остается необходимость дальнейших исследований для развития экоцентрической концепции радиационной защиты. Следует отметить, что экоцентрическая и антропоцентрическая концепции дополняют друг друга, поэтому при дальнейшем совершенствовании методологической базы радиационной защиты логично рассматривать эколого-антропоцентрический дуализм, что в свою очередь приблизит к гармонизации и методы оценки риска для здоровья человека и экологических рисков.

## **КОМПЛЕКСНЫЙ ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ В РАЙОНАХ РАЗМЕЩЕНИЯ ЯДЕРНЫХ И РАДИАЦИОННО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ**

Т.Н. Лашенова<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> *ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, г. Москва,*

<sup>2</sup> *РУДН, г. Москва;*

В России функционируют разные ядерные и радиационно опасные объекты (ЯРОО), к таким объектам относятся атомные электростанции, базы атомного флота России для подводных и надводных кораблей с ядерными энергетическими установками, пункты временного хранения ОЯТ и РАО и предприятия по их утилизации и многие другие объекты. Эти объекты являются потенциально опасными по техногенному воздействию на население и окружающую среду, как на этапе эксплуатации, так и при выводе из эксплуатации. Источником воздействия может быть комплекс факторов, в том числе радиационное, химическое и другое. В ФМБА России накоплен многолетний опыт оценки

техногенной нагрузки, которую создают такие объекты за счет регламентируемых и аварийных выбросов и сбросов, ионизирующего излучения и других факторов воздействия. ФМБА России осуществляет медико-санитарное обеспечение деятельности работников предприятий Госкорпорации «Росатом», а также населения, проживающего в районе расположения ЯРОО. Объекты располагаются в разных регионах России и странах СНГ. В задачи ФМБА России входит проведение социально-гигиенического мониторинга (СГМ), который включает радиационно-гигиенический мониторинг (РГМ) и мониторинг состояния здоровья населения. Для проведения СГМ в районах расположения ЯРОО важным является научно-обоснованный выбор показателей для оценки состояния среды обитания персонала и населения, и оценка состояния их здоровья.

**Радиационно-гигиенический мониторинг.** В настоящее время РГМ определяют как систему комплексного динамического наблюдения, включающую в себя долговременный непрерывный контроль параметров радиационно-гигиенической обстановки и оценку доз облучения. Для защиты населения осуществляют мониторинг состояния окружающей среды в районе потенциально возможного воздействия ЯРОО и в районе сравнения, где такое воздействие при проектируемых условиях эксплуатации невозможно.

Порядок организации РГМ следующий. Разрабатывают регламент, который включает выбор объектов наблюдения для защиты населения (воздух, почва, вода, пищевые продукты) и точек контроля, выбор которых зависит от природно-географических особенностей региона и места расположения. Определяют периодичность отбора проб, требования к измеряемым радиационным параметрам, методическому и техническому обеспечению, а также подходы к выбору фонового района сравнения. Все эти показатели также зависят от типа источника воздействия, проводят характеристику источника, который формирует выбросы и сбросы на этой территории,

Основными задачами комплексного РГМ в районе размещения ЯРОО являются: определение удельного содержания техногенных загрязнителей в воздухе, питьевой воде и в пищевых продуктах и радиационное обследование. Далее формируют перечень индикаторов и показателей, характеризующих обстановку для ЯРОО, которые включают комплексную оценку по радиационному, химическому и другим факторам на основе количественного определения его содержания. Основными параметрами контроля являются: мощность амбиента дозы гамма-излучения; удельное содержание природных и техногенных радионуклидов, химических и других загрязнителей в приземном слое атмосферного воздуха, в поверхностной воде и донных отложениях, морской воде, подземной воде, а также во всех источниках питьевого водоснабжения, во всех критических видах биоты и растительности для конкретного региона; в почвенном покрове; в продовольственном сырье и пищевых продуктах; измерение эквивалентной равновесной объемной активности радона ( $ЭРОA_{Rn}$ ) и суммарной интегральной годовой дозы за счет радона в жилых и общественных зданиях на территории. Численные

значения перечисленных параметров являются основой для проведения расчетов доз внешнего и внутреннего облучения населения по радиационному фактору отдельно для техногенных и природных источников, в связи с разным нормированием. И далее оценка динамики загрязнения, связанная со спецификой предприятий и других работ, проводимых в регионе.

При оценке радиационных параметров окружающей среды используют методы исследований в натуральных исследованиях, а также лабораторные методы измерения радиационных параметров проб окружающей среды, которые включают использование высокочувствительных радиометрических, спектрометрических и радиохимических методов анализа с соответствующим приборным обеспечением. Для калибровки должны быть использованы отраслевые и государственные стандартные образцы.

Измерение фонового содержания радионуклидов в пробах района сравнения имеет свою специфику. Содержание техногенных радионуклидов в них находится, как правило, в следовых количествах. Для этого надо выбирать место отбора так, чтобы максимально охарактеризовать территорию. Для получения статистически значимого результата необходимо соблюдать все требования по количеству точек отбора и периодичности отбора в каждом пункте контроля. Важным моментом является объём пробы, который должен быть достаточным для последующего аналитического измерения фоновых показателей. Для измерения должны быть использованы приборы, у которых нижний предел обнаружения радионуклидов должен быть ниже на половину средних региональных значений для данной территории. Показатели техногенного воздействия факторов химической природы характеризуют основными показателями содержания токсикантов, для таких параметров контроля, как тяжелые металлы, органические и другие химические загрязнители, особенно канцерогенные для всех объектов мониторинга. Выбор перечня токсикантов осуществляют в зависимости от экологической ситуации конкретного региона, и проводят на основе ретроспективной оценки техногенной деятельности на исследуемой территории. Далее необходимо рассчитать среднегодовую эффективную дозу облучения населения за счет потенциально возможной дозовой нагрузки, а затем рассчитать и оценить индивидуальный потенциальный пожизненный канцерогенный риск за счет радиационных и химических факторов.

**Мониторинг состояния здоровья населения**, проживающего в районах расположения ЯРОО, заключается в оценке состояния здоровья населения на этой территории, критической группой является детское население. При изучении состояния здоровья применяют эпидемиологические, статистические и клинические методы. Важным условием при проведении комплексного мониторинга является требование открытости, прозрачности и достоверности предоставляемой информации для общественности.

## РЕТРОСПЕКТИВНАЯ ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ДОЗЫ РАДИАЦИОННОГО ПОРАЖЕНИЯ ПАЦИЕНТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТРЕХЦВЕТНОГО FISH-МЕТОДА

Е.Е. Ломоносова<sup>1</sup>, В.Ю. Нугис<sup>1</sup>, Т.А. Астрелина<sup>1</sup>,  
М.Г. Козлова<sup>1</sup>, В.А. Никитина<sup>1</sup>, И.А. Галстяк<sup>1</sup>,  
Г.П. Снигирёва<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, г. Москва

<sup>2</sup> ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко» Минздрава России, г. Москва

Для цитогенетической ретроспективной оценки поглощённой дозы ионизирующего излучения по частотам FISH-регистрируемых транслокаций, как и для оценки поглощённой дозы в ближайшие сроки после облучения по частотам дицентриков, используют соответствующие кривые доза–эффект, полученные после облучения крови здоровых доноров *in vitro*. В настоящей работе представлены результаты цитогенетического анализа на основе трехцветного FISH-окрашивания хромосом лимфоцитов периферической крови одного из пациентов, подвергшегося облучению в результате аварии на Чернобыльской АЭС.

**Материалы и методы.** Цитогенетическое исследование проводилось с использованием венозной крови пациента (1960 г. рождения), пострадавшего во время ликвидации аварии на Чернобыльской АЭС в 1986 году. Материал для данного исследования был получен в общем временном промежутке 24-34 года после радиационного воздействия. Постановку в стерильных условиях культур лимфоцитов периферической крови и приготовление препаратов хромосом производили по методикам, принятым в лаборатории и в целом соответствующим опубликованным в международных рекомендациях. Для выполнения FISH-окрашивания хромосом использовали готовые наборы цельнохромосомных ДНК-зондов фирмы “MetaSystems” (Германия). Однако в разные сроки после радиационного воздействия они могли быть различными: одноцветные ДНК-зонды для 1, 4 и 12 пар хромосом (1 раз), трехцветные ДНК-зонды для 1, 4 и 12 пар хромосом (5 раз), параллельно два набора трехцветных ДНК-зондов к 1, 4, 12 и 2, 3, 8 парам хромосом (5 раз). Контркрашителем служила флуоресцентная краска DAPI. Для статистической обработки полученных результатов (сравнение средних и регрессионный анализ) использовали пакет программ Statistica 6.

**Результаты.** Основную массу обнаруженных aberrаций хромосом составили реципрокные транслокации в количестве от 90,4 до 98,4% от общего числа всех зарегистрированных FISH-окрашенных перестроек. Доля нестабильных aberrаций колебалась от 0 до 7,6%. Частота транслокаций на геном при анализе всех клеток была значимо в 42-67 раз выше ( $p < 0.01$ ), чем для соответствующего литературного возрастного контроля. Вид набора ДНК-зондов не влиял на выявленные частоты транслокаций. В



результате цитогенетического анализа с использованием трехцветного FISH-метода были обнаружены два лимфоцитарных клона: t(4;8) и t(1;3). В дальнейшем расчеты общих частот транслокаций были выполнены без коррекции и с коррекцией на этот феномен. Коррекция на наличие клонов заключалась в представлении каждого из них в виде одной клетки с соответствующим вычитанием остального клона из общего числа транслокаций и клеток. Зависимость частоты транслокаций от времени в рамках указанного диапазона после облучения проделали с помощью построения соответствующей линейной регрессии для геномных частот после пересчёта наблюдаемых частот этих аберраций при использовании одноцветного и трёхцветного ДНК-зондов для 1, 4 и 12 пар хромосом. Было продемонстрировано отсутствие статистически значимой зависимости уровня транслокаций от срока взятия крови в период от 24,8 до 34,4 лет после облучения пациента. Соответственно коэффициенты корреляции составили 0,388 и 0,417 при уровнях значимости  $p=0,239$  и  $0,231$  для данных без и с коррекцией на наличие клоновых транслокаций.

Для ретроспективной оценки дозы у пациента использовали полученные ранее кривые доза-эффект для радиационно-индуцированных транслокаций в лимфоцитах периферической крови после гамма-облучения крови здоровых доноров *in vitro* в дозах от 0,1 до 3,0 Гр. В среднем, за всё время наблюдения при анализе всех и только стабильных клеток, оценка поглощённых доз ионизирующего излучения показала величину  $2,16 \pm 0,04$  и  $2,34 \pm 0,04$  Гр. Эти значения статистически значимо различались, но с точки зрения биологического эффекта это отличие не имеет никакого значения. Поэтому дискуссия о том, какие клетки включать в анализ не имеющей практического значения.

**Заключение.** Ретроспективная цитогенетическая оценка в диапазоне больших доз требует коррекции в сторону её повышения, по-видимому, вследствие совместной элиминации стабильных и нестабильных аберраций хромосом при их нахождении в одних и тех же клетках.

## ОСОБЕННОСТИ РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМ КАРСТОВЫХ ПЕЩЕР

С.Е. Мазина<sup>1,2,3</sup>

<sup>1</sup> Госуниверситет по землеустройству, г. Москва

<sup>2</sup> ФГУП НТЦ РХБГ ФМБА России, г. Москва

<sup>3</sup> РУДН, г. Москва

В Российской Федерации и на сопредельных территориях функционируют подземные экосистемы разного происхождения. В данной работе рассмотрены подземные экосистемы карстовых пещер. Часть из них рекреационного использования, иногда

музеефикация пещер является единственным способом сохранения уникальных подземных экосистем. Эти пещеры посещают организованные и самодельные туристы, спелеологи, причем спелеоэкспедиции могут иметь высокую продолжительность, в результате люди проводят непосредственно под землей длительное время.

На этих территориях существуют музеефицированные карстовые пещеры Новоафонская в Абхазии, Скельская, Мраморная, Кизил-Коба и Эмине-Баир-Хосар в Крыму, Шульган-Таш в Башкортостане, Кунгурская в Пермском крае, Воронцовская и Ахштырская в Краснодарском крае.

В связи с возросшим туристическим потоком и интересом к истории России не только внутри России, но и со стороны зарубежных туристов, проводились предварительные исследования радиационного состояния подземных экосистем, которые показали, что пещеры могут являться местами повышенного радиационного гамма фона и содержания альфа-излучающих радионуклидов. Выявление геолого-географических особенностей пещер, оценка экологического состояния подземных экосистем, составление регистра потенциально опасных объектов по радиационному фактору является важной и актуальной задачей. Источниками таких проявлений могут быть несколько радиационных факторов, выявление источников и явлений в подземных экосистемах, опасных для здоровья человека, является важной и актуальной задачей, которую надо решать.

В карстовых пещерах по всему миру экологический мониторинг выявляет повышенные уровни радона и других продуктов распада, а в некоторых пещерах существует повышенный радиационный фон. Но, к сожалению, систематические измерения радиационного фона проводятся только в Пермском крае в пещере Кунгурская. В основных, часто посещаемых, популярных у спелеологов пещерах, анализ радиоэкологической обстановки не проводился. В нескольких оборудованных пещерах измерения радиационных параметров носили разовый характер.

Теоретически известняковые и гипсовые массивы, в которых в основном формируются карстовые полости, не должны иметь в своем составе пород с высокой естественной радиоактивностью. Однако в пещерах и в замкнутых тупиковых галереях, где скапливаются глины и глинистые отложения, имеющие повышенное содержание  $^{226}\text{Ra}$  и  $^{232}\text{Th}$ , продуктами их распада являются изотопы радона  $^{222}\text{Rn}$  и торона  $^{220}\text{Rn}$ , которые могут накапливаться в пещерах. Их выделение также возможно из подземных вод, которые чаще всего скапливаются в полостях пещер. Существует связь между геологической активностью и интенсивностью выделения радона. Длительное пребывание обслуживающего персонала, туристов и спелеологов в условиях повышенного радиационного фона должно контролироваться, так как может привести к возникновению существенных дозовых нагрузок и нанести существенный вред здоровью. В соответствии с требованиями норм и правил радиационной безопасности, в этом случае такие объекты необходимо контролировать с точки зрения радиационной безопасности.

Сложности дозиметрических исследований связаны с труднодоступностью объектов исследования и ограниченностью времени полевых наблюдений.

За последнее десятилетие нашей группой проведен большой объём работ, направленной на сбор данных, полученных в разных исследованиях, полученную в основном энтузиастами-исследователями. Удалось собрать и обобщить информацию о радиационной обстановке в подземных экосистемах на территории России и Абхазии. Анализ позволил систематизировать подземные экосистемы, рассмотрим в зависимости от типа эксплуатации: оборудованные и необорудованные экскурсионные пещеры, часто посещаемые популярные и легкодоступные пещеры, глубокие полости и крупные пещерные системы РФ и Абхазии.

Затем проводился анализ радиоэкологического состояния существующих подземных экосистем, который позволил выявить объекты с повышенным радиационным фоном. Далее удалось провести радиационное обследование в таких пещерах и оценить гамма фон, провести измерения объёмной активности изотопа радона  $^{222}\text{Rn}$  интегральным методом, оценить плотность потока  $^{222}\text{Rn}$  в основных популярных пещерах.

Постоянный мониторинг радиационного фона налажен в Кунгурской пещере, которая является экскурсионным объектом, функционирующим на постоянной основе. Периодические замеры радиационного гамма фона проводились в других экскурсионных пещерах (Шульган-Таш, Воронцовской и Ахштырской пещерах (Западный Кавказ), некоторых пещерах Крыма, а также в экскурсионных пещерах бывших союзных республик. Но это один из показателей контроля радиационной обстановки, который не в полной мере отражает полную дозовую нагрузку, которая является основным нормируемым показателем. Определение интегральных дозовых нагрузок проводились в Новоафонской пещере в инициативном порядке. Полученные результаты показали необходимость проведения хотя бы первичных диагностических исследований радиационного состояния пещер в различных карстовых массивах, чтобы составить понимание, что делать дальше.

**Заключение:** Оценка имеющихся данных говорит о том, в соответствии с требованиями норм и правил радиационной безопасности в таких объектах необходимо организовывать радиационный контроль и выявлять потенциально опасные пещеры. В таких пещерах необходимо проводить экологический мониторинг, контролировать те параметры экосистем, которые направлены на их сохранение с одной стороны, и на обеспечение безопасности посетителей, с другой. Эта деятельность должна быть направлена на природоохранную и образовательную деятельность в области познания пещер, как уникальных географических объектов. Эта деятельность будет способствовать повышению ответственного и безопасного использования пещер, сократит потенциальную опасность для здоровья исследователей. Эти исследования послужат основой для принятия соответствующих последующих управленческих решений для поддержания экосистем. Радиоэкологическая оценка карстовых пещер позволит позиционировать эти объекты, как объекты с особым радиоэкологическим статусом для принятия соответствующих последующих управленческих решений для их поддержания.

## ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ РАКОМ ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ ПРИ ПРОЖИВАНИИ В Г. ОЗЕРСКЕ В ПЕРИОД ГАЗО-АЭРОЗОЛЬНЫХ ВЫБРОСОВ $^{131}\text{I}$ ИЗ ТРУБ ПО «МАЯК» И ПОСЛЕ ИХ ПРЕКРАЩЕНИЯ

И.А. Мартиненко, М.Э. Сокольников, Н.А. Кошурикова

*ФГБУН ЮУрИБФ ФМБА России, г. Озерск*

Город Озерск расположен вблизи производственного объединения (ПО) «Маяк» – первого в России предприятия атомной промышленности, введенного в эксплуатацию в 1948 г. В период пуска и освоения производства (1948-1962 гг.) имели место неконтролируемые газо-аэрозольные выбросы в атмосферу, в составе которых основным дозообразующим радионуклидом был  $^{131}\text{I}$ . В процессе освоения технологического процесса получения оружейного плутония, объемы газо-аэрозольных выбросов значительно изменялись. В соответствии с динамикой выбросов  $^{131}\text{I}$  из труб радиохимических заводов, период деятельности ПО «Маяк» условно можно разделить на три этапа:

- 1) 1948-1952 гг. – период, когда непрерывно происходили газо-аэрозольные выбросы в атмосферу происходили в больших объемах, при этом наиболее вероятный объем выбросов именно  $^{131}\text{I}$  был в два раза выше, чем в 1953-1962 гг.;
- 2) 1953-1962 гг. – период, когда выбросы продолжались, но произошло двукратное снижение их объемов по сравнению с 1948-1952 гг.;
- 3) 1963 г. и позднее – период, когда на предприятии был организован мониторинг выбросов и введена в эксплуатацию эффективная система газоочистки, которая позволила прекратить выбросы  $^{131}\text{I}$  в атмосферу.

Можно предположить, что дозовая нагрузка на лиц, проживавших в детском возрасте вблизи ПО «Маяк», которые подвергались радиационному воздействию за счет выбросов  $^{131}\text{I}$ , изменялась в соответствии с динамикой объемов выбросов. Полученная доза должна зависеть от достигнутого возраста, года начала воздействия и длительности периода проживания в г. Озерске. Следовательно, лица, начавшие проживать в городе в одном возрасте, календарном году и одинаковое количество лет, потенциально могли получить близкую по величине дозу облучения инкорпорированным  $^{131}\text{I}$ . Тогда влияние радиационного фактора будет выявлено при анализе заболеваемости раком щитовидной железы (РЩЖ).

**Целью** настоящего исследования было выявление зависимости эффекта от групповой дозы облучения щитовидной железы, связанной с объемом поступления в атмосферу  $^{131}\text{I}$  в составе выбросов, за счет оценки заболеваемости РЩЖ среди лиц, проживавших в детском возрасте в г. Озерске в период с 1948 до 2011.

В работе были сделаны сопоставления с динамикой выбросов  $^{131}\text{I}$  по годам предполагаемого облучения, разделив их на 3 периода: 1948-1952, 1953-1962 и после 1963

года. Эпидемиологическое исследование проведено на основе «Детского Регистра г. Озерска», которое представляет собой базу данных, в которой содержатся сведения о лицах, родившихся в г. Озерске или приехавших в возрасте до 15 лет в период 1948-2011 года. Общая численность выделенной когорты составила 92624 человека. Данные о случаях заболевания РЩЖ получены из канцер-регистра, в котором содержится информация обо всех диагнозах онкологических заболеваний, установленных во время проживания индивидуума в г. Озерске. В анализ включены 86 впервые выявленные и гистологически верифицированные РЩЖ, которым не предшествовали другие диагностированные у индивидуума злокачественные новообразования.

Анализ заболеваемости РЩЖ выполнен когортным методом. Расчет стандартизованных показателей заболеваемости РЩЖ проведен методом косвенной стандартизации с использованием данных о заболеваемости в национальной статистике. Для оценки статистической значимости полученных различий рассчитывались границы 95%-ного доверительного интервала. В связи с тем, что треть членов субкогорты 1948-1962 годы с начала проживания в г. Озерске была активно обследована на наличие тиреопатологии во время скринингового исследования в 2004-2009 другими исследователями, то с целью исключения эффекта скрининга, обследование было выполнено в годы проведения обследования и вне этого периода. Это было сделано с учетом различий показателей заболеваемости. Статистический анализ полученных данных проведен с использованием модели Пуассоновской регрессии, реализованной в модуле AMFIT программного пакета Epiure.

В результате показано, что при сравнении с общероссийскими данными величина СОЗ у женщин статистически значимо превышала стандарт и снижалась с сокращением объемов выбросов <sup>131</sup>I. Так, наибольшее превышение фактической заболеваемости над ожидаемой в национальной статистике показано в субкогорте 1948-1952, в начальный период проживания в г. Озерске, когда имели место наибольшие объемы выбросов <sup>131</sup>I: 1,92 (ДИ 95%: 1,23-2,84). В период значительного снижения выбросов в 1953-1962 гг. показатель СОЗ снизился и составил 1,59 (ДИ 95%: 1,04-2,29). Среди лиц, начавших проживать в детском возрасте в г. Озерске в период после введения эффективной системы газоочистки, СОЗ было наименьшим (1,45; ДИ 95%: 0,92-2,14). Включение эффекта скрининга в модель не привело к значительным изменениям в тенденции к снижению СОЗ. Полученные оценки СОЗ у мужчин не обнаружили какой-либо зависимости вследствие малого числа случаев РЩЖ.

**Выводы.** Выявленные изменения стандартизованного отношения заболеваемости РЩЖ сопоставимы с динамикой газо-аэрозольных выбросов <sup>131</sup>I, что свидетельствуют о наличии дозовой зависимости исследуемого эффекта от групповой дозы облучения щитовидной железы, связанной с объемом поступления в атмосферу радиоактивного йода в составе выбросов.

## РАДИАЦИОННО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ В РАЙОНАХ РАСПОЛОЖЕНИЯ АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

А.В. Панов<sup>1,2</sup>, В.К. Кузнецов<sup>2</sup>, П.Н. Цыгвинцев<sup>2</sup>,  
Н.Н. Исамов<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ИАТЭ НИЯУ МИФИ, г. Обнинск

<sup>2</sup> ВНИИРАЭ, г. Обнинск

Ключевая проблема развития ядерной энергетики – обеспечение радиационной безопасности человека. Атомные электростанции в ядерном топливном цикле представляют наибольший риск с точки зрения облучения населения в случае возникновения на них аварийных ситуаций. Опыт ликвидации крупнейших радиационных аварий (на Чернобыльской АЭС и АЭС Фукусима) показал длительный (десятки лет) характер радиоэкологических последствий для окружающей среды, включая агросферу.

Многолетняя эксплуатация атомных электростанций в технологически штатном режиме не выявила их отрицательного воздействия на человека и биоту. В то же время, даже в условиях нормальной работы, АЭС осуществляет в строго регламентированных количествах выбросы газоаэрозолей и сбросы технологических вод, содержащих радионуклиды. Поэтому в международных документах по радиационной безопасности подчеркивается необходимость доказательства отсутствия негативных эффектов при эксплуатации атомных электростанций на человека и биоту. Такое обоснование возможно только при организации и ведении радиационно-экологического мониторинга в районах размещения АЭС на основе результатов многолетних наблюдений за выбросами и сбросами радионуклидов в атмосферу, водные и наземные экосистемы.

Для оценки динамики поступления в окружающую среду техногенных радионуклидов от АЭС часто используют наземные (природные и аграрные) экосистемы, а объектом исследования служит почвенно-растительный покров. Почва несет основную техногенную нагрузку и позволяет дать интегральную оценку загрязнения радионуклидами территории в зоне влияния АЭС. Растения, вследствие их аккумулирующей способности, служат индикатором радиоактивного загрязнения наземных экосистем. При этом сельскохозяйственные культуры представляют собой первичное звено в пищевой цепи человека, что важно для оценки формирования доз облучения населения от техногенных радионуклидов.

Большое количество российских АЭС расположены в зонах интенсивного ведения сельскохозяйственного производства. Например, в районах Курской и Ростовской АЭС сельскохозяйственные угодья занимают до 90% сухопутной части 30-км зоны влияния

атомных станций. Аграрная продукция вблизи АЭС – основной источник поступления радионуклидов в рационы питания населения, проживающего в районах расположения. Поэтому радиационный контроль сельскохозяйственной продукции местного производства – одно из обязательных условий корректной оценки последствий воздействия атомных электростанций на человека.

**Цель исследований:** анализ данных многолетнего радиационно-экологического мониторинга наземных (аграрных) экосистем в районах размещения российских атомных электростанций.

Исследование проводили в зонах влияния Белоярской, Курской, Ленинградской и Ростовской атомных электростанций. Аграрный сектор вблизи исследуемых атомных электростанций многоотраслевой и включает в себя ведение как земледелия, так и животноводства. Радиологический мониторинг аграрных экосистем проводили в радиусе 30-км от радиационно-опасных объектов. В зоне влияния Белоярской АЭС он был организован в 2013-2019 гг. до и после ввода в эксплуатацию наиболее мощного в мире реактора на быстрых нейтронах БН-800. В районе расположения Курской АЭС мониторинг осуществляли в 2003-2019 гг. для оценки долговременного влияния эксплуатации реакторов РБМК на агроэкосистемы. Для региона Ленинградской АЭС проанализирован более длительный период наблюдений (1980-2014 гг.), что позволило дать оценку влияния Чернобыльских выпадений на радиологическую обстановку в сельском хозяйстве. В зоне влияния Ростовской АЭС мониторинг агроэкосистем проводили в период работы всех четырех энергоблоков ВВЭР с 2001 по 2018 гг. Для каждой атомной электростанции в соответствии с действующими требованиями и международными рекомендациями была разработана детализированная программа радиационно-экологического мониторинга агроэкосистем и регламент проведения исследований.

Все участки сети радиологического мониторинга выбирали с учетом «розы» ветров на разном расстоянии и направлениях от АЭС так, чтобы на доминирующих типах почв осуществлялось возделывание основных сельскохозяйственных культур и производство преобладающих в рационе питания населения пищевых продуктов растениеводства и животноводства. При этом учитывали однородность рельефа и почвенно-растительного покрова. Количество точек наблюдения, их размещение и число отбираемых проб было достаточным для пространственной характеристики уровней содержания радионуклидов в почве и сельскохозяйственной продукции. В комплексе это обеспечило методическую основу оценки максимально возможного воздействия атомных электростанций на аграрные экосистемы.

В районах размещения обследованных АЭС отсутствуют участки сельскохозяйственных угодий, отнесенные к радиоактивно загрязненным (более 37 кБк/м<sup>2</sup> по <sup>137</sup>Cs). Средняя плотность загрязнения почв агроэкосистем <sup>137</sup>Cs варьирует в диапазоне 2...17 кБк/м<sup>2</sup>, <sup>90</sup>Sr – в пределах 0,9...1,6 кБк/м<sup>2</sup>. Более высокие уровни содержания <sup>137</sup>Cs в почве отмечены в районе Ленинградской АЭС и определяются Чернобыльскими выпадениями. Поверхностная активность <sup>137</sup>Cs и <sup>90</sup>Sr в почвах лугопастбищных угодий в 1,1...1,6 раз выше, чем пашни, что обусловлено агротехническими мероприятиями на последних. В продукции растениеводства из 30-км зон влияния АЭС максимальные уровни удельной активности <sup>137</sup>Cs ниже действующих радиологических нормативов в 67...160 раз, <sup>90</sup>Sr – в 10...40 раз. В продукции животноводства максимальное содержание <sup>137</sup>Cs ниже санитарно-гигиенических стандартов в 330...440 раз, <sup>90</sup>Sr – в 60 раз. Отмечена важность мониторинга радиологически значимых <sup>3</sup>H и <sup>14</sup>C в пищевых продуктах в районах АЭС [1].

**Список использованных источников:**

1. Панов А.В., Кузнецов В.К., Цыгвинцев П.Н., Исамов Н.Н. Радиационная безопасность агросферы в районах расположения атомных электростанций // Российская сельскохозяйственная наука. 2022. № 1. С. 47-52.

**РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ В РАЙОНЕ  
РАСПОЛОЖЕНИЯ АКЦИОНЕРНОГО ОБЩЕСТВА  
«30 СУДОРЕМОНТНЫЙ ЗАВОД»**

А.В. Петушок, Д.В. Арефьева, Ю.В. Джикия

*ФГБУН НИИ ПММ ФМБА России, г. Санкт-Петербург*

**Введение:** Акционерное общество «30 судоремонтный завод» (далее – АО «30 СРЗ»), расположенное в г. Фокино Приморского края, в ходе своей производственной деятельности осуществляет проведение комплексного ремонта и утилизации судов всех типов (включая суда с ядерными энергетическими установками), в том числе: доковый ремонт, корпусные и сварочные, водолазные и подводно-технические работы, ремонт механической части и агрегатов, судовых механизмов и оборудования, стендовые, ходовые и швартовые испытания и др. За счет радиоактивных выбросов, образующихся в ходе выполнения указанных работ, деятельность предприятия представляет потенциальную радиационную опасность, реализация которой может привести к негативному воздействию на окружающую среду и население, проживающее в районе его



расположения. В связи с этим радиационный контроль компонентов окружающей среды является важнейшей составляющей системы обеспечения радиационной безопасности на предприятии.

**Цель работы:** Исследование радиационной обстановки в районе расположения АО «30 СРЗ» и оценка возможного радиационного воздействия на население и окружающую среду, обусловленного деятельностью предприятия.

**Материал и методы исследования:**

Радиационно-гигиеническое и радиоэкологическое обследование проведено в 2020 году в санитарно-защитной зоне АО «30 СРЗ», которая ограничена территорией предприятия, на граничащей территории (от границ предприятия до реки Дунай), а также на фоновой территории (территории сравнения). В период до 2020 года на АО «30 СРЗ» проводились работы по утилизации большого атомного разведывательного корабля «Урал».

При выборе фоновой территории учитывали вероятность ее загрязнения в результате текущей и предыдущей деятельности рассматриваемого радиационного опасного предприятия и других радиационно опасных предприятий, а также физико-географических особенностей ее расположения, с учетом розы ветров [1].

По результатам проведенного анализа для АО «30 СРЗ» в качестве территории сравнения был выбран поселок Домашлино, расположенный в 20 км на северо-восток от предприятия, в связи с преобладанием в данной местности южных и юго-восточных ветров, а также отсутствием вблизи него радиационно опасных объектов [1].

На всех территориях проводили измерения мощности амбиентного эквивалента дозы (далее – МАЭД) гамма-излучения пешеходным методом с помощью дозиметра ДКС АТ-1123. На каждой территории проводили исследования компонентов окружающей среды: атмосферного воздуха, почвы (грунта), растительного покрова, водных объектов (вода открытых водоемов, грунтовая вода).

Пробы компонентов окружающей среды исследовали с применением спектрометра-радиометра МКГБ-01 «Радэк» (минимально измеряемая активность составляет для  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  1 Бк/кг) на содержание техногенных радионуклидов ( $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  и др.) и радиометра УМФ-2000 (минимально измеряемая активность за время измерения 1000 с составляет 0,1 Бк). Измерения проводили в равноточных условиях с соблюдением требований, установленных в эксплуатационной документации применяемых технических средств контроля.

**Результаты и обсуждение.** Основными источниками радиационной опасности на предприятии являются работы по ремонту и утилизации атомных объектов морской техники, основными дозообразующими радионуклидами являются  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$ .

Значения МАЭД в санитарно-защитной зоне и на границах с ней территории находились в диапазоне от 0,06 до 0,11 мкЗв/ч при значениях на фоновой территории от 0,05 до 0,07 мкЗв/ч.

По результатам измерений установлено, что на исследуемых территориях удельные активности техногенных радионуклидов в пробах воды (питьевая, поверхностные водоемы, дренажные скважины) значительно ниже уровней вмешательства, установленных в НРБ-99/2009 [2]. В пробах растительности и почвы содержание техногенных радионуклидов соответствует фоновым значениям, характерным для региона. Значения суммарной объемной активности аэрозолей в приземном слое атмосферного воздуха значительно ниже установленных нормативов. Установлено, что радиационная обстановка на исследуемых территориях в основном формируется источниками ионизирующего излучения природного происхождения. Зарегистрированные значения параметров радиационной обстановки в санитарно-защитной зоне статистически значимо не отличаются от средних значений на территории ( $P \geq 0,95$ ).

#### **Выводы:**

Исследование показало, что мощность амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения соответствует естественному радиационному фону, повышенного содержания техногенных радионуклидов в компонентах природной среды в санитарно-защитной зоне АО «30 СРЗ» и на границах с ней территории не зафиксировано. Следовательно, деятельность предприятия не привела к ухудшению радиационной обстановки в районе его расположения. Радиационный контроль и мониторинг территории окружающей среды и населения, проживающего на прилегающей территории, необходимо проводить в период выполнения на предприятии работ по ремонту и утилизации атомных объектов морской техники, что является целью дальнейших исследований.

#### **Список использованных источников:**

1. МР 2.6.1.27-2003 «Методические рекомендации. Зона наблюдения радиационного объекта. Организация и проведение радиационного контроля окружающей среды», утверждены Главным государственным санитарным врачом по объектам и территориям, обслуживаемым Федеральным управлением «Медбиоэкстрем» В.В. Романовым 28.04.2003.

2. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 07.07.2009 № 47 «Об утверждении СанПиН 2.6.1.2523-09» (вместе с «НРБ-99/2009. СанПиН 2.6.1.2523-09. Нормы радиационной безопасности. Санитарные правила и нормативы») // «Российская газета» (специальный выпуск), № 171/1, 11.09.2009.

## **ОЦЕНКА КОЭФФИЦИЕНТОВ НАКОПЛЕНИЯ И КОЭФФИЦИЕНТОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ ДЛЯ БИОТЫ И ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ КАРСКОГО МОРЯ**

Н.А. Росновская, И.И. Крышев, А.И. Крышев,  
М.Н. Каткова

*ФГБУ НПО «Тайфун», г. Обнинск*

В районе Карского моря находится достаточное большое количество радиационно опасных объектов, сбросы которых попадают в морскую акваторию, соответственно компоненты его природной среды нуждаются в мониторинге.

Сотрудниками ФГБУ НПО «Тайфун» проведены исследования морской биоты и донных отложений. Основная направленность работы заключалась в анализе огромного объема накопленных данных разными исследователями за много лет, с 1992 по 2012 гг. Все данные мониторинговых исследований, найденные в этом интервале из разных литературных источников, были собраны воедино, собран общий массив данных о содержании радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{239,240}\text{Pu}$  и  $^{241}\text{Am}$  в компонентах природной среды.

Далее данные систематизировали, провели их анализ и оценку.

Для корректной интерпретации полученных данных необходимо сравнивать их с критериями радиационной обстановки. В связи с тем, что нормирования содержания радионуклидов в нормах радиационной безопасности НРБ-99/2009 для биоты и донных отложений не существует, было необходимо понять, что использовать в качестве критерия сравнения. В качестве таких критериев в таком случае НРБ-99/2009 рекомендует разрабатывать контрольные уровни, в основу разработки которых берут среднегодовые значения показателей за определенный период времени, которые достаточно полно отражают тенденцию. Далее все получаемые данные и результаты измерений сопоставляются.

Результаты исследований показали, что на сегодняшний день удельная активность биоты и донных отложений Карского моря не превышает контрольных уровней для всех параметров контроля. Эти объекты контроля находятся в состоянии, которое можно охарактеризовать, как соответствующее требованиям радиационной безопасности.

В этом случае важно также произвести расчет коэффициентов накопления и коэффициентов распределения радионуклидов для морской биоты.

В качестве референтных организмов в основном выбраны следующие объекты: рыба (сайка), двусторчатый моллюск (мидия), водное растение (ламинария), морское млекопитающее (кольчатая нерпа). Полученные результаты по оценке коэффициентов накопления и коэффициентов распределения сравнивали со средними мировыми данными, которые по инициативе МАГАТЭ собирали исследователи [1], которые представлены в рекомендациях [2].

Полученные коэффициенты накопления для объектов контроля морской среды Карского моря составили:

- для рыбы, л/кг – по  $^{137}\text{Cs}$  – 240,  $^{239,240}\text{Pu}$  – 450,  $^{90}\text{Sr}$  – 11,  $^{241}\text{Am}$  – 6400;
- для моллюсков, л/кг  $^{137}\text{Cs}$  – 130,  $^{239,240}\text{Pu}$  – 1700,  $^{90}\text{Sr}$  – 20,  $^{241}\text{Am}$  – 7300,  $^{239,240}\text{Pu}$  – 6700,  $^{90}\text{Sr}$  – 76 л/кг,  $^{241}\text{Am}$  – 29000 л/кг;
- для морских млекопитающих по  $^{137}\text{Cs}$  – 58 л/кг,  $^{239,240}\text{Pu}$  – 200 л/кг,  $^{90}\text{Sr}$  – 20 л/кг.

Большая часть полученных коэффициентов накопления выше усредненных мировых значений.

Коэффициенты распределения между водой и донными отложениями по результатам мониторинга составили:

- по  $^{137}\text{Cs}$  – 1600 л/кг,  $^{239,240}\text{Pu}$  – 53000 л/кг,
- $^{90}\text{Sr}$  – 1000 л/кг,
- $^{241}\text{Am}$  – 34000 л/кг.

Коэффициент распределения  $^{90}\text{Sr}$  хорошо коррелирует со среднемировым значением. Коэффициенты распределения по остальным радионуклидам ниже значений из рекомендаций [2].

Рассчитанные коэффициенты накопления и коэффициенты распределения  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{239,240}\text{Pu}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{241}\text{Am}$  будут использоваться для корректировки расчета контрольных уровней содержания радионуклидов в воде и донных отложениях, для обеспечения требований радиационной безопасности морской биоты.

#### **Список использованных источников:**

1. Sediment Distribution Coefficients and Concentration Factors for Biota in the Marine Environment. IAEA Technical Reports Series No. 422. IAEA, Vienna, 2004.
2. Оценка радиационно-экологического воздействия на объекты природной среды по данным мониторинга радиационной обстановки. Рекомендации. Р 52.18.820-2015. Обнинск, ФГБУ «НПО «Тайфун», 2015. 60 с.

## СПОСОБ ВЫЯВЛЕНИЯ ТОКСИЧЕСКОГО И ГЕНОТОКСИЧЕСКОГО ЭФФЕКТОВ ПРОТИВОГОЛОЛЕДНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕСТ-СИСТЕМЫ *ALLIUM CERA*

А.В. Сбитнев<sup>1</sup>, Л.П. Сычева<sup>2</sup>, М.А. Водянова<sup>1</sup>,  
Л.В. Ахальцева<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ФГБУ «ЦСП» ФМБА России, г. Москва

<sup>2</sup> ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, г. Москва

Одним из приоритетных направлений гигиены окружающей среды является исследование биологической опасности химических веществ, связанной с их способностью вызывать повреждение генетического аппарата клеток при контакте с живыми организмами. Данная область исследований приобретает все большую актуальность в связи с внедрением в практику продукции, имеющей в своем составе широкий спектр химических соединений, отдельные из которых могут обладать генотоксическими свойствами. В этом отношении одним из сложных объектов являются противогололедные материалы (далее – ПГМ). Известно, что современные образцы ПГМ состоят из набора химических соединений, относящихся к различным классам как органических, так и неорганических веществ: хлориды, нитраты, ацетаты и др. (ОДМ от 16.06.2003 г. № ОС-548-р). В отношении степени изученности токсичности ПГМ незатронутой остается область исследований, касающаяся оценки их генотоксических свойств.

**Цель исследования:** апробация способа оценки токсического и генотоксического эффектов ПГМ на растительной тест-системе *Allium cerea*. Экспериментальные исследования включали 3 этапа: химический анализ ПГМ, визуальная оценка торможения роста корней луковец *Allium cerea* и микроскопический анализ апикальной корневой меристемы.

Изучали твердый ПГМ, имеющий в своем составе хлористый натрий ( $\text{NaCl}_2$ , 91%) и хлористый кальций ( $\text{CaCl}_2$ , 9%). ПГМ тестировали в виде водного раствора, полученного путем растворения твердого образца ПГМ в дистиллированной воде для приготовления концентраций в диапазоне от 0,5 до 20 г/л: 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5; 5; 10 и 20 г/л.

Элементный анализ ПГМ проводился методом спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ГОСТ Р 56219-2014 (ИСО 17294-2:2003)). Визуальный тест заключался в проращивании луковец *Allium cerea* на водных растворах ПГМ в течение 72 часов в термостатических условиях ( $t=25,0\pm 1,0^\circ\text{C}$ ) в количестве 10 шт. на каждую тестируемую концентрацию ПГМ и измерении длины корней. Для оценки генотоксичности ПГМ использовали микроядерный тест на корневых меристемах *Allium cerea*, которые готовили путем срезания корешков (0,5 см) у каждой луковцы и

последующей фиксации в растворе Карнуа (смесь этанола (96%) и ледяной уксусной кислоты в соотношении 3:1) в течение 2 ч. Далее биоматериал промывали в 96% и в 70% растворах этанола. Анализировали по 1000 интерфазных клеток на каждую луковицу. С помощью элементного анализа определяли массовую долю элемента в твердом образце (в % по массе), с помощью биологических тестов – среднюю длину корней для тестируемой группы луковиц (ДК, мм); фитотоксический эффект, отражающий степень изменения ДК в тестируемой группе по сравнению с контрольной, выраженную в %; митотический индекс, отражающий число делящихся клеток на 1000 проанализированных (МИ %); цитотоксический эффект, отражающий степень изменения МИ в тестируемой группе по сравнению с контрольной, выраженную в %; частоту встречаемости клеток с микроядрами, ядерными протрузиями и двуядерными клетками на 1000 проанализированных клеток. Статистическую обработку данных проводили в программах Statistica 10, Microsoft Excel 2010 с применением описательной статистики, оценкой нормальности распределения данных и использованием параметрического критерия Стьюдента и непараметрического хи-квадрата Пирсона для выявления статистически значимых изменений между группами.

Элементный анализ показал, что в составе ПГМ содержится Si (0,005%), Al (0,003%), Zn (0,002%), на долю таких элементов как As, Cd, Pb, Cr, Ni, Co, Cu приходилось менее 0,0001%.

Согласно данным визуального теста установлено статистически значимое отличие ДК в опытных группах: 5 г/л (ДК=19,4±2,0 мм,  $p=0,01$ ), 10 г/л (ДК=10,6±3,4 мм,  $p=0,001$ ) и 20 г/л (ДК=0 мм) от контроля (ДК=28,5±2,3 мм), что характеризовалось увеличением фитотоксического эффекта от 30% при 5 г/л до 100 % при 20 г/л, соответственно.

Анализ корневых меристем выявил статистически значимое ( $p<0,05$ ) увеличение числа двуядерных клеток от 0,71 до 2,75% по сравнению с контрольной группой (0,15%) для тестируемых концентраций от 0,5 до 10 г/л. Достоверного увеличения частоты клеток с микроядрами и протрузиями не обнаружено. Проявление цитотоксического действия ПГМ заметно отражалось на снижении митозов для концентраций 2,5 г/л (МИ=60,1±3,4%  $p<0,01$ ), 5 г/л (57,4±5,1%  $p<0,01$ ), 10 г/л (МИ=45,6±3,9%  $p<0,01$ ) и 20 г/л (МИ=4,3±0,7%  $p<0,01$  относительно контроля (МИ=87,9±8,3%)).

Полученные данные свидетельствуют о том, что ПГМ не обладает генотоксичностью, а его биологическая опасность связана с фито- и цитотоксическим действием водного раствора ПГМ в диапазоне концентраций от 0,5 до 20 г/л, которое проявляется в виде сдерживания митоза в апикальной меристеме корней *Allium* сера.

Таким образом, в данной работе апробирован способ, включающий элементный анализ, визуальный тест на фитотоксичность, а также цитогенетические тесты на корневых меристемах *Allium* сера. Данный подход может использоваться как для оценки токсических свойств ПГМ, так и для выявления различной направленности биологического действия ПГМ в виде токсического и генотоксического эффектов.

Установлено, что микроядерный тест наиболее показателен при тестировании концентраций, обладающих минимальным токсическим эффектом (<50% относительно контроля), определенными в визуальном тесте по ДК и фитотоксическому эффекту по торможению роста корней *Allium cepa*.

Вместе с тем, целесообразно использование микроядерного теста в качестве отдельного скрининг-теста на генотоксичность ПГМ на основании данных элементного анализа, в случае определения в их составе потенциально опасных генотоксических соединений. В настоящее время разрабатывается алгоритм комплексной оценки токсичности ПГМ с использованием микроядерного теста на корневых меристемах *Allium cepa*.

## **АНАЛИЗ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПЕРСОНАЛА ПРОТОННОГО ЦЕНТРА ФГБУ ФНКЦРиО ФМБА РОССИИ**

Г.Н. Семочкина, Ю.Д. Удалов, Н.Е. Тихомиров,  
Т.В. Шарапова, А.В. Незвецкий

*ФГБУ ФНКЦРиО ФМБА России, г. Дмитровград*

По данным ВОЗ ежегодно в мире выполняется более 7,5 миллионов радиотерапевтических процедур. За последние годы выросла лучевая нагрузка на персонал, выполняющий процедуры при подготовке и проведении лучевой протонной терапии [1]. В связи с этим становится актуальной реализация принципа оптимизации по снижению лучевой нагрузки на персонал.

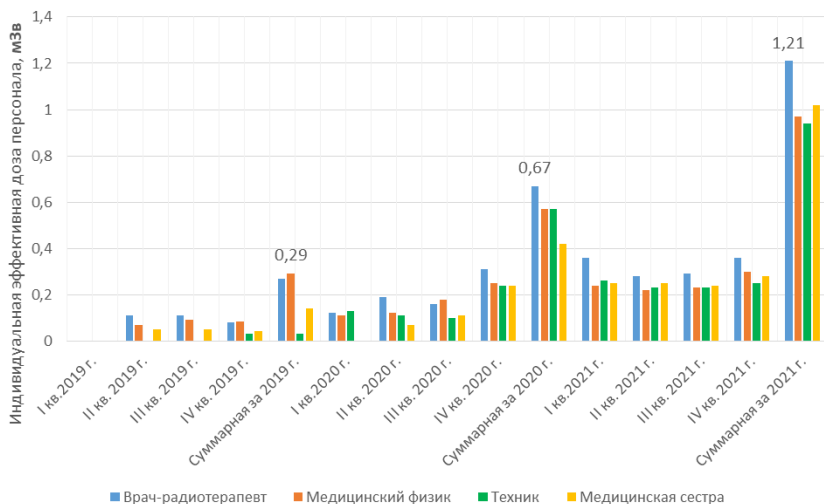
**Целью** данной работы была оценка безопасности деятельности с использованием источников ионизирующего излучения путем анализа индивидуальных эффективных доз облучения, а также рисков возникновения стохастических эффектов при облучении средней индивидуальной дозой для персонала группы А Протонного центра ФГБУ ФНКЦРиО ФМБА России.

Основной целью ФГБУ ФНКЦРиО ФМБА России является оказание населению полного объема всех видов медицинской помощи, в том числе высокотехнологичной радиологической и онкологической, с использованием последних достижений науки, техники и медицинской практики [2, 3].

«Сердцем» радиотехнологий ФГБУ ФНКЦРиО ФМБА России является комплекс протонной терапии для лечения злокачественных новообразований. Техническая оснащенность циклотрона системы протонной терапии ProteusPlus235 с синхронизацией

экспозиции пучка позволяет осуществлять облучение пациента с опухолью большого объема при минимизации воздействия на прилегающие здоровые ткани и органы [4-7].

Учитывая уникальность Протонного центра, важно соблюдать требования радиационной безопасности и повышать «культуру безопасности» персонала. Одним из основных принципов радиационной безопасности при нормальной эксплуатации источников излучения является принцип оптимизации. В целях оценки состояния радиационной безопасности в Протонном центре, а также оптимизации дозовых нагрузок на персонал проведен анализ индивидуальных эффективных доз облучения персонала за период с 2019 по 2021 гг. На рисунке 1 представлены значения максимальных индивидуальных эффективных доз, полученных персоналом.



**Рисунок 1** – Максимальные индивидуальные эффективные дозы персонала Протонного центра

В среднем значения индивидуальных эффективных доз персонала возросли в 4 раза, это связано с выходом на проектную мощность Протонного центра и, как следствие, увеличением количества рентгенорадиологических процедур при подготовке и проведении лучевой протонной терапии. Полученные персоналом индивидуальные эффективные дозы облучения не превышают установленных контрольных уровней.

Риск возникновения стохастических эффектов при облучении средней индивидуальной дозой для персонала группы А Протонного центра за 2019 год составляет  $0,62 \times 10^{-5}$  случаев/год; за 2020 год –  $2,02 \times 10^{-5}$  случаев/год; за 2021 год –  $4,09 \times 10^{-5}$



случаев/год. Индивидуальный риск возникновения стохастических эффектов у персонала Протонного центра не превышает индивидуальный пожизненный риск  $1,0 \times 10^{-3}$  в соответствии с п. 2.3 НРБ-99/2009.

В целях реализации принципа оптимизации по снижению лучевой нагрузки предлагается увеличение количества персонала, и организация ротации по выполняемым функциям с целью уменьшения времени работы непосредственно с источниками ионизирующего излучения.

**Список использованных источников:**

1. Рыжов, С. А. Специализированное программное обеспечение для учета доз облучения пациентов / С.А. Рыжов // Материалы XI Российской научной конференции «Радиационная защита и радиационная безопасность в ядерных технологиях». – Москва, 2021. – С. 45-62.

2. <https://fnkcrio.com/>

3. Особенности радиационной безопасности в ФГБУ ФНКЦРиО ФМБА России / Удалов Ю.Д., Тихомиров Н.Е. Шарапова Т.В., Касымова О.А. // Медицинская радиология и радиационная безопасность. – 2022. – Т. 67, № 4. – С. 33-38. DOI: 10.33266/1024-6177-2022-67-4-33-38.

4. Физика планирования протонной лучевой терапии / В.А. Климанов, А.С. Самойлов, Ю.Д. Удалов и др. // Медицинская радиология и радиационная безопасность. – 2019. – Т. 64, № 2. – С. 23-32. – DOI: 10.12737/article\_5ca5e2677a1a06.60363700.

5. Современное лечение мелкоклеточного рака лёгкого с внутримозговыми метастазами и метастатическим поражением печени, лимфатических узлов средостения, костей скелета. Клиническое наблюдение / Ю.Д. Удалов, А.С. Самойлов, Л.А. Данилова и др. // Медицинская радиология и радиационная безопасность. – 2021. – Т. 66, № 3. – С. 82-87. – DOI 10.12737/1024-6177-2021-66-3-82-87.

6. Циклотрон С235-V3 для центра протонной терапии госпитального комплекса медицинской радиологии в Димитровграде / Р.В. Галкин, С.В. Гурский, Y. Jongen и др. // Журнал технической физики. – 2014. – Т. 84, № 6. <https://journals.ioffe.ru/articles/viewPDF/27266>.

7. Организация работы отделения протонной лучевой терапии в условиях COVID-19 / Ю.Д. Удалов, Л.А. Данилова, А.В. Незвецкий и др // Nexus Medicus: Актуальные проблемы современной медицины: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Ульяновск, 06-07 октября 2021 года / Ульяновский государственный университет; отв. ред. д.м.н., проф. Л. А. Белова; сост. к.б.н., доц. Т.А. Индирякова. – Ульяновск: Ульяновский государственный университет, 2021. – С. 385-387.

## ОЦЕНКА ИНТЕГРАЛЬНЫХ ДОЗ ОБЛУЧЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ В РАЙОНЕ РАЗМЕЩЕНИЯ РАДИАЦИОННО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ

Д.А. Соловьёва<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> РУДН, г. Москва

<sup>2</sup> ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, г. Москва

Основным критерием оценки выполнения требований радиационной безопасности при эксплуатации РОО является среднегодовая эффективная доза облучения (СГЭД), которая складывается из дозы внешнего и дозы внутреннего облучения. Оценка СГЭД облучения основывается на результатах радиационного контроля персонала и радиационного мониторинга доз облучения населения, проживающего в районе расположения РОО, которое проводится в соответствии с требованиями основных регулирующих документов атомной отрасли. В зависимости от целей исследования используют разные методы оценки СГЭД внешнего облучения: мгновенно-разовый на основании результатов измерения МАЭД ГИ и интегральный, в частности термолюминесцентный. В данной работе мы проводим сравнительный анализ разных методов оценки СГЭД внешнего облучения.

В работе измерение МАЭД ГИ на территории проводили в соответствии с [1] методом непрерывной пешеходной гамма-съемки с применением портативных спектрометрических установок МКС-01А «Мультирад-М» и МКС-АТ6101С. Расчет СГЭД внешнего облучения для населения и персонала проводили на основании документа [2]. Для измерения интегральной дозы внешнего облучения использовали ТЛД-дозиметры с детекторами на основе LiF типа ДТГ-4. Дозиметры устанавливали на один год.

Анализ и интерпретация данных выполнялась с применением методов математической статистики. Статистическую обработку данных проводили с помощью программного обеспечения STATISTICA 10, определили параметры распределения значений МАЭД ГИ и интегральных годовых доз внешнего облучения на территории промплощадки и на открытой местности в зоне наблюдения (ЗН) и на фоновой территории. Выявили медианное распределение значений на территории РОО и нормальное распределение в ЗН и на фоновой территории, результаты статистической обработки приведены в таблице 1.

**Таблица 1 – Сравнение потенциальной СГЭД внешнего облучения, полученной разными методами**

Территория	СГЭД, мЗв/год			
	Д*	ДИ при P=0,95	Интегральная	ДИ при P=0,95
Территория промплощадки				
СЗЗ	0,74	0,49-1,04	1,3	0,51-2,3
На промплощадке	1,66	0,98-2,5	1,4	0,64-3,3
Вблизи ПВХ ТРО	4,7	3,1-6,8		
ПВХ ТРО**	28	8-117	14	5,8-23,0
Емкости ЖРО	1,04	0,67-1,72	2,2	0,55-5,5
Зона наблюдения				
Жилая зона	0,43	0,31-0,55	0,89	0,75-1,00
ЗН	0,55	0,43-0,74	0,94	0,82-1,04
Фоновый район				
Фоновый район	0,61	0,37-0,74	0,73	0,53-1,27

Д\* - Потенциальная годовая эффективная доза внешнего облучения, рассчитанная по МАЭД ГИ, измеренная мгновенно-разовым методом;

\*\* - измерение проводилось на поверхности хранилища

Метод ТЛД имеет ряд преимуществ перед мгновенно-разовым: ТЛД-дозиметры устанавливаются на 1 год, и они не требуют обслуживания весь период экспозиции, только измерение после окончания срока экспозиции, которое не является трудозатратным, может выполнить 1 человек; расходы на обслуживание этого метода определяются только стоимостью необходимого оборудования для измерения.

Для проведения радиационного контроля мгновенно-разовым методом по программе необходимо проводить обследование территории во все сезоны и несколько раз по графику, и это затратное мероприятие, требуется время и персонал. Полученные данные являются основой для обоснования пунктов контроля интегральным методом, позволяют расположить дозиметры таким образом, чтобы достаточно полно контролировать дозовые нагрузки в этих точках. Территории с повышенными значениями МАЭД ГИ необходимо исследовать более подробно с применением большего числа ТЛД-дозиметров. Такой приём позволит оптимизировать объем радиационного мониторинга в районе размещения РОО.

#### **Список использованных источников:**

1. МУ 2.6.1.2398-08 Радиационный контроль и санитарно-эпидемиологическая оценка земельных участков под строительство жилых домов, зданий и сооружений общественного и производственного назначения в части обеспечения радиационной безопасности: приняты главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 02 июля 2008 г. // М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора. —2009.

2. МР 2.6.1.0063-12 Контроль доз облучения населения, проживающего в зоне наблюдения радиационного объекта, в условиях его нормальной эксплуатации и радиационной аварии: приняты главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 06 июня 2012 г. // Радиационная гигиена. – 2013. – 6(1) – с. 66-87.

# РАДИАЦИОННО-ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ИННОВАЦИОННЫХ РЕШЕНИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ РЕАКТОРНОЙ УСТАНОВКИ НА БЫСТРЫХ НЕЙТРОНАХ

П.П. Сурин

*ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, г. Москва*

Развитие атомной энергетики в Российской Федерации направленно на достижение замыкания ядерного топливного цикла (ЗЯТЦ). Основой ЗЯТЦ являются реакторы на быстрых нейтронах с натриевым или свинцовым теплоносителем. К 2030 году ГК «Росатом» планирует перейти к коммерческой реализации и строительству промышленного энергетического комплекса в составе реакторной установки на быстрых нейтронах со свинцовым теплоносителем (БР-1200). Однако стоит отметить что, существующая нормативная база по обеспечению радиационной безопасности в области атомной энергетики исторически создавалась, в основном, на основе опыта разработки и эксплуатации ВВЭР и РБМК. Для ускорения процесса внедрения новых реакторов необходимо оценить перспективные технологические решения, которые могут потребовать актуализации действующих нормативных документов.

**Целью** данной работы была радиационно-гигиеническая оценка возможности реализации инновационных решений при проектировании и строительстве БР-1200, таких как замена крупногабаритного оборудования здания реактора внешними грузоподъемными механизмами, бесшлюзовое контейнерное хранилище облученного ядерного топлива, роботизация основного производства энергоблока, возможность транспортирования жидких радиоактивных отходов на переработку автотранспортом за пределы площадки атомной станции, размещение за пределами промплощадки атомной станции зданий и сооружений подсобного и обслуживающего назначения, совмещение вытяжной вентиляционной трубы и трубы системы отвода тепла от реактора.

**Материалы и методы.** Оценка возможности реализации инновационных решений при проектировании БР-1200 с точки зрения соблюдения норм радиационной безопасности в соответствии с Санитарными нормами и правилами [1-6] и Федеральными нормами и правилами [7-11].

**Результаты.** Оценка возможности реализации инновационных решений при проектировании БР-1200 показала, что размещение за пределами промплощадки зданий и сооружений АЭС подсобного и обслуживающего назначения, а также передача ЖРО на переработку автотранспортом за пределы АЭС не противоречит требованиям СанПиН. Бесшлюзовое контейнерное ХОЯТ и роботизация основного производства могут быть

реализованы при представлении в проекте перечня аварийных ситуаций и их последствий. Замена крупногабаритного оборудования здания реактора внешними грузоподъемными механизмами может быть реализована при актуализации СанПиН, а также необходимо рассмотрение в проекте мероприятий по ограничению радиоактивного загрязнения окружающей среды. Совмещение вытяжной вентиляционной трубы и трубы системы отвода тепла от реактора может быть реализовано при обосновании невозможности опрокидывания воздушных потоков.

**Выводы.** Внесение в проект новых инновационных решений потребует подробного обоснования соблюдения всех основных критериев радиационной безопасности персонала, населения и окружающей среды. Необходимо также дополнить проектные материалы, связанные с реализацией новых решений по оптимизации, перечнем проектных и запроектных аварий с разработкой мероприятий по устранению их последствий.

**Список использованных источников:**

1. СП 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности» (НРБ-99/2009).
2. СП 2.6.1.2612-10 «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности» (ОСПОРБ-99/2010).
3. СанПиН 2.6.1.24-03 «Санитарные правила проектирования и эксплуатации атомных станций» (СП АС-03).
4. СП 2.6.1.28-2000 «Правила радиационной безопасности при эксплуатации атомных станций» (ПРБ АС-99).
5. СанПиН 2.6.1.07-03 «Гигиенические требования к проектированию предприятий и установок атомной промышленности» (СПП ПУАП-03).
6. СП 2.6.1.2216-07 «Санитарно-защитные зоны и зоны наблюдения радиационных объектов. Условия эксплуатации и обоснование границ» (СП СЗЗ и ЗН – 07).
7. НП 035-02 «Пункты сухого хранения отработавшего ядерного топлива. Требования безопасности».
8. НП-053-16 «Правила безопасности при транспортировании радиоактивных материалов».
9. НП-107-21 «Правила устройства и безопасной эксплуатации корпуса блока реакторного, оборудования, трубопроводов и внутрикорпусных устройств ядерной энергетической установки со свинцовым теплоносителем».
10. НП-001-15 «Общие положения обеспечения безопасности атомных станций».
11. НП-010-16 Правила устройства и эксплуатации локализирующих систем безопасности атомных станций.

## **УСТОЙЧИВОСТЬ К ВОЗДЕЙСТВИЮ РАДИАЦИИ ЦИАНОБАКТЕРИЙ И ВОДОРОСЛЕЙ КАК ИНДИКАТОР НАЛИЧИЯ РАДИАЦИИ В ПЕЩЕРАХ**

А.С. Федоров<sup>1</sup>, С.Н. Кочетков<sup>2</sup>, С.Е. Мазина<sup>1,2,3</sup>

<sup>1</sup> РУДН, г. Москва

<sup>2</sup> Госуниверситет по землеустройству, г. Москва

<sup>3</sup> ФГУП НТЦ РХБГ ФМБА России, г. Москва

В карстовых пещерах могут быть повышенные уровни радиации [1, 2]. Наши исследования показали, что в первую очередь отмечается эманация радона, источниками которого могут быть глинистые отложения или эндогенные процессы. Наличие радиоактивных элементов в породе, обуславливает повышение гамма-фона.

Изменение уровней подземных вод и динамика воздушных потоков, претерпевающих сезонные колебания, способствуют выделению радона через входные зоны пещер на поверхность. Таким образом, наблюдается периодическое или постоянное повышенное выделение радона в разных зонах пещер.

Зоны входов относятся к экотонам и являются переходными между гипогенной и эпигенной средой обитания. Они отличаются рядом характеристик условий, определяющих развитие в них определенных сообществ. На входных участках отмечены выраженные градиенты температуры и влажности, от условий на поверхности к стабильным температурам и повышенной влажности, характерной для пещер. Более неравномерное проявление имеет градиент освещенности, связанный с особенностями морфологии входной зоны и рельефом дна и сводов пещер. Разнообразие пород и отложений и наличие водных потоков создает весь спектр местообитаний для сообществ, включающих фототрофные виды в фотических зонах входов пещер.

Наиболее распространены в освещенных зонах пещер, вследствие тенивносливности и предпочтений условий повышенной влажности, водоросли и цианобактерии. Аэрофильные водоросли образуют биопленки на поверхности пород, участвуют в процессах туфообразования, внедряются в известняк образуя кальцит, который формирует корки на поверхности глинистых отложений различной мощности. Отмечено, что виды входных зон имеют экологические особенности, которые помогают водорослям адаптироваться к условиям подземной среды [3].

Поскольку повышенные уровни радиации являются одной из характеристик подземных местообитаний, то можно предположить, что водоросли должны быть устойчивы к воздействию ионизирующего излучения.

В данном исследовании была проведена оценка скорости роста культур водорослей и цианобактерий из фотических входных зон пещер плато Чатыр-Даг (Крым) и пещер Сочинского национального парка, в условиях воздействия радиации и вычислены

корреляции между устойчивостью культур и уровнем альфа-излучения во входных зонах пещер. Проводили измерение альфа и гамма-радиации во входных участках пещер. Во всех обследованных пещерах выявлены только повышенные уровни альфа-излучения. Во всех пещерах уровень гамма-излучения был на региональном уровне.

На культурах водорослей, выделенных из фотических зон пещер, были проведены эксперименты по оценке воздействия различных видов излучения. Для экспериментов использовали культуры водорослей *Chlorella vulgaris* Beijerinck и *Stichococcus bacillaris* Nägeli, а также цианобактерий *Leptolyngbya tenuis* (Gomont) Anagnostidis & Komárek, *Leptolyngbya foveolarum* (Gomont) Anagnostidis & Komárek и *Gloeocapsa* sp.

Культивирование цианобактерий проводили в жидкой среде Бристоль в условиях 25°C, при освещенности 30–40  $\mu\text{моль}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$ . Состав среды Бристоль (в модификации Голлербаха) (г/л):  $\text{NaNO}_3 - 0,25$ ;  $\text{KH}_2\text{PO}_4 - 0,25$ ;  $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O} - 0,15$ ;  $\text{CaCl}_2 - 0,05$ ;  $\text{NaCl} - 0,05$ ;  $\text{Fe}_2\text{Cl}_6 - \text{следы}$  (3 капли 1% раствора).

Оценили изменение скорости роста культур при сочетанном воздействии альфа- и гамма излучения при определенных дозовых нагрузках, которые моделировались на повышенное облучение. При культивировании в присутствии  $^{226}\text{Ra}$ , которое создавалось следующим образом. В пробирки со средой объемом 50 мл и радиоактивным веществом ( $^{226}\text{RaCl}_2$ ) с активностью 10 кБк помещали культуру объемом 5 мл. Оценочная доза, полученная цианобактериями за счет альфа-излучения, через 4 недели составляла 0,37 Гр, а через 8 недель 0,74 Гр. Моделирование гамма- излучения проводили на установке  $\gamma$ -400 с источником  $^{137}\text{Cs}$ , мощность дозы – 2,3 Гр/мин. Культуры цианобактерий в объеме 10–30 мл облучали при комнатной температуре. Дозы составляли 40 и 300 Гр. Результат оценивали через сутки и через 7 дней после облучения, вычисляли скорость роста культур.

В результате было выявлено, что все культуры имели повышенную устойчивость и к альфа-излучению, также и к гамма-излучению. Для культур из пещер хребта Алек (Девичья, Заблудших, Ручейная, Школьная, Географическая, Величественная, ТЕП) коэффициент корреляции между устойчивостью культур к гамма-излучению и к альфа-излучению в полостях составлял 0,96. Для других пещер Сочинского национального парка (Партизанская, Навалишенская, Белоскальская, Долгая, Кабаний провал, разные входы пещеры Воронцовская) коэффициент корреляции составил 0,92. Для пещер Чатыр-Дага (Ход конем, Трехглазка, Трехэтажная, Бездонная, Азимутная, Вялова, Елочка, Суук-Коба, Бинбаш-Коба) коэффициент корреляции составил 0,86. Таким образом, выявлено, что зеленые водоросли и цианобактерии из входных фотических участков пещер проявляли устойчивость к действию радиации. Исходя из этого, можно предполагать, что устойчивость водорослей и цианобактерий к воздействию радиации не может препятствовать их развитию в пещерах, даже при больших дозах облучения.

#### **Список использованных источников:**

1. Федоров А.С., Кочетков С.Н., Мазина С.Е. Радон в экскурсионных пещерах Красная и Скельская. Радиационная безопасность персонала и экскурсионных групп. В сборнике: Теория и практика современной карстологии и спелеологии. Материалы международной научно-практической конференции III Крымские карстологические чтения. Симферополь, 2021. С. 150-155.
2. Кочетков С.Н., Бельских Ю.С., Спасенов А.Ю., Мазина С.Е. 2019 Экологическое и гигиеническое обследование пещер. Сборник трудов школы-конференции молодых учёных «Ильинские чтения», Москва, тезисы, с. 32-33.
3. Пичугина Е.К., Беандруна С.Р., Бенитсиафантука Э.У., Федоров А.С., Годой Г.П., Мазина С.Е. Устойчивость цианобактерий к загрязнителям как характеристика условий обитания на примере *Leptolyngbya tenuis* (Gomont) Anagnostidis & Komárek. VII Пушкинская конференция "Биохимия, физиология и биосферная роль микроорганизмов". Школа-конференция для молодых ученых, аспирантов и студентов "Генетические технологии в микробиологии и микробное разнообразие". Сборник тезисов конференции. Под редакцией Т.А. Решетиловой. Москва, 2021. С. 75-76.

### **КОМБИНИРОВАННОЕ ДЕЙСТВИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НЕИОНИЗИРУЮЩЕЙ ПРИРОДЫ НА ПЕРСОНАЛ АЭС**

Т.В. Фомина, С.В. Дроздов, Д.Б. Комаров,  
А.С. Прокофьева, И.А. Веселовский

*ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, г. Москва*

Производство электроэнергии в России является неотъемлемой компонентой системы национальной безопасности. Значительная часть энергии выпускается на АЭС. Поэтому снижение риска техногенных аварий на АЭС является исключительно важной задачей.

В произошедших техногенных катастрофах и авариях особое место занимает так называемый человеческий фактор, когда человек – оператор в силу каких-либо условий некорректно выполняет свои функции, что и приводит к внештатным ситуациям. Помимо субъективных обстоятельств существуют объективные причины – воздействие на оператора тех или иных физических факторов окружающей среды.

В докладе Главного санитарного врача РФ было указано, что в России 40% рабочих мест не соответствуют требованиям санитарных норм. В настоящее время, благодаря научно-техническим достижениям физиков и радиобиологов, созданы специальные средства защиты, снижающие уровень радиации на АЭС до природного фона. Однако



риск профзаболеваний, в том числе сердечно-сосудистых, остается высоким и в 2-3 раза превышает средний уровень заболеваемости. Это обстоятельство позволяет полагать, что персонал АЭС не защищен от воздействия других физических факторов. К их числу относится, в частности, инфразвук.

В настоящее время шум и инфразвук, по всеобщему признанию, превратились в один из самых гигиенически опасных и вредных факторов окружающей среды. Проявлением такого действия служит повышение уровня заболеваемости при временной утрате работоспособности. Известно, что повышение уровня шума на 10 дБ относительно 85 дБА, снижает производительность труда на 5%, а превышение на 20 дБ – на 16%. На шумных производствах установлено повышение на 10-15% общей заболеваемости. По литературным данным на рабочих местах операторов АЭС зарегистрированы уровни низкочастотного шума и инфразвука, превышающие допустимые санитарные нормы более чем на 10 дБ.

В течение многих лет, на основе систематической работы в ФМБЦ им. А.И. Бурназяна производилось санитарно-гигиеническое нормирование и оценка профессионального риска заболеваемости работников, подвергающихся действию инфразвука. В настоящее время считается доказанным, что превышение допустимых уровней инфразвукового хронического воздействия приводит к развитию нейросенсорной тугоухости, артериальной гипертензии, нарушениям мозгового кровообращения и другим негативным последствиям. С возрастанием дозовой инфразвуковой нагрузки происходит увеличение риска возникновения заболеваний. Кроме того, наши исследования показали, что в условиях инфразвукового воздействия у человека с первых минут происходят изменения физиологических показателей (пульс, дыхание, динамика наполняемости периферических и мозговых сосудов, изменения биоэлектрической активности головного мозга) и значительное ухудшение операторских тестов. В результате ухудшения операторской деятельности повышается риск возникновения техногенных аварий на АЭС.

В настоящее время обследовано более 2000 сотрудников, работающих на 10 АЭС. Установлено, что около 30% имеет низкий уровень психофизиологической адаптации. Учитывая, что радиационный фон АЭС не превышает установленных санитарных норм, представляет несомненный интерес выявить действующие физические факторы, в частности определить влияние комбинированного действия инфразвука и электромагнитного излучения на уровень психофизиологической адаптации, с целью разработки индивидуальных или коллективных средств защиты. В настоящее время отсутствуют научные данные о сочетанном действии разных факторов, что также не отражено в нормативной документации. Анализ механизмов воздействия позволяет полагать, что действие акустического и электромагнитного факторов может привести к их взаимному усилению при действии на организм.

Таким образом, для снижения риска техногенных аварий на АЭС, вызванным низким уровнем психо-физиологической адаптации персонала АЭС, необходимо провести

комплексную научно-исследовательскую работу на предмет изучения комбинированного действия физических факторов. Также необходимо осуществить детальную санитарно-гигиеническую оценку условий труда персонала АЭС на предмет выявления рабочих мест, на которых присутствует сверхнормативный инфразвук, выработать рекомендации по организационно-техническим мероприятиям и разработать средства защиты от инфразвука.

## РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ВБЛИЗИ АО НИФХИ ИМ. Л.Я.КАРПОВА (2021-2022 ГГ.)

М.А. Шпилько, Т.В. Мельникова, А.А. Удалова

*ИАТЭ НИЯУ МИФИ, г. Обнинск*

АО НИФХИ им. Л.Я. Карпова является радиационно опасным объектом, вследствие чего территории, расположенные вблизи него, могут испытывать антропогенную нагрузку в виде повышенного содержания радионуклидов и тяжелых металлов.

**Цель работы:** определение первичных физико-химических показателей, содержания техногенного  $^{137}\text{Cs}$  и природного  $^{226}\text{Ra}$ , а также определение массовых концентраций кадмия и меди в воде.

**Объектом исследования** являлась вода, отобранная вблизи АО НИФХИ им. Л.Я. Карпова. За 2021-2022 гг. было отобрано 31 проба воды: 2021 год – 6 проб летом 12 проб осенью, 2022 – 13 проб весной. Пробоотбор проводился из нескольких точек, расположенных на р. Дырочная (т.5), р. Протва (т.6,7), искусственные водоемы (т.2,3,4) и несколько точек из водоема (т.1), имеющего непосредственный контакт с промлощадкой предприятия.

Измерение pH и минерализации проводилось потенциометрическим методом на кондуктометре/потенциометре Анион-4100, радионуклиды определяли гамма-спектрометрическим методом на Гамма-спектрометре «Прогресс гамма», содержание тяжелых металлов измеряли методом инверсионной вольтамперометрии (ИВ) на анализаторе типа ТА-Lab. Значение pH лежало в пределах (6,9-8,7), что соответствует значениям, характерным для речных вод, за исключением водоема 1, водородный показатель в котором превышал 8,5. Это может служить подтверждением воздействия на данный водный объект со стороны предприятия. Минерализация менялась от 28 до 553 мг/л, такие воды относятся к пресным и ультрапресным. Массовые концентрации тяжелых металлов в воде за 2021-2022 гг. изменялись в пределах от 0,07 до 2,70 и от 2,10 до 23 мкг/л для кадмия и меди соответственно. Измеренные значения не превышали ПДК

металлов для поверхностных вод [3]. Исключение составила точка водоема 1 весной 2022, где выявлено содержание  $C_{Cd}$  до 2,70 мкг/л.

Содержание техногенного радионуклида  $^{137}Cs$  весной 2022 года во всех точках превышало фоновое значение для Европейской части России, которое меняется от 1 до 10 Бк/м<sup>3</sup> и свидетельствует о техногенном воздействии предприятия [1, 2]. При проведении корреляционного анализа была установлена прямая связь между физико-химическими показателями и объемной активностью  $^{137}Cs$ . Содержание естественного радионуклида  $^{226}Ra$  не превышало его фонового значения, за исключением точка водоема 1, отклонение в которой требует дальнейших исследований и уточнения источника появления.

#### **Список использованных источников:**

1. Бахур А. Е. Измерение радиоактивности природных вод и существующие нормативные требования. – М.: НПП «Доза», 1998. – 90 с.
2. Зозуль Ю. Н. Комплексная оценка радиационно-опасных объектов на речной бассейн Московского региона: Автореф. дис. ... канд.биол. наук. – М., 2007. – 137.
3. Санитарные правила и нормы: СанПиН 2.1.5.980-00. Водоотведение населенных мест, санитарная охрана водных объектов. Гигиенические требования к охране поверхностных вод. – Взамен СанПиН 4630-88; введ. 2001 – 01 – 01. – Москва: ФГБУ "ЦСП" ФМБА России, 2001. – 18 с.

### **ВНЕДРЕНИЕ В ПРАКТИКУ ТЕХНОЛОГИИ ПО ДЕЗАКТИВАЦИИ НЕФТЕПРОМЫСЛОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ В ФИЛИАЛЕ «ПРИВОЛЖСКИЙ ТЕРРИТОРИАЛЬНЫЙ ОКРУГ» ФГУП «ФЭО»**

И.С. Плотникова, Е.В. Штрыкова

*МПУ № 153 ФМБА России, г. Нижний Новгород*

Топливо-энергетический комплекс (далее ТЭК) занимает ведущее место по степени воздействия на окружающую природную среду среди объектов техногенного воздействия. Один из факторов такого воздействия – нерастворимые радиоактивные отложения на технологическом оборудовании (далее – отложения).

**Цель работы:** ознакомление с технологиями дезактивации нефтепромыслового оборудования, применяемыми для ликвидации накопленного экологического ущерба и получения экономического эффекта.

В земной коре содержатся соли природных радионуклидов рядов Th-232 и U-238. В процессе нефте- и газодобычи соединения этих солей выносятся на земную поверхность и под воздействием внешней среды превращаются в сульфатсодержащие соединения, которые практически не подлежат растворению в пресной воде. Данные нерастворимые соединения радионуклидов образуют отложения на: технологических аппаратах (буллитах, задвижках, сборниках); отстойных резервуарах; резервуарах, предназначенных для сепарации водонефтяной эмульсии, нефте- и газохранения; металлических производственных отходах, образующихся в процессе проведения ремонтных работ и при проведении реконструкции и замены нефтегазового оборудования; арматуре; насосах; насосно-компрессорных трубах (далее – НКТ).

Необходимое для дальнейшего использования оборудование, загрязнённое отложениями, в целях проведения дезактивации должно направляться в специализированные организации, владеющие соответствующими дезактивационными технологиями.

С 2018 года технологии дезактивации оборудования применяются филиалом «Приволжский территориальный округ» ФГУП «ФЭО» (далее – Филиал), который активно сотрудничает с предприятиями ТЭК России: ООО «Лукойл-КМН», АО «Самаранефтегаз», ООО «Башнефть-Добыча», ООО РН «Ставропольнефтегаз», ПАО «Татнефть», и др., выполняя для них работы по ликвидации накопленного экологического ущерба от хранения загрязненного природными радионуклидами нефтепромыслового оборудования. Для проведения дезактивации оборудования используются установка очистки насосно-компрессорных труб (далее – УОНКТ), установка электрогидроимпульсной очистки металлических изделий сложной геометрии (далее – УЭГИО). Предназначение УОНКТ – очистка и дезактивация НКТ посредством механического удаления (высверливания) внутренних отложений с повышенным содержанием природных радионуклидов. Предназначение УЭГИО – очистка и дезактивация металлических изделий сложной геометрии посредством электрического разряда ударных волн в жидкости (воде). Дезактивация (очистка) НКТ и металлических изделий сложной геометрии может осуществляться как на площадках организаций-заказчиков, так и на производственных площадках Филиала, а также на пунктах хранения радиоактивных отходов (ПХРО) Нижегородского, Самарского, Саратовского отделений Филиала и отделение «Казанский производственный центр».

Основным дозообразующим радионуклидом при очистке оборудования является природный радий-226 в виде радиобарита.

Эффективная удельная активность природных радионуклидов в удаляемых отложениях с труб НКТ – менее 10 000 Бк/кг (варьирует от 384 до 3378 Бк/кг, при удельной активности Ra-226 от 218 до 2966 Бк/кг).

Удельная активность Ra-226 в удаляемых отложениях с металлических изделий сложной геометрии составляет  $1,927 \times 10^5$  Бк/кг. Величина максимальной мощности амбиентного эквивалента дозы (МАЭД) от упаковок МК – 1,36А, КРАД – 1,36, КМЗ-М составляет не более 10 мкЗв/час.

При проведении операций по очистке и отрезанию НКТ удаление отходов осуществляется двумя аспирационными установками А400, включающимися автоматически, и удаляющими абразивную пыль в контейнеры модификаций МК – 1,36А; КРАД – 1,36; КМЗ-М. Контакт персонала с удаляемыми отложениями отсутствует за счёт отсутствия аэрозольных выбросов в зоне проводимых работ.

Вода с УЭГИО после завершения работ по дезактивации собирается в ёмкость (металлическая бочка, ёмкостью 200 л). После проведения радиометрического контроля вода либо удаляется в существующую систему канализации (коллектор) или утилизируется как промышленный отход. Удельная активность Ra-226 в воде с УЭГИО после завершения работ по дезактивации составляет менее 8 Бк/л.

После заполнения контейнера для отходов МК – 1,36А, КРАД – 1,36, КМЗ-М осуществляется паспортизация отходов по существующим аттестованным методикам. Заполненный контейнер размещается на охраняемой территории – как на площадках организаций-заказчиков, так и на производственных площадках Филиала.

Оценка достигнутых результатов показывает, что в период с 2018 года по настоящее время применение Филиалом технологий дезактивации нефтепромышленного оборудования позволило очистить более 2000 тонн загрязнённых насосно-компрессорных труб, оборудования сложной геометрии, насосов и задвижек для предприятий топливно-энергетического комплекса, что принесло неоспоримые положительные экологический и экономический эффекты.

#### **Выводы:**

1. Образование отложений с повышенным содержанием природных радионуклидов на нефтепромышленном оборудовании создает потенциальную угрозу облучения персонала и загрязнения окружающей среды.
2. В целях обеспечения радиационной безопасности на нефтедобывающих предприятиях необходимо проводить систематическую дезактивацию НКТ и других элементов технологического оборудования, загрязнённых отложениями.
3. Нефтепромышленное оборудование после очистки может быть снова использовано в технологических процессах, либо выведено из-под радиационного контроля и переведено в категорию металлолома для дальнейшей переработки (переплавки) и возврата в обращение в качестве новой продукции.

## РАДИАЦИОННО-ГИГИЕНИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ В ЗОНЕ НАБЛЮДЕНИЯ БЕЛОЯРСКОЙ АЭС ЗА ПЕРИОД С 2012 ПО 2021 ГОД

Р.В. Щедрова

*ФГБУЗ ЦГиЭ № 32 ФМБА России, г. Заречный*

На территории городского округа Заречный Свердловской области расположены потенциальные источники радиоактивного загрязнения – Белоярская АЭС, отнесенная к I категории по потенциальной радиационной опасности, и акционерное общество «Институт реакторных материалов», на территории которого эксплуатируется исследовательский реактор типа ИВВ-2М, отнесенное к III категории радиационной опасности. На сегодняшний день функционируют два энергоблока Белоярской АЭС (БН-600 и БН-800), два энергоблока уже выведены из эксплуатации. Основными источниками поступления радионуклидов в окружающую среду в процессе деятельности являются сбросы отработанной воды и выбросы в атмосферный воздух с первой, второй и третьей очереди Белоярской АЭС, а также площадки АО «ИРМ». Для оценки влияния деятельности радиационных объектов является радиационно-гигиенический мониторинг компонентов внешней среды.

На основании государственных нормативных документов ежегодно органом, осуществляющим санитарно-эпидемиологический надзор (Межрегиональным управлением № 32 ФМБА России), составляется и утверждается Регламент исследований при осуществлении социально-гигиенического мониторинга в городском округе Заречный (далее Регламент). На основании данного Регламента ИЛЦ ФГБУЗ ЦГиЭ № 32 ФМБА России производит отбор и исследование проб объектов окружающей среды с установленной периодичностью по радиационным показателям. Основными исследуемыми показателями техногенного воздействия являются суммарная активность бета-излучающих нуклидов и удельная активность  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ , как основных дозообразующих радионуклидов.

**Цель работы:** оценка результатов радиационно-гигиенического мониторинга на территории зоны наблюдения Белоярской АЭС в периоды с 2012 по 2016 и с 2017 по 2021 гг. по данным ИЛЦ ФГБУЗ ЦГиЭ № 32 ФМБА России, на основании которой можно сделать вывод о возможном влиянии действующих радиационных объектов на территорию городского округа Заречный.

В работе представлен сравнительный анализ среднегодовых значений суммарной активности бета-излучающих нуклидов, удельной активности  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  в период с 2012 по 2021 годов в объектах окружающей среды (атмосферных осадках и выпадениях, почве, воде водоемов, сточной воде, пищевых продуктах) в зоне наблюдения Белоярской АЭС.

По итогам анализа данных лабораторных исследований ИЛЦ ФГБУЗ ЦГиЭ № 32 ФМБА России в рамках радиационно-гигиенического мониторинга, содержание основных дозообразующих техногенных радионуклидов  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$  в объектах окружающей среды за период с 2012 по 2021 гг. не превышало значений, установленных нормативными документами и отмечена устойчивая тенденция к снижению значений.

Выполненная работа ФГБУЗ ЦГиЭ № 32 ФМБА России в рамках радиационно-гигиенического мониторинга согласно ежегодному Регламенту позволяет оценить радиационную ситуацию на территории городского округа за период с 2012 по 2021 гг.

Проведенный анализ данных позволяет сделать вывод, что при безаварийной работе Белоярской АЭС и АО «ИРМ» значимого радиационного воздействия на проживающее население и объекты окружающей среды на территории городского округа Заречный Свердловской области не выявляется.

## **АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПОСТАНОВКИ САНИТАРНО-ЗАЩИТНЫХ ЗОН РАДИАЦИОННЫХ ОБЪЕКТОВ НА КАДАСТРОВЫЙ УЧЕТ**

Т.А. Яркова

*ФГУП «ПО «Маяк», г. Озерск*

Российское законодательство устанавливает право граждан, проживающих на территории РФ на радиационную безопасность. «Это право обеспечивается за счет проведения комплекса мероприятий по предотвращению радиационного воздействия на организм человека ионизирующего излучения выше норм, правил и нормативов» [1].

В целях обеспечения безопасности населения, проживающего в районе размещения радиационного опасного объекта 1 и 2 категории потенциальной опасности по ОСПОРБ-99/2010, вокруг радиационного объекта устанавливается санитарно-защитная зона (СЗЗ) [1, 2, 3].

По своему функциональному назначению СЗЗ является дополнительным фактором, повышающим уровень безопасности населения, проживающего вблизи радиационного опасного объекта в случае радиационной аварии. Современным критерием для определения размеров СЗЗ согласно [1, 4, 5], является непревышение на её внешней границе годового предела эффективной дозы облучения населения 1 мЗв/год или установленной квоты от этого предела, в условиях нормальной эксплуатации объекта. Кроме того, должно контролироваться содержание химических загрязнителей и оцениваться по превышению ПДК или ПДУ загрязняющих веществ. Кроме того на границах СЗЗ с селитебными зонами при определенных условиях необходим контроль факторов физического воздействия.

На основании Земельного кодекса [6] СЗЗ радиационно опасных объектов относятся к зонам с особыми условиями использования территории (ЗОУИТ). Положение о СЗЗ утверждается Правительством РФ в соответствии с требованиями федерального закона [7]. Согласно Перечня, утвержденного распоряжением [8], надзор за радиационными объектами осуществляет ФМБА России.

При установлении границ СЗЗ радиационно опасных объектов и внесении сведений о границах СЗЗ в ЕГРН в 2022 году возникают следующие проблемы: Правительством Российской Федерации не утверждено Положение о ЗОУИТ соответствующего вида; также не установлен орган федеральной исполнительной или государственной власти, ответственный за принятие и выдачу решений об установлении, изменении границ ЗОУИТ для СЗЗ радиационно опасных объектов; произошло исключение из текста федерального закона [2] пункта об ответственности органов местного самоуправления муниципальных районов и городских округов за утверждение проектов СЗЗ, которое вступает в прямое противоречие с требованиями санитарных правил [4]. ФМБА России не наделено полномочиями на выдачу решений об установлении границ СЗЗ.

В данной работе для разрешения сложившейся ситуации по вопросам установления границ СЗЗ объектов атомной энергии предлагается следующее. В случае необходимости в таких ситуациях можно руководствоваться п. 16 Федерального закона [9]: «...если до 01 декабря 2019 года Правительством РФ не утверждено Положение о зоне с особыми условиями использования территории соответствующего вида (Положение о СЗЗ радиационных (радиационно-опасных) объектов), то установление, изменение или прекращение существования СЗЗ радиационно опасных объектов осуществляется в порядке, установленном до 03.08.2018, т.е. применяется редакция третьей части ст. 31 федерального закона [2], которая обязывает органы государственного санитарно-эпидемиологического надзора согласовывать, а органы местного самоуправления муниципальных районов или городских округов утверждать проект СЗЗ.

#### **Список использованных источников:**

1. Федеральный закон от 09.01.1996 № 3-ФЗ «О радиационной безопасности населения».
2. Федеральный закон от 21.11.1995 № 170-ФЗ «Об использовании атомной энергии».
3. СП 2.6.1.2612-10 «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010)».
4. СП 2.6.1.2216-07 «Санитарно-защитные зоны и зоны наблюдения радиационных объектов. Условия эксплуатации и обоснование границ (СП СЗЗ и ЗН-07)».
5. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов».
6. «Земельный кодекс Российской Федерации» от 25.10.2001 № 136-ФЗ.



7. Федеральный закон от 30.03.1999 № 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения».

8. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 21.08.2006 № 1156-Р «Перечень организаций, подлежащих обслуживанию ФМБА России».

9. Федеральный закон от 03.08.2018 № 342-ФЗ «О внесении изменения в Градостроительный кодекс Российской Федерации и отдельные законодательные акты Российской Федерации».

## Раздел 2. Радиационная биология, физика и химия

### АИКАР УВЕЛИЧИВАЕТ ВЫЖИВАЕМОСТЬ МЫШЕЙ И УСИЛИВАЕТ ЭКСКРЕЦИЮ С МОЧОЙ ВНЕКЛЕТОЧНОЙ ДНК У КРЫС, ПОДВЕРГШИХСЯ РАДИАЦИОННОМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ

С.А. Абдуллаев<sup>1,2</sup>, Д.В. Салеева<sup>1</sup>, Е.С. Воробьева<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, г. Москва

<sup>2</sup> ИТЭБ РАН, г. Пущино

Поиски путей модификации радиочувствительности являются важнейшей фундаментальной проблемой, как с позиции снижения последствий воздействия ионизирующих излучений (ИИ) на организм, так и с позиции повышения эффективности радиотерапии опухолей. Эффективность функционирования репарационных систем зависит не только от их полноценности, но и от количества индуцируемых повреждений ДНК, их сложности, а также энергообеспеченности развития ответа на повреждение ДНК [1]. При этом ключевую роль в поддержании энергетического гомеостаза в облученных малыми и сублетальными дозами ИИ клетках играет 5'-АМФ-активируемая протеинкиназа (АМРК). АМРК является полисубъединичным (гетеротримерным) комплексом – главным регулятором клеточного и системного энергетического гомеостаза. В ряде исследований показано, что дополнительной активации АМРК и митохондриального биогенеза в клетках удастся достигнуть использованием фармакологических соединений разного класса [2-3]. Среди них значительный интерес представляет 5-аминоимдазол-4-карбоксамид-рибоза (АИКАР), аналог АМФ, который транспортируется в клетки и широко используется в экспериментах.

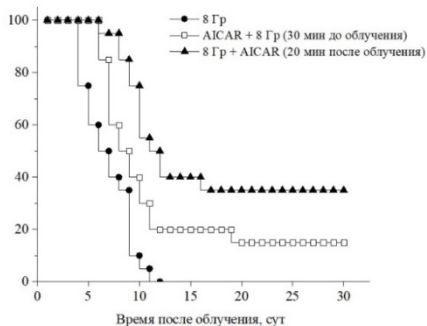
**Целью** нашей работы было изучение влияния соединения АИКАР на выживаемость мышей и на частоту образования микроядер (МЯ) в клетках костного мозга, а также на экскрецию внеклеточной ядерной ДНК (вк-яДНК) и внеклеточной митохондриальной ДНК (вк-мтДНК) с мочой крыс, облученных рентгеновским излучением.

**Материалы и методы.** В исследовании использовались самцы мышей линии *Balb/c* 2-х месячного возраста и самцы крыс линии *Fisher-344* 3-х месячного возраста, полученных из питомника филиала Института биоорганической химии РАН (Пущино, Московская область). Для определения выживаемости мышей облучение проводили в дозе 8 Гр, а для анализа возникновения МЯ в клетках костного мозга в дозе 2 Гр. Крыс

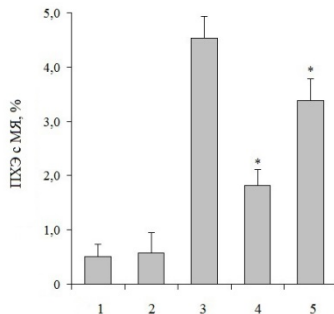
подвергали облучению в дозе 5 Гр. АИКАР (Merck, Darmstadt, Germany) вводили животным внутривенно по 400 мг/кг веса тела. Препарат вводили за 30 мин до и через 20 мин, 6 ч, 24 ч после облучения. Кривые выживаемости были получены для 30 животных на каждую кривую в каждом независимом эксперименте. Статистические различия в экспериментах на выживание между группами мышей сравнивались по методу Каплана-Майера. Различия между данными, полученными до и после обработки крыс, анализировали с использованием теста Манна-Уитни U или непарного t-критерия Стьюдента. Данные представлены в виде средней величины (для 8 животных) и стандартной ошибки среднего значения ( $\pm$  SEM). Значение  $p < 0,05$  считалось статистически значимым.

**Результаты.** Результаты показали, что АИКАР оказывает радиопротекторное действие, как по выживаемости мышей, так и по снижению частоты микроядер, только при его введении мышам после их облучения (Рис. 1 и Рис. 2). Результаты анализов содержания вк-яДНК и вк-мтДНК в моче крыс, собранные (через 6, 12, 24, 72 ч) после их облучения и введения АИКАР (сразу после облучения), представлены на рисунке 3. Показано, что АИКАР способствует усилению экскреции внеклеточных ядерной и митохондриальной ДНК с мочой у крыс после облучения.

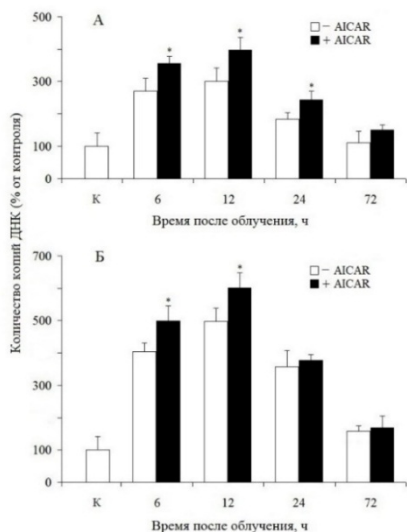
**Выводы.** Таким образом, результаты наших исследований показывают, что АИКАР действует как радиомитигаторный эффектор и способствует активной экскреции ДНК гибнущих неблагоприятных клеток из тканей животных в пострадиационный период.



**Рисунок 1** – Влияние АИКАР на выживаемость мышей при введении за 30 мин до и через 20 мин после облучения рентгеновскими лучами в дозе 8 Гр



**Рисунок 2** – Образование микроядер (МЯ) в полихроматофильных эритроцитах (ПХЭ) костного мозга облученных мышей при введении АИКАР: 1 – контроль; 2 – после введения АИКАР; 3 – 2 Гр; 4 – 2 Гр + АИКАР через 20 мин после облучения; 5 – АИКАР за 30 минут до облучения + 2 Гр



**Рисунок 3** – Количество фрагментов вк-ДНК в моче крыс при введении AICAR сразу после облучения (сбор мочи через 6, 12, 24, 72 ч после облучения):  
 А – вк-ядДНК; Б – вк-мтДНК

**Список использованных источников:**

1. Jackson S., Bartek J. Nature. 2009, 461:1071-78.
2. Si W et al., Curr Eye Res. 2022, 25:1-13.
3. Kim HJ et al., J Physiol. 2022, 600:2359-2376.

**КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ИЗМЕНЕНИЕ МАЛОНОВОГО ДИАЛЬДЕГИДА  
 В ПРОРОСТКАХ HORDEUM SATIVUM ПОСЛЕ ГАММА-ОБЛУЧЕНИЯ**

С.О. Астахина, Л.Н. Комарова, А.А. Афонин

*ИИТЭ НИЯУ МИФИ, г. Обнинск*

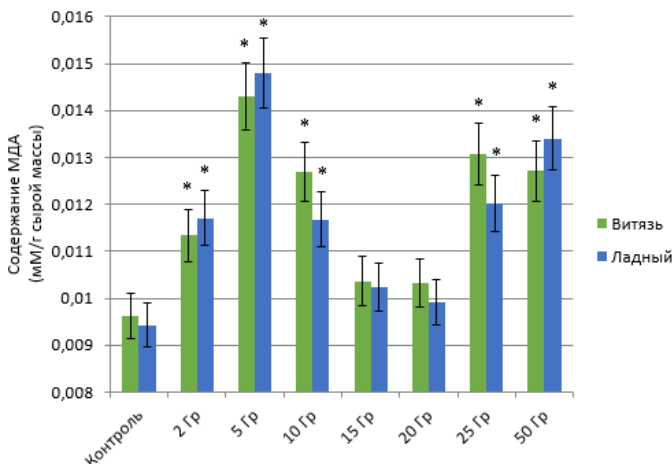
Хорошо известно, что ионизирующее излучение оказывает сложное воздействие на живые организмы. Кроме прямого действия, выражающегося в повреждении чувствительных структур клеток, также имеет место косвенное воздействие радиации, связанное с образованием радиотоксинов – заряженных ионов, радикалов, высокоактивных веществ перекисного типа. При накоплении радиотоксинов в клетках в

первую очередь повреждаются мембранные структуры, и, как следствие, происходит увеличение содержания малонового диальдегида (МДА) – продукта окисления липидов в растительных тканях, что связано с активацией свободнорадикальных реакций в клетках [1].

**Целью** работы была оценка действия гамма-излучения в диапазоне доз от 2 до 50 Гр на количественное содержание МДА у пророщенных семян ячменя посевного (*Hordeum sativum*). Для эксперимента было выбрано 2 сорта – Витязь и Ладный. Облучение семян проводили на базе Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии» (ФГБНУ ВНИИРАЭ) на установке «ГУР-120» с источником излучения  $^{60}\text{Co}$  в дозах: 2, 5, 10, 15, 20, 25 и 50 Гр с мощностью дозы 58 Гр/ч. После облучения семена проращивались в рулонных культурах по 30 семян в термостате, по 3 рулона на каждую дозу гамма-излучения. На 5 день проращивания переносили рулонные культуры под фитотампу. На 10 сутки проводили измерения количественного содержания МДА в ростках ячменя посевного с помощью тиобарбитуровой кислоты и последующим определением оптической плотности на фотометре КФК-3-01 при длине волны 532 нм.

У пророщенных семян сорта Витязь статистически значимое повышение уровня МДА происходит при облучении их в дозах 2, 5, 10, 25 и 50 Гр на 18, 41, 31, 36 и 32% соответственно. У ростков сорта Ладный процесс перекисного окисления липидов идет интенсивнее при гамма-облучении в дозах 2, 5, 10, 25 и 50 Гр на 24, 57, 23, 28 и 42% соответственно (Рис. 1).

Можно предположить, что при низких дозах с увеличением поглощенной дозы ионизирующего излучения увеличивается количество свободных радикалов, что является не только следствием нарушения антиоксидантно-прооксидантного гомеостаза, а представляет собой важный компонент фенотипической адаптации, так как активные формы кислорода и МДА являются сигнальными молекулами при развитии стрессовой реакции у растений [2]. При облучении в дозах 15 Гр и 20 Гр формируются адаптационно-приспособительные признаки: модулируется антиоксидантная и фитогормональная системы, усиливается интенсивность работы пентозофосфатного пути окисления глюкозы, который участвует в защите клетки от радиационно-индуцированного апоптоза [3], а также увеличивается содержание каротиноидов, защищающих липиды от перекисного окисления за счет «гашения» свободных кислородных радикалов [4]. Дальнейшее увеличение поглощенной дозы ионизирующего излучения вызывает крупномасштабные повреждения в мембранах, нарушая их функции и повышая содержание МДА. Подобный ответ на продукты радиолиза воды влечет за собой деполаризацию мембранного потенциала, синтез стрессовых белков [5] и снижение концентрации хлорофиллов [4].



**Рисунок 1** – Зависимость содержания МДА от дозы гамма-излучения на 10 сутки прорастивания

\* – статистически значимое отличие от контроля при  $p < 0,05$

Таким образом, формирование адаптивных реакций в ответ на низкодозовое облучение зависит от сочетанной работы антиоксидантной системы, фитогормонов и стрессовых белков. Дальнейшее детальное изучение механизмов позволит объяснить эффекты стимуляции при действии стрессовых факторов низкой интенсивности.

#### **Список использованных источников:**

1. Кияк Н.Я. Действие свинца на интенсивность процессов ПОЛ на разных этапах развития гаметофита мха *Fumaria hygrometrica* Hedw // Современная физиология растений: от молекул до экосистем: тез. докл. науч. конференции. Сыктывкар. 2007. С. 187-189.
2. Ерофеева Е.А. Гормезис и парадоксальные эффекты у растений в условиях автотранспортного загрязнения и при действии поллютантов в эксперименте. дис. д. биол. наук. Нижний Новгород. 2016. 184 с.
3. Волкова П.Ю. Адаптивные реакции растений на действие ионизирующего излучения в низких дозах: дис. д. биол. н. Обнинск. 2020. 390 с.
4. Астахина С.О., Рассказова М.М. Изменение концентрации фотосинтетических пигментов у ячменя посевного *Hordeum sativum* после гамма-излучения // Современные проблемы радиобиологии, радиоэкологии и агроэкологии: сборник докладов международной молодежной конференции. Обнинск, ФГБНУ ВНИИРАЭ. 2019. С. 19-21.
5. Шибарова А.Н. Анализ влияния малых доз ионизирующей радиации на протонную проницаемость и активность АТФазы плазмолеммы клеток высшего растения (*Cucurbita Pepo*): автореф. дис. канд. биол. н. 2006. 24 с.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ПРЕПАРАТОВ, НАСЫЩЕННЫХ АМИНОКИСЛОТАМИ НА КЛЕТОЧНЫЕ ЛИНИИ ФИБРОБЛАСТОВ И НЕЙРОБЛАСТОМЫ

Д.А. Балдов, Е.Р. Выпова, Л.Н. Комарова

*ИАТЭ НИЯУ МИФИ, г. Обнинск*

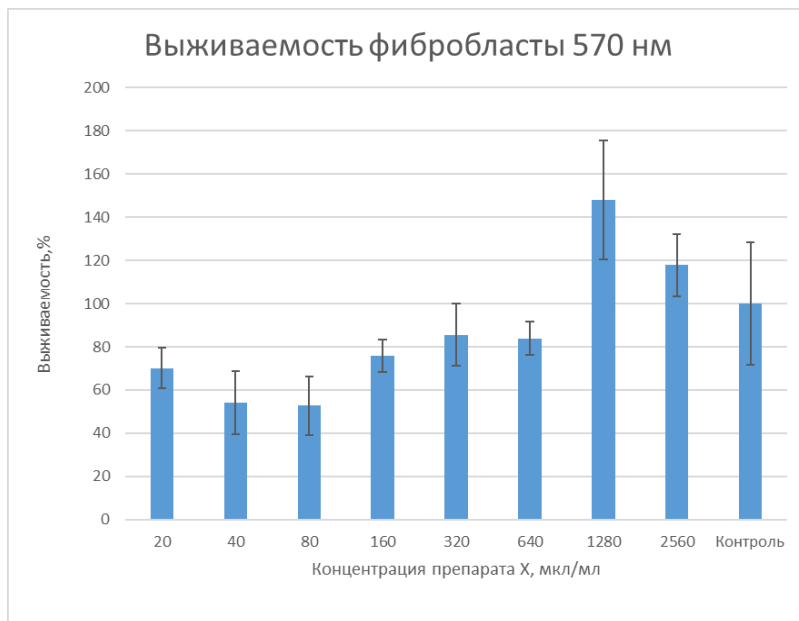
**Аннотация.** В связи с развитием фармацевтической промышленности произошёл рост не только профильных продуктов – лекарственных средств, но и дополнительной профилактической продукции – витаминов и биологически активных добавок (БАД). В связи с эпидемиологической ситуацией в мире наблюдается и активный рост спроса на профилактические средства. Так, за последний год спрос на БАДы в России вырос на 19,5%. Хотя производство БАД активно контролируется Роспотребнадзором и строго регулируются техническом регламентом таможенного союза ТР ТС 021/2011, а также санитарными правилами и нормами СанПиН 2.3.2.1290-03 и СанПиН 2.3.2.1078-01, но научного подтверждения положительного влияния БАДов на потребителей нет. В данной работе изучалось воздействие распространённой коммерческой биологической добавки (препарат X) на основе рыбьей суспензии на нормальные и опухолевые клетки.

**Ключевые слова:** МТТ-тест, клеточные линии, опухолевые клетки, БАД, цитотоксичность.

**Целью** данного исследования было изучение воздействия распространённой коммерческой биологической добавки на основе рыбьей суспензии с большой концентрацией аминокислот на нормальные и опухолевые клетки.

**Материалы и методы.** Объектом исследования были выбраны две клеточные культуры – нормальные клетки (фибробласты) и опухолевые клетки (нейробластома). В качестве биологической активной добавки был выбран коммерческий распространённый препарат БАД, произведённый из рыбьей суспензии, который содержит большое количество аминокислот и может применяться с 3 лет без рекомендаций врачей.

Клетки культивировали в пластиковых культуральных флаконах (Corning, США) в виде монослоя в полной питательной среде DMEM (ПанЭко, Россия), содержащей 10% фетальной сыворотки крупного рогатого скота (Gibco, USA), пенициллин 50000 ед/л («ПанЭко», РФ), стрептомицин 50 мг/л («ПанЭко», Россия) и глютамин 292 мг/л («ПанЭко», Россия). Поддерживали жизнеспособность культур в CO<sub>2</sub>-инкубаторе (СВ 53 Binder, Германия) при 5%-ном содержании CO<sub>2</sub>. Перед началом эксперимента флаконы с монослоем трипсинозировали и готовили суспензии клеток в конечной концентрации ~ 5×10<sup>4</sup> кл/мл. Клетки линии инкубировали с препаратом с исследуемым БАД (препарат X) в дозах 20-2560 мкл/мл. Выживаемость клеток оценивалась по стандартной методике МТТ-теста. Результаты эксперимента представлены на рисунке 1.



**Рисунок 1** – Выживаемость фибробластов при действии препарата X

**Результаты исследования и их обсуждение.** Из полученных данных видно, что с повышением дозы препарата X наблюдается увеличение выживаемости клеток в исследуемых образцах, что свидетельствует о положительном влиянии препарата на опухолевые и нормальные клетки линии. Важно отметить, что токсического эффекта у препарата X не выявлено. Факт увеличения выживаемости при повышении концентрации препарата можно объяснить высоким содержанием в нем аминокислот, а факт гибели клеток в концентрациях 40-640 мкл/мл активным ростом клеток во время инкубации из-за поступления доступных аминокислот, содержащихся в препарате, и дальнейшей гипоксией из-за активного роста клеток в лунке.

**Заключение:** применение исследуемой БАД (препарат X) в концентрациях выше терапевтической дозы не являются токсичными. Так же отмечен активный рост клеток (как нормальных, так и опухолевых) при использовании препарата в больших концентрациях. В дальнейшем планируется исследовать потенциал использования данного препарата в качестве краткосрочного радиопротектора.

**Список использованных источников:**

1. Cytogenetic analysis for radiation dose assessment: A Manual - (Technical Reports Series/IAEA; № 405) /International Atomic Energy Agency. Vienna: IAEA, 2001. 127 p.



2. Mosmann T. Rapid colorimetric assay for cellular growth and survival: Application to proliferation and cytotoxicity assays. J Immunol Methods 1983; 65: 55–63.
3. Verma V. A systematic review of the cost and cost-effectiveness studies of proton radio-therapy / V. Verma, M. V. Mishra, M. P. Mehta Cancer. – 2016. – Vol. 122. – P. 1483-1501.

## **ОЦЕНКА ЭНТЕРОПРОТЕКТОРНЫХ СВОЙСТВ КОМБИНИРОВАННОГО ПРИМЕНЕНИЯ «Монклавит-1» и ДАФС-25 ПРИ ОСТРОМ РАДИАЦИОННОМ ПОРАЖЕНИИ ЖИВОТНЫХ**

С.А. Бревнова, Е.И. Трошин, Р.О. Васильев,  
Н.Ю. Югатова

*ФГБОУ ВО СПбГУВМ, г. Санкт-Петербург*

Широкое применение источников ионизирующего излучения в различных областях науки и техники увеличивает риск их неблагоприятного воздействия на организм животных и человека. Применение различных препаратов с радиозащитным действием способствует ослаблению неблагоприятных эффектов, возникающих в результате воздействия ионизирующего излучения.

Значительную роль в течении и исходе острого радиационного поражения имеет выраженность желудочно-кишечного синдрома. Он развивается в результате воздействия высоко проникающих видов излучения на эпителий желудочно-кишечного тракта, что приводит к гибели и десквамации клеток кишечника. Как следствие, снижается общая резистентность организма, нарушаются барьерные функции органов пищеварения, что приводит к развитию токсемии, бактериемии и изменению состава микрофлоры кишечника.

В состав препарата «Монклавит-1» входит высокополимерное соединение йода, которое обеспечивает относительно низкую токсичность препарата с сохранением его антимикробных свойств и позволяет применять данное лекарственное средство не только наружно, но и внутренне. Комбинированное применение йодофора Монклавит-1 с селеносодержащей кормовой добавкой «ДАФС-25» может потенцировать радиозащитное и терапевтическое действие при воздействии ионизирующего излучения.

Таким образом, **целью** нашего исследования было изучение радиозащитных и лечебных свойств ДАФС-25 и Монклавита-1 и их влияния на выраженность и частоту проявления желудочно-кишечного синдрома у крыс при однократном внешнем воздействии гамма-излучения в дозе.

Для достижения поставленной выше цели был проведён эксперимент на 140 белых, аутбредных лабораторных крысах-самцах. Группы формировали по принципу аналогов, всего было сформировано 7 групп животных по 20 особей в каждой: группа 1 (интактные животные), 2 («контроль облучения»), 3 (Монклавит-1), 4 и 5 – ДАФС-25 в дозе 5,3 и 1,3 мг/кг соответственно, 6 и 7 – ДАФС-25 в дозе 5,3 и 1,3 мг/кг в комбинации с препаратом Монклавит-1 соответственно. Монклавит-1 вводили в дозе 1 мл на 100 г массы в виде водного раствора в соотношении 1:1 с питьевой водой, внутривентрикулярно, через 12 ч после облучения, с интервалом 48 ч, 10 раз. ДАФС-25 вводили внутривентрикулярно в виде масляного раствора, однократно, за 3 ч до облучения.

Облучение проводили внешним однократным воздействием гамма-излучения  $^{137}\text{Cs}$  в дозе 7,0 Гр при мощности поглощенной дозы ионизирующего излучения 0,99 Гр/мин на установке «ИГУР-1».

В период «разгара» заболевания функциональные нарушения работы желудочно-кишечного тракта наблюдали у животных всех подопытных групп, что проявлялось в виде диареи. Фекалии были жидкой или кашицеобразной консистенции с примесью слизи, крови и непереваренных частиц корма.

При оценке выраженности желудочно-кишечного синдрома было установлено, что применение препарата Монклавит-1 снижает частоту проявления желудочно-кишечного синдрома у крыс, подвергнутых гамма-излучению в дозе 7,0 Гр, до 35%. Данный эффект потенцируется внутривентрикулярным введением ДАФС-25 за 3 ч до облучения в дозе 5,3 и 1,3 мг/кг; частота желудочно-кишечного синдрома в данном случае снижается до 50% ( $p < 0,05$ , точный критерий Фишера) и 45% ( $p < 0,05$ , точный критерий Фишера) соответственно против 100% в контроле облучения.

При изучении характера изменений микрофлоры желудочно-кишечного тракта крыс на фоне гамма-облучения в дозе 7,0 Гр и применения Монклавита-1 в комбинации с препаратом ДАФС-25 были выявлены следующие закономерности: у животных всех подопытных групп возрастала доля грамположительных микроорганизмов (*Enterococcus* spp., *Staphylococcus* spp.) и одновременно с этим снижался процент грамотрицательных бактерий (*Enterobacteriaceae*); у животных контрольной группы к 30 сут значительно возросло количество дрожжевых и плесневых грибов по сравнению с интактными животными. Доля энтерококков в фекалиях крыс группы контроль облучения к 30 сут достоверно ( $p < 0,05$ , *H*-критерий Краскела-Уоллиса) превышала аналогичный показатель у животных, которым применяли Монклавит-1 и ДАФС-25. Таким образом, компоненты препарата Монклавит-1 (в том числе в комбинации с ДАФС-25) купируют рост условно-патогенных микроорганизмов кишечника, а также обладают фунгицидным эффектом.

## ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ В КОСТНОМ МОЗГЕ МЫШЕЙ ПОСЛЕ ВТОРИЧНОГО ОБЛУЧЕНИЯ, ФОРМИРУЮЩЕГОСЯ ПРИ ПРОХОЖДЕНИИ ПРОТОНОВ ЧЕРЕЗ БЕТОННУЮ КОНСТРУКЦИЮ

Т.М. Бычкова<sup>1,2</sup>, О.В. Никитенко<sup>1,2</sup>, А.Г. Молоканов<sup>3</sup>,  
Г.Н. Тимошенко<sup>3</sup>, А.А. Иванов<sup>1,2,3</sup>

<sup>1</sup> ФГБУ ГНЦ ФММБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, г. Москва

<sup>2</sup> ГНЦ РФ – ИМБП РАН, г. Москва

<sup>3</sup> ОИЯИ, г. Дубна

Исследование ранних и отдаленных радиобиологических эффектов вторичного излучения актуально в интересах санитарно-гигиенического нормирования различных видов профессиональной деятельности, а также с целью разработки средств медико-дозиметрического контроля, диагностики возможных нарушений состояния здоровья профессионалов, и разработки способов физической и фармакологической защиты.

**Цель работы:** исследование радиобиологических эффектов вторичного излучения, формирующегося при прохождении высокоэнергетических протонов через бетон.

**Материалы и методы.** Эксперименты проведены на 214 аутобредных мышах ICR CD-1, самках, с массой от 24-35 г, SPF-категории, содержавшихся в конвенциональных условиях. Эксперимент выполнен на мышах, облученных вторичным излучением из бетонных мишеней, после прохождения пучка протонов диаметром 5 см на входе, с энергией 650 МэВ на фазотроне Объединенного института ядерных исследований (ОИЯИ) г. Дубна. Поле смешанного (гамма-кванты и адроны) и вторичного излучения формировалось в результате прохождения протонного пучка через бетонную конструкцию толщиной 20, 40 и 80 см. Животных располагали в специально сконструированной клетке из перфорированного пластика с девятью (1-9) ячейками для мышей, каждая размером 5×5×5 см. В каждую ячейку помещали по 2 животных. Клетку располагали горизонтально, перпендикулярно оси пучка таким образом, чтобы ось пучка проходила через ячейку 5. Для сравнения было проведено облучение мышей  $\gamma$ -квантами <sup>60</sup>Со в широком диапазоне доз от 0,02 Гр до 25 Гр.

**Результаты.** В эксперименте с  $\gamma$ -облучением получена классическая кривая доза-эффект по числу кариоцитов с выходом на плато при сверхлетальных дозах. Вторичное излучение, формирующееся после прохождения протонов через бетон толщиной 80 см, по всем экспериментальным точкам обусловило больший поражающий эффект в сравнении с  $\gamma$ -квантами, при этом отмечается определенная асимметрия биологического эффекта пучка – в ячейках с 9 по 6 он оказался выше чем в ячейках 1-4. При толщине конструкции 20 и 40 см повышение радиобиологического эффекта не было значительным. Полученные различия в биологическом эффекте вторичного излучения по толщине 80 см мы склонны объяснить присутствием в его составе существенной нейтронной компоненты.

Наиболее специфичными и достаточно чувствительными показателями радиационного воздействия являются цитогенетические эффекты в форме задержки митозов и возникновения хромосомных повреждений (аббераций).

В эксперименте с  $\gamma$ -облучением получена классическая кривая доза-эффект с рядом нюансов в части хромосомных аббераций. В области сверхлетальных доз число абберантных клеток через 24 часа после облучения достигло максимума и вышло на плато после первого митоза. В дозе 0,02 Гр продемонстрирована известная зона гиперчувствительности, а начиная с доз 0,1 Гр до 2,5 Гр, отмечается пропорциональная зависимость доза-эффект. Митотический индекс – как показатель радиационного воздействия - продемонстрировал идеальный ответ доза-эффект.

В ячейке 5 отмечается прямая зависимость доза-эффект по протонному облучению, при этом число абберантных клеток совпадало с соответствующими по дозе значениями у гамма-облученных животных. В крайних ячейках 1 и 9 выход хромосомных аббераций превысил таковой у соответствующей дозовой группы гамма-облученных животных.

Митотический индекс у животных из ячейки 5 оказался выше, чем у животных после гамма-излучения, облученных в сопоставимых дозах.

Показано повышение митотического индекса у животных, облученных в крайних ячейках – максимальное при толщине 80 см и минимальное при толщине защиты 20 см. Радиационная стимуляция митотической активности радиочувствительных клеток, сопровождающаяся повышенным выходом абберантных клеток, логично может стать предвестником канцерогенного эффекта ионизирующего излучения в дальнейшем. Однако в этом направлении, безусловно, необходимы дополнительные исследования.

Таким образом, цитогенетические исследования вполне могут стать основой донозологической диагностики факта воздействия вторичного излучения, формирующегося после прохождения протонов через бетонную конструкцию.

## **ОЦЕНКА ДИНАМИКИ КОНЦЕНТРАЦИИ ТИРЕОИДНЫХ ГОРМОНОВ У КРЫС ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ НА ФОНЕ ПРИМЕНЕНИЯ ЙОД-, СЕЛЕН-СОДЕРЖАЩИХ КОРМОВЫХ ДОБАВОК**

Р.О. Васильев, Е.И. Трошин, С.А. Бревнова,  
Н.Ю. Югатова

*ФГБОУ ВО СПбГУВМ, г. Санкт-Петербург*

В патогенезе лучевой болезни одним из звеньев является не прямое действие ионизирующего излучения, приводящее, в том числе, к нарушению функции щитовидной железы. Тяжесть течения и исход лучевой патологии во многом зависят от антиоксидантного статуса и функционального состояния щитовидной железы.

Функциональная активность щитовидной железы определяется, прежде всего, достаточным содержанием йода и селена в организме. Йод и селен участвуют в производстве тиреоидных гормонов. Йод непосредственно входит в структуру тироксина и трийодтиронина, а селен обеспечивает работу ферментов, контролирующих их синтез. В связи с этим, изучение комбинированного действия йода и селена на течение лучевой болезни является актуальным и может позволить выявить новые радиозащитные рецептуры.

**Целью** исследования было изучение динамики концентрации общего трийодтиронина (об.Т<sub>3</sub>) и свободного тироксина (св.Т<sub>4</sub>) в сыворотке крови крыс, подвергнутых тотальному внешнему однократному воздействию гамма-излучения на фоне комбинированного применения препаратов Монклавит-1 и ДАФС-25 в сравнении с «ActiveMix VMG-500». Для моделирования острого радиационного поражения крыс подвергали общему внешнему однократному воздействию гамма-излучения <sup>137</sup>Cs в дозе 6,0 Гр, при мощности дозы 0,99 Гр/мин на установке «ИГУР-1». ДАФС-25 в дозе 1,6 мг/кг вводили внутривенно, однократно за 3 ч до облучения. «Монклавит-1» вводили внутривенно в виде водного раствора, через 12 ч после облучения, а затем с интервалом 48 ч, предварительно смешав с водой в соотношении 1:1, объёмом 1 мл/100 г массы, на одно введение, 10 раз. «ActiveMix VMG-500» вводили за 3 сут до и 15 сут после облучения в дозе 0,5 мл/100 г массы. «ActiveMix VMG-500» в 1000 мг вещества содержит: ДАФС-25 – 0,013 мг, витамин А – 0,0612 мг, витамин D<sub>3</sub> – 0,0106 мг, витамин Е – 0,25 мг, витамин В<sub>2</sub> – 0,05 мг, витамин В<sub>3</sub> – 0,5 мг, витамин В<sub>6</sub> – 0,063 мг, витамин В<sub>9</sub> – 0,019 мг, витамин С – 0,416 мг, L-карнитин – 0,5 мг, холин – 0,16 мг, глицерин – 750 мг, вода – 234 мг, хелатные комплексные соединения марганца, кобальта и йода по элементу 0,1128 мг, 0,00189 мг и 0,008 мг соответственно. Концентрацию об.Т<sub>3</sub> и св.Т<sub>4</sub> в сыворотке крови крыс определяли методом твердофазного иммуноферментного анализа (CUSABIO, Китай).

Было установлено, что через 24 ч после острого радиационного поражения концентрация об.Т<sub>3</sub> и св.Т<sub>4</sub> у крыс без дотаций селена возрастала в среднем в 1,9 и 1,2 раза соответственно (таблица 1 и 2).

**Таблица 1** – Влияние ДАФС-25, «Монклавит-1» и «ActiveMix VMG-500» на динамику концентрации об.Т<sub>3</sub> в сыворотке крови крыс (Me[Q25;Q75], n=10)

Группа животных	Добавки		Концентрация об.Т <sub>3</sub> , нмоль/л				
	ДАФС + Монклавит	«ActiveMix VMG-500»	1 сут	5 сут	12 сут	20 сут	30 сут
«Интактные животные»	–	–	1,91 [1,76;2,11]	2,01 [1,81;2,09]	2,11 [1,84;2,19]	2,07 [1,78;2,12]	2,01 [1,79;2,10]

Продолжение таблицы 1

Группа животных	Добавки		Концентрация об.Т <sub>3</sub> , нмоль/л				
	ДАФС + Монклавит	«ActiveMix VMG-500»	1 сут	5 сут	12 сут	20 сут	30 сут
«Контроль облучения»	–	–	3,56* [2,99;3,83]	2,45* [2,21;2,69]	1,69* [1,57;2,12]	3,91* [2,77;4,41]	3,78* [3,68;4,02]
Подопытная группа 1	–	+	2,29# [2,19;2,41]	2,32# [2,09;2,30]	2,27# [2,10;2,36]	2,39# [2,21;2,58]	2,29# [2,19;2,41]
Подопытная группа 2	+	–	2,07# [2,09;2,21]	2,34 [2,14;2,43]	2,22# [2,09;2,30]	2,17# [2,00;2,26]	2,09# [2,01;2,18]

**Примечание:** \* – статистическая значимость относительно интактных животных согласно U-критерия Манна-Уитни составляет менее 0,05;  
# – статистическая значимость различий относительно животных группы «Контроль облучения» согласно H-критерия Краскела-Уоллиса составляет менее 0,05.

**Таблица 2 – Влияние ДАФС-25, «Монклавит-1» и «ActiveMix VMG-500» на динамику концентрации св.Т<sub>4</sub> в сыворотке крови крыс (Me[Q25;Q75], n=10)**

Группа животных	Добавки		Концентрация об.Т <sub>4</sub> , пмоль/л				
	ДАФС + Монклавит	«ActiveMix VMG-500»	1 сут	5 сут	12 сут	20 сут	30 сут
«Интактные животные»	–	–	15,8 [14,9;16,2]	15,5 [15,1;15,9]	15,1 [14,9;15,5]	15,2 [14,7;15,4]	15,1 [14,8;15,8]
«Контроль облучения»	–	–	19,3* [17,4;21,1]	21,3* [19,6;22,3]	16,2* [17,5;18,9]	11,2* [9,8;11,7]	10,6* [10,1;11,8]
Подопытная группа 1	–	+	18,4# [17,8;19,5]	19,4 [18,1;20,9]	16,3 [15,3;17,4]	16,9# [16,0;17,8]	18,4# [17,8;19,5]
Подопытная группа 2	+	–	16,0# [15,8;16,4]	14,2# [13,7;14,6]	17,5 [16,7;17,9]	16,4# [15,9;17,2]	16,8# [16,0;17,6]

**Примечание:** \* – статистическая значимость относительно интактных животных согласно U-критерия Манна-Уитни составляет менее 0,05;  
# – статистическая значимость различий относительно животных группы «Контроль облучения» согласно H-критерия Краскела-Уоллиса составляет менее 0,05.

К 12 сут у контрольных животных отмечали выраженное угнетение выработки тиреоидных гормонов с последующим прогрессивным увеличением концентрации об.Т<sub>3</sub> на фоне снижения концентрации св.Т<sub>4</sub> к 20 и 30 сут. Дотации селена до лучевого воздействия определяли тиреостатический эффект в период первичных реакций на облучение. Комбинированное применение препаратов ДАФС-25к и «Монклавит-1» обеспечивало тиреостабилизирующий эффект, который проявлялся в увеличении концентрации тиреоидных гормонов в период с 12 по 30 сут на 2-4% – об.Т<sub>3</sub> и 8-15% – св.Т<sub>4</sub> относительно интактных животных. Аналогичная динамика выявлена и при применении кормовой добавки «ActiveMix VMG-500», однако уменьшение концентрации св. Т<sub>4</sub> во все сроки наблюдения носило более прогрессивный характер относительно

показателя у крыс первой подопытной группы. Предполагаем, что механизмами реализации радиозащитного и терапевтического действия комбинированного применения ДАФС-25к и «Монклавит-1» являются антиоксидантная активность соединений селена и его влияние на конвертацию тиреоидных гормонов, определяемую селен-зависимыми дейодиназами. Дотации йода на фоне острого радиационного поражения купировали развитие гипопункции щитовидной железы в период «разгара» заболевания и восстановления.

## **ВЛИЯНИЕ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА АКТИВНОСТЬ ГЕНОВ И ДЛИННЫХ НЕКОДИРУЮЩИХ РНК В КЛЕТКАХ РАКА ЛЕГКОГО**

Е.С. Воробьева<sup>1</sup>, Д.В. Салеева<sup>1</sup>, Ю.А. Федотов<sup>1</sup>,  
А.Е. Сурнина<sup>1</sup>, С.А. Абдуллаев<sup>1,2</sup>, А.Н. Осипов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, г. Москва

<sup>2</sup> ИТЭБ РАН, г. Пуццоно

От 80% до 90% случаев заболеваний раком легкого представляют собой клинические случаи немелкоклеточного рака, в частности, аденокарцинома. Данный тип злокачественных новообразований является наиболее распространенным и наблюдается примерно в половине случаев всех новообразований легкого, обладает высокой способностью к метастазированию и характеризуется низким уровнем выживаемости пациентов; при этом различные клеточные линии демонстрируют неодинаковый уровень восприимчивости к применяемой лучевой терапии.

Транскрипционный фактор P53, кодируемый одноименным геном, отвечает за первичный радиационный ответ, и его функциональная активность может непосредственно влиять на радиочувствительность клеток. В связи с этим интерес представляет исследование клеточного ответа на воздействие ионизирующего излучения для различных линий клеток немелкоклеточного рака легкого, дефицитных по гену P53 и полноценно содержащих данный ген.

**Целью** работы было изучение транскрипционной активности белок-кодирующих генов и длинных некодирующих РНК в опухолевых P53-дефицитных клетках и клетках, содержащих ген P53 дикого типа, в ответ на воздействие ионизирующего излучения.

**Материалы и методы.** В качестве объектов исследования были выбраны клеточные линии H1299 (P53-дефицитная) и A549 (содержит P53 дикого типа), которые были облучены в дозе 2 Гр на рентгеновской установке РУБ РУСТ-М1 с мощностью дозы 0,85 Гр/мин.

Через 24 часа после облучения было проведено выделение общей РНК с целью определения экспрессии белок-кодирующих генов (P53, ATM, ATR, RAD51, MDM2, Bax) и

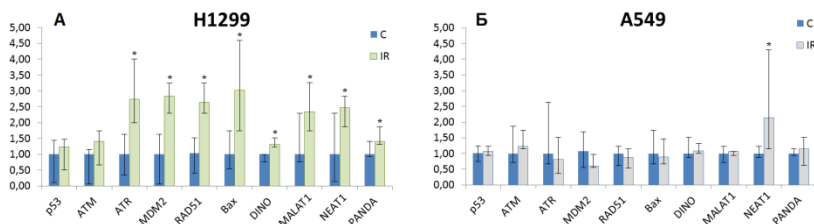
длинных некодирующих РНК (днРНК) (NEAT1, MALAT1, DINO, PANDA) методом ПЦР в реальном времени.

Результаты были представлены в виде медианы изменения экспрессии исследуемых показателей в экспериментальных группах по сравнению с экспрессией в контрольной группе, медиана которой была принята за единицу. Для оценки статистической значимости был применен критерий Манна-Уитни ( $p < 0,05$ ).

**Результаты.** Для клеточной линии H1299 было получено статистически значимое увеличение экспрессии генов *ATR*, *MDM2*, *RAD51* и *Bax* в 2,7, 2,8, 2,6 и 3,0 раз соответственно (рис. 1А). Кроме того, отмечалось статистически значимое увеличение экспрессии длинных некодирующих РНК DINO, MALAT1, NEAT1 и PANDA в 1,3, 2,4, 2,5 и 1,4 раз соответственно.

Для клеточной линии A549 получено статистически значимое увеличение экспрессии только днРНК NEAT1 в 2,1 раза (рис. 1Б).

Данные результаты могут свидетельствовать о разной скорости ответа клеток на радиационные повреждения, включающего в себя репарацию ДНК и запрограммированную клеточную гибель, что, в частности, может объяснять различную чувствительность клеточных линий A549 и H1299 к воздействию ионизирующего излучения.



**Рисунок 1** – Относительная экспрессия белок-кодирующих генов и длинных некодирующих РНК в ответ на ионизирующее излучение для клеточных линий H1299 и A549 в контрольной (С) и экспериментальной (IR) группах.

Символом \* обозначено достоверно значимое изменение экспрессии в экспериментальной группе

**Выводы.** Было выявлено различие в экспрессии генов p53-зависимой системы для клеточных линий H1299 и A549. Отмечается увеличение экспрессии *ATR*, *RAD51*, *MDM2*, *Bax*, ответственных за реакцию на одно- и дунитевые разрывы ДНК, ингибирование активности транскрипционного фактора P53, участие в процессе репарации ДНК путем гомологичной рекомбинации и активацию апоптоза соответственно, для p53-дефицитной клеточной линии H1299. В свою очередь, белок-кодирующие гены *P53* и *ATM* не проявляли своей активности в ответ на действие ионизирующего излучения.



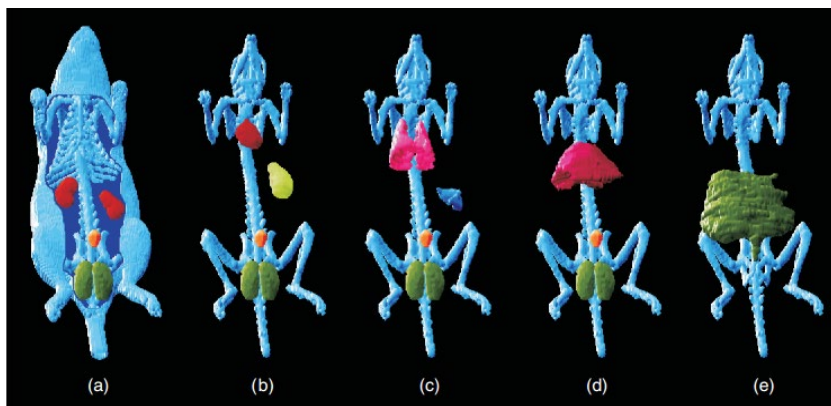
Кроме того, линия Н1299 характеризовалась повышенной индукцией всех изученных днРНК, тогда как для клеточной линии А549 наблюдалось статистически значимое увеличение только днРНК NEAT1, которая отвечает за формирование в клеточном ядре параспеклов, играющих важную роль в регуляции экспрессии генов в радиационном ответе.

Таким образом, при неизменной активности белок-кодирующих генов *P53* и *ATM*, ответственных за первичный клеточный ответ на радиационное повреждение и передачу сигналов о повреждении ДНК, клеточные линии демонстрируют различный уровень экспрессии белок-кодирующих генов, ответственных за последующие звенья каскада реакций p53-зависимой системы.

## ПЕРЕНОС РАДИОАКТИВНЫХ ЧАСТИЦ В ЖЕЛУДОЧНО-КИШЕЧНОМ ТРАКТЕ ГРЫЗУНОВ И ОБЛУЧЕНИЕ ВНУТРЕННИХ ОРГАНОВ

Ю.А. Кураченко, Э.Н. Денисова

ФГБНУ ВНИИРАЭ, г. Обнинск



**Рисунок 1** – 3D-образы фантома крысы, показывающие (а) почки, мочевой пузырь и кишечник; (б) сердце и желудок; (с) легкие и селезенку; (д) печень; (е) кишечник

Образование радиоактивных (“горячих”) частиц (ГЧ) может происходить при различных ядерных авариях. На сегодняшний день накоплено большое количество данных о радиационном воздействии ГЧ на человека и других млекопитающих, но информации о радиационном воздействии ГЧ на желудочно-кишечный тракт (ЖКТ)

недостаточно. Для выяснения различных аспектов воздействия ГЧ на ЖКТ предпринимались экспериментальные и расчётные работы с лабораторными животными.

**Целью** настоящей работы было моделирование переноса ГЧ в ЖКТ грызунов и оценка доз облучения внутренних органов. Следует отметить, что моногастричные грызуны широко распространены в природе и могут быть использованы в качестве референтных организмов для оценки радиационного воздействия на окружающую среду. Кроме того, их ЖКТ морфологически близок к ЖКТ человека.

Для изучения радиационного воздействия ГЧ на лабораторных грызунов использовали крыс породы Вистар массой от 200 до 300 г. В экспериментах использовались силикатные оплавленные радиоактивные частицы размером 80-160 мкм, полученные по “урановой”, “трехкомпонентной” и “рениевой” моделям, поскольку их радиационные характеристики аналогичны характеристикам мгновенных продуктов деления возрастом 10-15 часов. Во время скармливания активности животным удельная активность ГЧ изменялась от 3,7 до 7,4 ГБк/г (100-200 МКи/г).

За последние 20 лет появилось большое количество публикаций по численному моделированию внутреннего облучения радионуклидами лабораторных животных. Основное внимание в этих публикациях уделяется созданию фантомов животных, которые широко используются в дозиметрических исследованиях. Эта деятельность получила значительное развитие с появлением компьютерных томографов, которые позволили создавать реалистичные (воксельные или комбинированные) фантомы мелких животных с высоким разрешением.

Для оценки транспорта активности в желудке крысы была применена однокамерная модель переноса ГЧ. Затем мощности доз в желудке и кишечнике оценивали двумя методами расчета:

- а) традиционным, использующим простую полуэмпирическую модель;
- б) более точным, основанным на RADAR rat phantom.

Мощности доз и накопленные поглощенные дозы были получены в 1) локализации источника, т.е. на дне желудка; 2) тонком кишечнике; 3) толстом кишечнике. В целом, наилучшая согласованность точных и полуэмпирических результатов достигается в точке локализации источника. На периферии, как и следовало ожидать, расхождение результатов больше (но там и поглощенные дозы во много раз меньше).

Поглощенная доза на стенки желудка была довольно значительной при данной введённой активности, в результате чего паренхиматозные органы, ближайшие к источнику (поджелудочная железа, селезенка), также получили значительные дозы облучения. Поглощенные дозы  $\beta$ -облучения в слизистой оболочке желудочно-кишечного тракта, потенциально способные вызвать летальные исходы ( $\sim LD_{30}$ ), соответствуют значениям в диапазоне от 13 до 23 Гр. Интересно отметить, что эти дозы сопоставимы с уровнями общего гамма-облучения грызунов, которые вызывают желудочно-кишечный лучевой синдром при острой лучевой болезни (от  $\sim 10$  до 20 Гр) [1–4].

#### **Список использованных источников:**

1. M. Stabin, et al. "Voxel-Based Mouse and Rat Models for Internal Dose Calculations," Journal of Nuclear Medicine, Vol. 47, (2006) no. 4 pp. 655-659.
2. RADAR – Available Phantoms. Available at: <https://www.doseinfo-radar.com/RADARphan.html> (accessed 7 February 2019).
3. Кураченко Ю.А., Денисова Э.Н. Внутреннее облучение лабораторных животных "горячими" радиоактивными частицами. <https://elibrary.ru>.
4. Кураченко Ю.А., Денисова Э.Н., Козьмин Г.В. и др. Алгоритм расчета доз во внутренних органах воксельной модели крысы. [https://events.rirae.ru/images/Documents/Sbornik\\_conf\\_2021\\_35ChNP\\_P\\_Web.pdf](https://events.rirae.ru/images/Documents/Sbornik_conf_2021_35ChNP_P_Web.pdf).

### **ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ПРОБОПОДГОТОВКА ОБРАЗЦОВ КОСТНОЙ ТКАНИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РАДИОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

О.А. Дорохова

*ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, г. Москва*

Одним из возможных последствий радиационных инцидентов и аварий вследствие неправильного обращения с источниками ионизирующего излучения или их несанкционированного (противоправного) применения является поступление радиоактивных веществ в организм человека, приводящее к его внутреннему облучению. Характер распределения радионуклидов в организме при этом зависит от ряда факторов: пути поступления в организм (ингаляционный, пероральный, раневой, перкутанный), временных параметров поступления (острое или пролонгированное, постоянное во времени или изменяющееся случайным образом), а также физико-химических характеристик поступившего вещества (весовое количество, дисперсность, физико-химическая форма и радионуклидный состав). По конечному органу депонирования существует три основных типа распределения радионуклидов в организме: скелетный, ретикулоэндотелиальный, диффузный (относительно равномерный).

Скелетный тип удержания радионуклидов в организме является характерным для щелочноземельных металлов (кальция, стронция, бария, радия), свинца, актиноидов (урана, плутония и америция) и некоторых других элементов. Содержание радионуклидов в костной ткани определяется процессами удержания и последующего выведения из неё в ходе непрерывно протекающей циркуляции конкретного радионуклида с кровью с перераспределением между всеми органами вторичного депонирования. При накоплении

соответствующих радионуклидов в кости облучению будут подвергаться клетки костных поверхностей и гемопоэтической паренхимы костного мозга, что может приводить к развитию детерминированных и/или стохастических эффектов. Таким образом, при оценке уровней поступления в организм остеотропных радионуклидов анализ их содержания в кости представляет собой один из основных этапов исследований. Особое значение подобные исследования имеют при расследованиях случаев, подозрительных в отношении связи расстройства здоровья или смерти пострадавшего с инкорпорированием радиоактивных материалов вследствие их неконтролируемого поступления, ввиду того, что их результаты приобретают статус важнейшего источника криминалистически значимой информации.

Стартовым этапом при выполнении исследования является преаналитический, в ходе которого отбираются образцы подлежащего исследованию биоматериала и проводится предварительная пробообработка. От качественно, на должном уровне проведенных на этом этапе манипуляций, зависит достоверность и надежность получаемых результатов измерений. В этих целях следует отбирать образцы костей различной локализации в скелете. Это связано с возможным разнообразием условий облучения и неодинаковой инкорпорацией радионуклидов в различных участках костной ткани и необходимостью обеспечения представительности. Отбор проб осуществляется по отдельному протоколу, подготовленному с учетом конкретных задач исследования, в условиях, исключающих их внешнее загрязнение радиоактивными веществами, в том числе и вследствие переноса между образцами.

Для проведения аналитических исследований отбираются аутопсийные образцы костей массой не менее 15 г. На первом этапе пробоподготовки, с соблюдением необходимых мер предосторожности образцы должны быть подвергнуты очистке от фрагментов мягких тканей, осуществляемой первоначально скальпелем, с дальнейшим их полным удалением с помощью 15%-го раствора гипохлорита натрия и механической обработки щеткой из нейтральных материалов. По завершении процедуры очистки образцы костей промываются дистиллированной водой и помещаются на 24 часа в хлороформ для обезжиривания. Далее проводится их высушивание до постоянного веса, включая высушивание на открытом воздухе при естественном освещении, затем искусственную сушку, производимую в сушильном шкафу. На следующем этапе пробоподготовки образцы костной ткани измельчаются: сначала проводится механическое измельчение кусочками, затем дробление в ступке. При необходимости используются шаровая мельница и жидкий азот с целью замораживания костного материала и достижения его большей хрупкости. По окончании измельчения, из размолотой однородной порошкообразной костной массы отбирается проба (навеска) для проведения анализа. Количество образцов, отбираемых на анализ, и масса навески зависят от цели и задач проводимого исследования, а также условий и характера дальнейшей обработки.

#### **Список использованных источников:**

1. Москалев Ю.И. Радиобиология инкорпорированных радионуклидов. – М.: Энергоатомиздат, 1989.
2. Голутвина М.М., Абрамов Ю.В. Контроль за поступлением радиоактивных веществ в организм человека и их содержанием. – М.: Энергоатомиздат, 1989.
3. Глазунов А.Г., Квачева Ю.Е. Методические рекомендации по осмотру места происшествия и судебно-медицинскому исследованию трупов лиц, погибших вследствие радиационных инцидентов и аварий. – М.: ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А. И. Бурназяна ФМБА России, 2019.

### **МИКРОЯДЕРНЫЙ ТЕСТ ЭРИТРОЦИТОВ НОВОРОЖДЕННЫХ ТЕЛЯТ**

В.В. Дубасов, М.В. Щукин, Ц.Ц. Содбоев

*ФГБОУ ВО МГАВМиБ – МВА им. К.И. Скрябина, г. Москва*

**Актуальность.** Последствия аварии на Чернобыльской атомной электростанции для пострадавших регионов Российской Федерации указывают на то, что влияние этой катастрофы на протяжении ещё длительного времени будет сказываться на всех звеньях природного территориального комплекса. Одним из прямых регистрируемых следствий внешнего и внутреннего облучения в малых дозах являются цитогенетические нарушения. В эмбриональный период печень является местом кроветворной дифференцировки и внутреннее облучение в малых дозах, внося одно- и двунитевые разрывы ДНК, создает вынужденную нагрузку на генетический аппарат клеток и приводит к повреждению генетического материала в созревающих клетках крови. Появление цитогенетических нарушений на уровне клеточной популяции может предшествовать развитию патологии.

**Цель исследования:** оценка цитогенетического действия хронического инкорпорированного облучения новорожденных телят.

Для достижения цели были поставлены следующие **задачи**:

1. Исследование радиационного фона, оценка вертикального распределения  $^{137}\text{Cs}$  в почвенных горизонтах и определение плотности поверхностного радиоактивного загрязнения;
2. Установка качественного состава радионуклидов и их концентрации в рационе коров;
3. Проведение клинического анализа крови телят;
4. Количественная оценка цитогенетических повреждений клеток крови телят.

**Материалы и методы исследования.** Методологической основой для изучения цитогенетического действия хронического инкорпорированного облучения новорожденных телят был выбран микроядерный тест (*Materra, Schmid, Ledebur, 1971*).

Для решения поставленных задач использовались современные методы исследования – дозиметрический, гематологический, гамма-спектрометрический, микроскопический и статистический. Радиационный фон местности измеряли дозиметром «СРП-68-01». Пробы почвы целинных участков и пробы кормов отбирали в соответствии с ГОСТ Р 58595-2019 и 58588-2019 соответственно. Удельную активность  $^{137}\text{Cs}$  в пробах почвы и кормов оценивали на приборе СКС-99 «Спутник». Кровь брали из яремной вены телят с соблюдением правил асептики и антисептики. Изучаемые хозяйства были благополучны по инвазионным и инфекционным заболеваниям. В качестве цитогенетического параметра нестабильности генома была выбрана частота встречаемости микроядер. Микросъемку проводили цифровой камерой-окуляр. Для обработки полученных результатов использовали статистические методы с применением пакета программы Statistica 8.0.

Исследования проводили в СХПК «Верещаки» Новозыбковского района Брянской области, ОАО «Агрокомплекс Хвостовичский» Хвостовичского района Калужской области и в хозяйстве, расположенном в городском округе Бронницы Московской области. Климатогеографическая характеристика исследуемых регионов идентична.

**Результаты исследования.** Данные радиационного фона выбранных площадок Московской, Брянской и Калужской областей не превышают допустимый уровень, который варьирует от 20 до 60 мкР/час. Снижение радиационного фона происходило за счет физического распада  $^{137}\text{Cs}$  и его вертикальной миграции в почвах. Львиная доля суммарной удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  приходится на верхние десятисантиметровые слои почвы, а плотность поверхностного загрязнения в Брянской, Калужской и Московской области составила соответственно 34, 3,0 и 0,4 Ки/км<sup>2</sup>.

В зимне-стойловый период основным источником поступления  $^{137}\text{Cs}$  в организм сельскохозяйственных животных являются корма. По результатам гамма-спектрометрического анализа удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  в пробах сена Брянской, Калужской и Московской области составляет соответственно  $271 \pm 102$ ,  $43 \pm 13$  и  $35 \pm 9$  Бк/кг. Таким образом, удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  в пробах сена Брянской области превышает допустимые уровни РФ в 3,5 раза.

При изучении гематологических показателей новорожденных телят из животноводческих хозяйств Московской и Брянской областей статистически значимые различия ни по одному из показателей (эритроциты, лейкоциты, гемоглобин, гематокрит и тромбоциты) не выявлены.

Микроядерный тест используется для количественной оценки воздействия ионизирующего излучения на генетический аппарат клетки. Частота встречаемости микроядер у новорожденных телят СХПК «Верещаки» на 1000 эритроцитов составляет  $0,67 \pm 0,06\%$ , а в эритроцитах телят ОАО «Агрокомплекс Хвастовичский» частота встречаемости микроядер –  $0,19 \pm 0,02\%$ . В экологически благоприятном районе Московской области установлена низкая частота встречаемости микроядер в эритроцитах и составляет  $0,11 \pm 0,01\%$ . Очевидно, частота встречаемости микроядер в эритроцитах новорожденных телят Брянской и Калужской области превышает количество микроядер в эритроцитах новорожденных телят Московской области в 8 и 2 раза соответственно. Данные литературы свидетельствуют, что печень животных накапливает  $^{137}\text{Cs}$ . В эмбриональный период этот орган является местом кроветворной дифференцировки и  $^{137}\text{Cs}$  в условиях радиоактивного загрязнения Брянской и Калужской областей приводит к повреждению генетического материала в клетках крови. Появление хромосомных нарушений на уровне клеточной популяции может предшествовать развитию патологии.

## ДИАГНОСТИКА ЗРИТЕЛЬНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

А.В. Митрофанова<sup>1</sup>, В.В. Егоров<sup>2</sup>, Л.В. Круглова<sup>3</sup>

<sup>1</sup> ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, г. Москва

<sup>2</sup> ФГОУ ВО МГАВМ – МВА имени К.И. Скрябина, г. Москва

<sup>3</sup> Инженерная академия РУДН. Департамент механики и процессов управления, г. Москва

Ранее в трудах Егорова В.В., Журавлева А.И. и Цетлина В.В. на основании результатов косвенных методов, соответственно, ПВС, хемиллюминесценции и с использованием электрохимической ячейки было предположено наличие зрительного излучения у человека и животных [1]. В настоящей работе впервые осуществлено прямое измерение такого излучения человека в ИК области с помощью термометра КМ фирмы ООО «Тимол» (5 см от глаз, 10 добровольцев по 7 измерений, т. комн.). Найдено заметное отличие излучения открытых глаз от закрытых в световом и темновом режимах. Показаны диагностические возможности такого излучения.

### Список использованных источников:

1. Егоров В.В. Излучение и восприятие цвета животными. – М.: ЗооВетКнига, 2018.

## ТЕМПЕРАТУРА И МАССА ТЕЛА У ОБЛУЧЕННЫХ МЫШЕЙ: ЗАВИСИМОСТИ ДОЗА-ЭФФЕКТ И ВРЕМЯ-ЭФФЕКТ

Ю.А. Зрилова<sup>1,2</sup>, Т.М. Бычкова<sup>1</sup>, О.В. Никитенко<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, г. Москва

<sup>2</sup>ФГБУН ФИЦХФ им. Н.Н. Семенова РАН, г. Москва

Появление и широкое распространение ручных инфракрасных термометров в медицине и в экспериментальных работах [Y. Kawakami et al, 2018] дает возможность бесконтактно измерять температуру тела у мышей. Известно [Н.Г. Даренская, 2004; K. Tanigawa, 2021], что важным признаком развития острой лучевой болезни является астенизация, которая выражается в снижении массы тела и повышении его температуры у человека и крупных животных. Однако, снижение массы тела у мышей приводит к истощению их энергетического потенциала [J. Terrien et al, 2011], что ограничивает возможность поддерживать температуру тела на нормальном уровне.

**Целью** данной работы стало сравнение снижения температуры и массы тела у мышей, облученных в широком диапазоне поглощенных доз ионизирующего излучения (ИИ). Достижение поставленной цели позволит получить сведения о главных радиобиологических зависимостях: доза-эффект и время-эффект.

Для измерения температуры тела мышей использовали бесконтактный инфракрасный термометр марки GP-300 (Harbin Xiande Technology Development), диапазон измерений 32-42,9°C, производитель: Китай, точность измерений  $\pm 0,2^\circ\text{C}$ , а также более совершенный термометр модели WF-1000 (B.Well Swiss AG), диапазон измерений 10-50°C, производитель: Китай, точность измерений  $\pm 0,2^\circ\text{C}$ . Температуру тела у мышей измеряли в области живота ежедневно. Массу тела измеряли через день на электронных весах SF-400 с ценой деления 1 г.

Облучение мышей  $\gamma$ -квантами  $^{60}\text{Co}$  проводили на установке ГУТ-200М в дозах: 7,4; 7,8; 8,2; 8,6; 9,0 и 9,4 Гр в течение 406 секунд. Облучали при переменной мощности поглощенной дозы ИИ в зависимости от удаленности клетки с мышами от источника ионизирующего излучения. Клетки были изготовлены из радиационно-проницаемого материала, в каждой клетке по 10 мышей, по одному животному в ячейке. Контрольных (ложнооблученных) животных помещали в установку без включения источника.

Со средней и высокой летальностью от 8,6 до 9,4 Гр происходило наибольшее снижение температуры тела мышей. У животных, облученных в минимально летальных дозах и нелетальной дозе от 7,4 до 8,2 Гр, также отмечено снижение температуры тела, однако оно было менее выражено. В восстановительный период температура тела



практически нормализовалась, за исключением группы 9,4 Гр, в которой выжила одна мышь.

На 10 сутки после облучения, перед началом массовой гибели животных, отмечается прямая зависимость снижения температуры тела от дозы облучения, которая описывается формулой:  $y = -0,16x + 34,627$ , при этом отмечается удовлетворительная корреляция:  $R^2 = 0,6462$ . Небольшое отклонение от этой закономерности отмечено при дозе 8,6 Гр. Повышенная температура тела у этих животных связана с развитием оппортунистической инфекции [В.Н. Мальцев, 1983] при достаточно высокой сохранности массы тела, т.е. энергетического потенциала.

В период массовой гибели облученных мышей на 17 сутки после облучения отмечается временное повышение температуры тела в группе мышей, облученных в дозе 7,8 Гр, что также обусловлено развитием оппортунистической инфекции на фоне достаточного сохранения энергетического потенциала. Начиная с дозы 8,2 до 9,4 Гр, происходит дозозависимое снижение температуры тела до минимальных значений при максимальной дозе облучения. При этом наблюдаем линейную зависимость, которая отражается формулой:  $y = -0,42x + 35,153$ ;  $R^2 = 0,7939$ .

Понижение температуры тела у облученных мышей совпадает по времени с понижением массы тела, поэтому есть зависимость температуры тела животных от энергетического потенциала.

Таким образом, можно сказать, что в период разгара острой лучевой болезни происходит резкое дозозависимое снижение температуры тела мышей. Показатель температуры тела облученных мышей является важным критерием уровня астенизации, что может быть использовано для оценки динамики развития лучевой болезни при различных видах облучения, а также эффективности противолучевых средств, и при решении других экспериментальных задач.

## **ОЦЕНКА ПОТЕРИ КОМПОНЕНТОВ ЭКСТРАКЦИОННОЙ СМЕСИ НА ОСНОВЕ КРАУН-ЭФИРОВ ПРИ ЭКСТРАКЦИИ ЦЕЗИЯ И СТРОНЦИЯ**

Н.В. Сотник, М.А. Бирюкова, Е.А. Демченко,  
А.В. Ивансеева

*ФГУП «ПО «Маяк», г. Озерск*

Одной из актуальных проблем ядерного топливного цикла является утилизация высокоактивных отходов (ВАО), образующихся при переработке отработавшего ядерного топлива, для решения которой привлекается подход, основанный на фракционировании

радионуклидов экстракционным методом. При отработке технологии селективного выделения радионуклидов цезия и стронция кроме достижения высокой степени извлечения важным аспектом является оценка потери компонентов экстракционной смеси, что определяет технологические и экономические показатели процесса.

Наиболее значимым показателем, определяющим эффективность использования экстрагента, является его радиационная устойчивость. Считают, что ионизирующее излучение вызывает радиационно-химические превращения, которые могут изменить свойства экстракционной системы. Как следствие, деструкция экстрагента снижает эффективность экстракции, продукты радиолиза влияют на селективность экстракции, образование активных соединений препятствует разделению фаз и т.п. [2].

К перспективным экстрагентам для переработки ВАО относят органические смеси на основе краун-эфиров дициклогексил-18-краун-6 (ДЦГ-18-К-6) и дибензо-21-краун-7 (ДБ-21-К-7). Использование краун-эфиров обусловлено их высокой селективностью комплексообразования с катионами металлов, а также радиационной и химической устойчивостью. Тем не менее, согласно литературным данным, при радиолизе краун-эфиров и экстракционных систем на их основе происходит разрыв макроцикла, что приводит к снижению эффективности комплексообразования.

Анализировали исходный и оборотный экстрагент. Измерение молярной концентрации ДЦГ-18-К-6 и ДБ-21-К-7 выполняли фотометрическим методом. Пробу органического раствора предварительно разбавляли хлороформом. При определении концентрации ДЦГ-18-К-6 проводили экстракцию с водным раствором метанилового желтого. Оптическую плотность измеряли при длине волны 405 нм (ДЦГ-18-К-6) и 275 нм (ДБ-21-К-7).

Оценку устойчивости компонентов оборотного экстрагента осуществляли ИК-спектрометрическим методом. ИК-спектры исходных и оборотных экстракционных смесей представлены на рисунке 1.

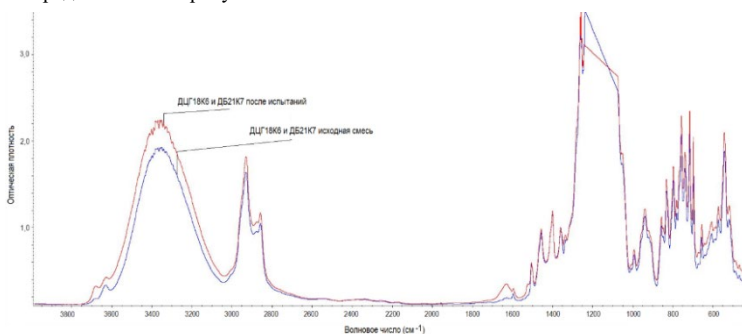


Рисунок 1 – ИК-спектры экстрагента до и после испытаний (15 циклов работы)

В результате исследования установлено, что молярная концентрация ДЦГ-18-К-6 и ДБ-21-К-7 в исходном и оборотном экстрагенте после 8 циклов работы не изменилась: для ДЦГ-18-К-6 в исходном растворе концентрация составила  $(0,101 \pm 0,019)$  моль/дм<sup>3</sup> и  $(0,070 \pm 0,013)$  моль/дм<sup>3</sup> в оборотном экстрагенте, для ДБ-21-К-7  $(0,110 \pm 0,015)$  моль/дм<sup>3</sup> и  $(0,090 \pm 0,013)$  моль/дм<sup>3</sup> в исходном и оборотном растворе соответственно. Анализ ИК-спектров экстракционных смесей до и после испытаний показал, что использование оборотного экстрагента в ходе нескольких циклов работы не приводит к изменениям структуры органических компонентов.

**Список использованных источников:**

1. Громов Б.В., Савельева В.И., Шевченко В.Б. Химическая технология облученного топлива. М.: Энергоатомиздат, – 1983. – 352 с.
2. Нестеров С.В. Краун-эфиры в радиохимии. Достижения и перспективы. // Успехи химии., – 2000. – 69 (9). – с. 840 – 855.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОСТОЯНСТВА ДОЗИМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ ПРОТОННОЙ ТЕРАПИИ В ФГБУ ФНКЦРиО ФМБА РОССИИ**

В.А. Киселев, А.М. Демидова, Е.Н. Устимова,  
Ю.Д. Удалов, С.Е. Гриценко

*ФГБУ ФНКЦРиО ФМБА России, г. Дмитровград*

**Цель работы**

Определение диапазонов колебания дозиметрических параметров системы протонной терапии (ПТ) для уточнения допустимых предельных отклонений

**Материал и методы исследований**

Основой для программы гарантии качества системы ПТ в ФГБУ ФНКЦРиО ФМБА России является доклад американской ассоциации физиков в медицине ААРМ TG-224, согласно которому упоминается, что программа гарантии качества является живым, адаптивным документом, который необходимо уточнять, корректировать и оптимизировать, исходя из особенностей используемой системы ПТ и доступного дозиметрического оборудования [1].

После организации проверок в рамках программы ежедневной гарантии качества в ФГБУ ФНКЦРиО ФМБА России появилась возможность в автоматическом режиме собирать данные об анализируемых параметрах системы ПТ для последующего анализа. Было решено исследовать стабильность во времени дозиметрических параметров системы ПТ для определения диапазонов колебания дозиметрических параметров системы ПТ, что позволит уточнить допустимые пределы отклонений этих параметров [2].

### **Результаты исследований**

Проведено исследование стабильности следующих параметров: коллинеарность рентгеновской и протонной систем, координата спота, размер спота, а также параметры, относящиеся к постоянству выбора энергии протонного пучка. В результате исследования было обнаружено, что значения коллинеарности, размера спота и параметров, относящихся к постоянству выбора энергии протонного пучка, колеблются в значительно меньших диапазонах, по сравнению с предложенными в TG-224.

### **Заключение**

В результате исследования получен результат, который позволит пересмотреть подход к планированию протонной терапии в ФГБУ ФНКЦРиО ФМБА России [3-6], в частности, к выбору отступов PTV, а также предложены новые уточненные допуски предельных отклонений параметров, анализируемых в рамках ежедневной гарантии качества системы ПТ.

### **Образовательная цель доклада**

Доклад «Исследование стабильности во времени дозиметрических параметров системы протонной терапии в ФГБУ ФНКЦРиО ФМБА России» ставит целью познакомить участников конференции с устойчивостью во времени дозиметрических параметров системы протонной терапии.

### **Ожидаемые результаты**

Участники узнают о составе контролируемых параметров и их стабильности, а также о возможном применении полученных данных при планировании протонной терапии.

### **Список использованных источников:**

1. B. Arjomandy, P. Taylor, C. Ainsley, S. Safai, N. Sahoo, M. Pankuch, J.B. Farr, S.Y. Park, E. Klein, J. Flanz, E. D. Yorke, D. Followill, Y. Kase. AAPM task group 224: Comprehensive proton therapy machine quality assurance. – Medical Physics, 46 (8), 2019. – p. 628-705.
2. Оптимизация программы ежедневной гарантии качества системы протонной терапии / В. А. Киселев, А. М. Демидова, Е. А. Маслокова, Е. С. Фомина // Медицинская физика. – 2021. – № 1(89). – С. 22-23.
3. В.А. Климанов, Радиобиологическое и дозиметрическое планирование лучевой и радионуклидной терапии. Части 1 и 2. Учебное пособие // Москва – НИЯУ МИФИ, 2011.
4. Физика планирования протонной лучевой терапии / В. А. Климанов, А. С. Самойлов, Ю. Д. Удалов [и др.] // Медицинская радиология и радиационная безопасность. – 2019. – Т. 64. – № 2. – С. 23-32. – DOI 10.12737/article\_5ca5e2677a1a06.60363700.
5. Е.Л. Слобина, Основы фракционирования дозы лучевой терапии / Е. Л. Слобина // Онкологический журнал. – 2008. – Т. 2. – № 2(6). – С. 173-186.

6. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2021620627 Российская Федерация. База данных пациентов, получавших протонную терапию по поводу онкологических заболеваний в системе ФМБА России: № 2021620501; заявл. 26.03.2021; опублик. 02.04.2021 / Ю. Д. Удалов, Д. С. Крючко, Е. Л. Слобина [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный научно-клинический центр медицинской радиологии и онкологии» Федерального медико-биологического агентства.

## ИЗУЧЕНИЕ РАДИОПРОТЕКТОРНЫХ СВОЙСТВ ФУМАРОВОЙ КИСЛОТЫ ПРИ ДЕЙСТВИИ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА КЛЕТКИ ЧЕЛОВЕКА

П.С. Кушова<sup>1,2</sup>, Л.Н. Комарова<sup>1</sup>, Е.Р. Выпова<sup>1</sup>,  
А.А. Берсенева<sup>1</sup>, А.Р. Муфтеева<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ИАТЭ НИЯУ МИФИ, г. Обнинск

<sup>2</sup> МРНЦ им. А.Ф. Цыба – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России,  
г. Обнинск

**Актуальность.** В России в 2020 г. выявлено 556 036 случаев онкологических заболеваний, совокупный показатель распространенности составил 2 712,9 на 100 тыс. населения [1]. Для лечения онкологических заболеваний применяются различные методы и подходы. Основным методом лечения таких заболеваний является метод лучевой терапии с использованием ионизирующего излучения. Большой трудностью в проведении лучевой терапии является то, что между опухолью и источником излучения чаще всего находятся здоровые ткани. Адронная терапия (в т.ч. протонами и углеродными пучками) является на сегодняшний день наиболее эффективной формой лучевой терапии неоперабельных, глубоко расположенных опухолей, в том числе радиорезистентных. Значительным недостатком использования тяжелых заряженных частиц в лечении онкологии является их деление на осколки, которые имеют большой пробег по отношению к первичным ионам, из-за чего растет дозовая нагрузка на здоровые ткани. На данный момент в радиобиологии и клинической онкологии актуальным направлением является изучение способов повышения радиорезистентности окружающих опухоль нормальных клеток к действию ионизирующего излучения. Радиозащитные препараты имеют важное значение в лучевой терапии, поскольку нормальные ткани должны быть защищены от лучевого поражения при использовании высоких доз облучения. Однако, радиопротекторы, применяемые при терапии опухолей, обладают некоторыми недостатками. Большая часть из них характеризуются острой и хронической токсичностью, которая накапливается при многократном применении. В работе было

проведено исследование радиопротекторных свойств фумаровой кислоты на нормальные и опухолевые клетки человека при действии гамма-излучения и излучения ионов  $^{12}\text{C}$ .

**Цель работы:** изучение радиопротекторных свойств фумаровой кислоты при действии гамма-излучения и излучения ионов  $^{12}\text{C}$  на опухолевые (нейробластома SK-N-BE) и нормальные (фибробласты hTERT) клетки человека.

**Материалы и методы.** Объект исследования: клеточные линии: фибробласты hTERT – нормальные клетки соединительной ткани и нейробластома SK-N-BE – эмбриональная опухоль стволовых нервных клеток – нейробластов. Клетки культивировали по стандартной методике [2]. Исследуемое соединение – фумаровая кислота. Клетки инкубировали с исследуемым веществом в концентрации 0,05 мг/мл в течение 24-х часов. Облучение ионами  $^{12}\text{C}$  проводили на каскаде ускорителя «У-70» Института физики высоких энергий (ИФВЭ) ФГБУ ГНЦ РФ «Курчатовский институт» (г. Протвино). Облучение осуществлялось в водном фантоме со средней энергией 455,8 МэВ/нуклон. Дозы облучения: 1, 2, 4, 6 Гр. Источником гамма-излучения служила гамма-установка «ГУР-120» (источник ионизирующего излучения  $^{60}\text{Co}$ ,  $E_{\text{ср}}=1,25$  МэВ). Мощность дозы составила 0,9 Гр/мин. Дозы облучения: 1, 4, 6, 10 Гр. Эффекты действия ионизирующего излучения на клетки оценивали с помощью расчёта времени удвоения и анализа клоногенной активности. Каждая серия опытов повторялась 3-5 раз.

**Результаты.** В данной работе было исследовано действие ионизирующего излучения разного качества, фумаровой кислоты и совместное действие облучения и соединения на две клеточные линии. Контролем служили интактные клетки.

Показано, что применение фумаровой кислоты оказывает радиозащитное действие на нормальные и опухолевые клетки при облучении их гамма излучением в дозах 1, 4, 6 и 10 Гр по тесту клоногенной активности. Проявление радиопротекторных свойств у фумаровой кислоты по отношению к действию  $\gamma$ -излучения на опухолевые клетки человека объясняется тем, что соединение не обладает селективностью по отношению к нормальным клеткам человека.

При этом выявлено, что применение фумаровой кислоты не оказывает радиозащитное действие на опухолевые клетки при облучении их ионами  $^{12}\text{C}$ . Это объясняется высокой ОБЭ ионного излучения. Полученные данные представляют большой интерес, так как нормальные ткани, находящиеся за пиком Брэгга, могут быть защищены от вторичных продуктов ионно-углеродной терапии (например, гамма-квантов), в то время как опухолевые клетки не будут подвергаться радиозащитному действию препаратов.

Сравнительный анализ результатов действия фумаровой кислоты с гамма-квантами и ионами  $^{12}\text{C}$  показал существенную зависимость проявления модифицирующих свойств от качества излучения.

Также в работе было оценено влияние облучения, фумаровой кислоты и их комбинированного действия на время удвоения клеток. Присутствие в контроле

соединения не увеличивало время удвоения клеток, что подтверждает проведенные ранее исследования об отсутствии токсичности фумаровой кислоты в исследуемой концентрации. Напротив, при действии гамма-излучения фумаровая кислота существенно снижала время удвоения фибробластов более, чем в два раза при дозе 10 Гр и время удвоения клеток нейробластомы почти в 1,5 раза. Также время удвоения клеток нейробластомы снижалось в 1,3 раза при действии ионов  $^{12}\text{C}$  в дозе 10 Гр.

**Выводы.** Полученные данные позволяют говорить о том, что фумаровая кислота помимо всего прочего проявляет радиозащитные свойства и может быть исследована далее в качестве радиопротекторов на других видах ионизирующего излучения, а также на более широком спектре культур клеток человека. Эти исследования открывают новые возможности уменьшения лучевой нагрузки на здоровые ткани человека, в том числе снижения поражающего действия вторичных продуктов на здоровые клетки за пиком Брэгга при действии ионно-углеродной терапии.

**Список использованных источников:**

1. Каприн А.Д., Старинский В.В., Шахзадова А.О. Злокачественные новообразования в России в 2020 году (заболеваемость и смертность). – М.: МНИОИ им. П.А. Герцена – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, 2021. – 252 с.
2. Прилепский А.Ю., Дроздов А.С., Богатырев В.А., Староверов С.А. Методы работы с клеточными культурами и определение токсичности наноматериалов. СПб: Университет ИТМО, 2019. 43 с.

**ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ И КИНЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ  
КОМПЛЕКСООБРАЗОВАНИЯ ЛИГАНДА ВАТА С ВИСМУТОМ  
ДЛЯ ТАРГЕТНОЙ АЛЬФА ТЕРАПИИ В СРАВНЕНИИ С ДОТА**

Е.В. Матазова<sup>1</sup>, Б.В. Егорова<sup>1</sup>, А.В. Пашанова<sup>2</sup>,  
А.Д. Зубенко<sup>2</sup>, О.А. Фёдорова<sup>2,3</sup>, С.Н. Калмыков<sup>1</sup>

<sup>1</sup> МГУ, химический факультет, г. Москва

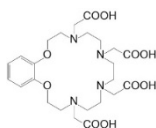
<sup>2</sup> ИИЭОС РАН им. А.Н. Несмеянова, г. Москва

<sup>3</sup> РХТУ им. Д.И. Менделеева, г. Москва

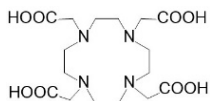
Радионуклидная таргетная терапия – безопасный и эффективный метод для лечения многих видов рака. Источник ионизирующего излучения доставляется непосредственно к клетке-мишени либо векторными биомолекулами, которые специфически связываются с рецепторами раковых клеток, либо посредством физиологических механизмов. Помимо ионизирующего излучения, которое несёт непосредственную терапевтическую функцию, многие из используемых радионуклидов излучают также фотоны, позволяющие визуализировать биораспределение радиофармпрепарата (РФП). По сравнению с другими

вариантами системного лечения рака радионуклидная таргетная терапия показала эффективность при минимальной токсичности. Всё больше РФП одобряет Управление по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов США (FDA), последнее из которых –  $^{177}\text{Lu}$ -PSMA-617, показал высокую эффективность в терапии неоперабельного метастатического рака предстательной железы. Однако уже показано, что аналогичный препарат, но на основе альфа-излучателя  $^{225}\text{Ac}$  обладает ещё большей эффективностью и способен преодолевать выработанную устойчивость опухолевых клеток к бета-излучению. Можно отметить, что в области ядерной медицины происходит смещение тренда в сторону таргетной альфа-терапии (ТАТ). РФП на основе альфа-излучателей, которые дошли до II фазы клинических испытаний, имеют в составе  $^{211}\text{At}$ ,  $^{225}\text{Ac}$  или  $^{213}\text{Bi}$ . Из них наиболее подходящими химическими характеристиками обладают  $^{225}\text{Ac}$  и  $^{213}\text{Bi}$ .

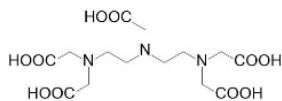
Связующим звеном между биомолекулой и альфа-излучающим радионуклидом является лиганд, связывающий катион в комплекс. На сегодняшний день по-прежнему стоит задача по поиску подходящих лигандов. Несмотря на то, что обычно используют лиганды DOTA или DTPA, комплексы с DTPA (что показано на примере с  $^{90}\text{Y}$ ) неустойчивы *in vivo*, а комплексообразование с DOTA требует повышенных температур (до  $100^\circ\text{C}$ ), что затрудняет процесс синтеза с термочувствительными биомолекулами. Комплекс  $\text{Bi}^{3+}$  с новым лигандом ВАТА продемонстрировали устойчивость *in vitro* и *in vivo*, поэтому возникла необходимость дополнительного определения термодинамических и кинетических параметров комплексообразования ВАТА. Это также важно для глубокого понимания процессов комплексообразования данного класса лигандов и поиска подходящих лигандов с другими катионами.



$\text{H}_4\text{BATA}$



$\text{H}_4\text{DOTA}$



$\text{H}_4\text{DTPA}$

В работе для корректного определения констант устойчивости дополнительно использован метод экстракции помимо стандартного потенциометрического титрования, ввиду очень высоких значений констант устойчивости  $\text{BiBATA}$ . Данный метод работает со следовыми количествами комплекса с меткой радиоактивного  $^{207}\text{Bi}$ , и полученные результаты свидетельствуют о применимости данного метода с такими катионами как  $\text{Ac}^{3+}$ , с которыми возможно работать только в индикаторных количествах.



Было проведено сравнение скорости образования и диссоциации комплексов  $\text{Bi}^{3+}$  с БАТА, ДОТА и ДТРА в кислой среде (рН 1). Показано, что образование  $\text{Bi}^{\text{I}}\text{БАТА}$  и  $\text{Bi}^{\text{I}}\text{ДТРА}$  в избытке лиганда даже в кислой среде происходит очень быстро, в течение нескольких минут, в то время как комплекс с ДОТА не образуется. В то же время комплексы  $\text{Bi}^{\text{I}}\text{ДТРА}$  и  $\text{Bi}^{\text{I}}\text{ДОТА}$  оказываются устойчивы в кислой среде, тогда как  $\text{Bi}^{\text{I}}\text{БАТА}$  медленно диссоциирует примерно наполовину. Согласно детальному исследованию кинетики диссоциации  $\text{Bi}^{\text{I}}\text{БАТА}$  в зависимости от концентрации протонов в кислой среде, диссоциация обусловлена склонностью к протонированию лиганда, а установленный механизм диссоциации схож с комплексами ДОТА-подобных лигандов. В то же время было установлено, что высокая устойчивость комплекса *in vivo* обусловлена преобладающим присутствием моно- и депротонированной формы комплекса, в отличие от кислых сред, где более высокопротонированные формы оказываются неустойчивы. Всё это делает лиганд БАТА подходящим для применения с терапевтическими изотопами  $^{212,213}\text{Bi}$  в составе РФП для ТАТ.

## ИССЛЕДОВАНИЕ КОМБИНИРОВАННОГО ДЕЙСТВИЯ ДОКСОРУБИЦИНА И ИОНОВ УГЛЕРОДА НА КЛЕТКИ НЕЙРОБЛАСТОМЫ

А.А. Мельникова<sup>1,2</sup>, Д.А. Балдов<sup>1</sup>, Л.Н. Комарова<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ИАТЭ НИЯУ МИФИ, г. Обнинск

<sup>2</sup> МРНЦ им. А.Ф. Цыба – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, г. Обнинск

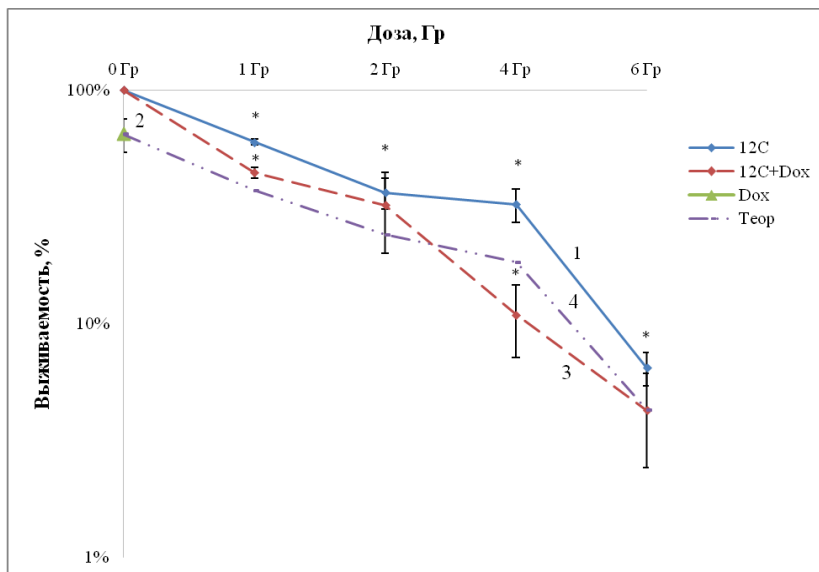
Нейробластома является распространенным онкологическим заболеванием детского возраста, имеющим значительный риск смерти. Эта солидная опухоль проявляет различное клиническое поведение, варьирующееся от спонтанной регрессии до широко распространенного метастатического заболевания. Отсутствие многообещающих методов лечения требует новых исследовательских подходов, которые могут улучшить понимание молекулярной основы нейробластомы. Доксорубин применяется в протоколах лечения гиперпллоидных опухолей, нейробластом групп низкого и промежуточного риска, и может сочетаться с циклофосфамидом, карбоплатином и эпопозидом, а также в комбинации с лучевой терапией.

Объектом исследования являлась клеточная линия SK-N-BE(2) (нейробластома). **Целью** работы было выявление закономерностей комбинированного действия ионизирующего излучения (ионы  $^{12}\text{C}$ ) и противоопухолевого антибиотика антрациклинового ряда – доксорубинина – на опухолевых клетках человека. Облучение

ионами  $^{12}\text{C}$  проводили на ускорителе У-70 Института физики высоких энергий (ИФВЭ) ФГБУ ГНЦ РФ «Курчатовский институт» (г. Протвино).

Дана оценка влияния химиопрепарата доксорубина на исследуемые клеточные линии по показателю – время удвоения. Показано, что после воздействия доксорубина в концентрации 0,004 мг/мл наблюдается увеличение интервала, за которое популяция клеток удваивается. Так, максимальное время удвоения составляет 11 часов. Для оценки качества комбинированного действия ионизирующего излучения и химиопрепарата, мы использовали коэффициент синергического усиления, который определяется отношением теоретически ожидаемой выживаемости клеток при независимом сложении эффектов от обоих агентов, к соответствующей выживаемости, оцененной по экспериментальной кривой выживаемости, полученной после комбинированного действия [1].

На рисунке 1 приведены экспериментально полученные кривые выживаемости клеток линии SK-N-BE(2) после комбинированного действия плотниоизирующего излучения ( $^{12}\text{C}$ ) и доксорубина. Кривая 1 характеризует выживаемость клеток после действия одного ионизирующего излучения (ионы  $^{12}\text{C}$ , энергия 450 МэВ/нуклон), действие только доксорубина показано точкой 2, кривая 3 – выживаемость клеток после комбинированного действия ионизирующего излучения и химиопрепарата, кривая 4 – теоретическая кривая, ожидаемая при независимом сложении эффектов от ионизирующего излучения и препарата доксорубина.



**Рисунок 1** – Зависимость выживаемости клеток SK-N-BE(2) от поглощенной дозы ионизирующего излучения (ионы углерода)

При действии излучения в дозах 1 и 2 Гр характер взаимодействия повреждений характеризуется как антагонистический. Полученные значения показали, что коэффициент синергического усиления возрастает с дозой облучения и достигает максимального значения  $1,07 \pm 0,05$  при 4 Гр. Это может быть обусловлено эффективностью взаимодействия излучения и препарата только с возрастанием дозы.

Таким образом, в рамках нашего исследования, выбранные дозы ионизирующего излучения недостаточно эффективны для проявления синергического взаимодействия двух повреждающих агентов.

**Список использованных источников:**

1. Петин В. Г., Жураковская Г. П., Комарова Л. Н. Радиобиологические основы синергических взаимодействий в биосфере / В. Г. Петин, Г. П. Жураковская, Л. Н. Комарова. – Москва: ГЕОС. –2012.– 219 с.

**ОЦЕНКА ВЫЖИВАЕМОСТИ ЛАБОРАТОРНЫХ МЫШЕЙ И КРЫС  
ПРИ ОСТРОМ РАДИАЦИОННОМ ПОРАЖЕНИИ  
НА ФОНЕ ПРИМЕНЕНИЯ ПРЕПАРАТОВ ЙОДА И СЕЛЕНА**

М.Д. Назарова, С.А. Бревнова, Н.Ю. Югатова,  
Е.И. Трошин, Р.О. Васильев

*ФГБОУ ВО СПбГУВМ, г. Санкт-Петербург*

Разработка рецептуры фармакологически-активных веществ, которая в период до воздействия ионизирующего облучения может использоваться в качестве лечебно-профилактического средства для коррекции рациона по содержанию микроэлементов, особенно в эндемичных регионах, а при угрозе возникновения лучевого поражения окажет радиозащитное и терапевтическое действие, является актуальной задачей современной радиобиологии. Что и послужило предпосылкой к выполнению данного экспериментального исследования.

**Цель работы:** оценка выживаемости лабораторных мышей и крыс при однократном внешнем воздействии гамма-излучения на фоне комбинированного применения ДАФС-25 и Монклавит-1.

Для проведения эксперимента было сформировано 7 групп самцов мышей, живой массой  $30 \pm 3$  г, и 7 групп самцов крыс, живой массой  $220 \pm 20$  г, по 10 особей в каждой. Формирование групп осуществлялось по принципу пар-аналогов. 1 группа – интактные животные, 2 группа – контроль облучения, 3-7 группы – подопытные мыши и крысы.

Моделирование острого радиационного поражения проводилось с использованием установки дистанционного облучения ИГУР-1 для облучения до достижения поглощенной дозы 7,0 Гр для крыс и 6,0 Гр для мышей при мощности поглощенной дозы ионизирующего излучения 0,99 Гр/мин.

В качестве исследуемых средств применяли йод-полимерный препарат Монклавит-1 и кормовую добавку ДАФС-25, содержащую селен в органической форме.

Мышам и крысам подопытных групп № 3 вводили внутривентрикулярно, однократно, раствор Монклавита-1 через 12 часов после облучения и далее с интервалом 48 часов, 10 раз. Перед применением препарат разводили с водой в соотношении 1:1. Объем вводимого раствора для крыс составлял 1,0 мл на 100 грамм, для мышей 0,3 мл на животное.

Мышам 4 и 5 групп за 3 часа до облучения осуществляли внутривентрикулярное выпаивание масляного раствора ДАФС-25 в дозах 6,5 мг/кг и 1,6 мг/кг соответственно.

Дозы мышам, выбранные для исследования, составляли 1/2 и 1/8 от ЛД16 (13,398 мг/кг), определенной в серии ранее проведенных опытов.

Крысам 4 и 5 подопытных групп по той же методике, что и мышам, готовили и задавали масляный раствор ДАФС-25 в дозах 5,3 мг/кг и 1,3 мг/кг, что соответствовало 1/2 и 1/8 от выведенной ранее ЛД16 (10,411 мг/кг).

Мыши и крысы групп № 6 и № 7 получали комбинацию препаратов йода и селена. Мышам за 3 часа до облучения, однократно, внутривентрикулярно вводили раствор ДАФС-25 на растительном масле в дозах 6,5 мг/кг и 1,6 мг/кг. Через 12 часов после воздействия гамма-излучения задавали Монклавит-1, разбавленный с водой 1:1, в объеме 0,3 мл на мышшь. Крысам аналогично выпаивали раствор ДАФС-25 в дозах 5,3 мг/кг и 1,3 мг/кг, а также Монклавит-1 (разведенный водой 1:1) в дозе 1 мл на 100 грамм.

Однократное внешнее гамма-облучение приводило к развитию у крыс и мышей острого радиационного поражения средней и тяжелой степеней тяжести. Гибель отмечали в период с 4 по 21 сутки наблюдения.

В контрольной группе крыс выживаемость к 30 суткам составила 20%, мышей – 17%, при использовании водного раствора Монклавит-1 – 30% у крыс, 33% у мышей. Введение селеносодержащей добавки ДАФС-25 крысам в дозах 5,3 мг/кг и 1,3 мг/кг повысило выживаемость до 40% и 50% ( $p < 0,05$  – точный критерий Фишера) соответственно. В аналогичных группах мышей применение ДАФС-25 определяло выживаемость 45% подопытных животных в дозе 6,5 мг/кг и 50% – в дозе 1,3 мг/кг.

Комбинированное применение ДАФС-25 в дозах 6,5 мг/кг и 1,6 мг/кг у мышей, и 5,3 мг/кг и 1,3 мг/кг у крыс, а также Монклавита-1 способствовало статистически значимому повышению выживаемости. У мышей до 56% ( $p < 0,05$  – точный критерий

Фишера) и 67% ( $p < 0,05$  – точный критерий Фишера) против 17% в контрольной группе; у крыс до 55% ( $p < 0,05$  – точный критерий Фишера) и 60% ( $p < 0,05$  – точный критерий Фишера) против 20% в контрольной группе.

Таким образом, установлено, что комплексное применение масляного раствора ДАФС-25 до облучения и водного раствора Монклавит-1 после облучения положительно влияет на течение и исход лучевой болезни средней и тяжёлой степеней и способствует статистически значимому повышению выживаемости лабораторных мышей и крыс. Следовательно, комбинация йода и селена может быть рекомендована для дальнейшего изучения с целью усовершенствования уже имеющихся рецептов и разработки новых, ещё более эффективных средств, предназначенных для купирования патологического действия ионизирующего излучения.

## **УСКОРИТЕЛЬ ЭЛЕКТРОНОВ ДЛЯ НЕЙТРОНОЗАХВАТНОЙ ТЕРАПИИ И ПРОИЗВОДСТВА РАДИОФАРМПРЕПАРАТОВ**

Ю.А. Кураченко<sup>1</sup>, Е.А. Онищук<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФГБНУ ВНИИРАЭ, г. Обнинск

<sup>2</sup> АНО ДПО «Техническая академия Росатома», г. Обнинск

Работа посвящена изучению возможностей мощных ускорителей электронов для нейтронной терапии и получения радиоизотопов. Вычисления выполняются для обоих приложений, и результаты нормируются на характеристики современного ускорителя MEVEX (средний электронный ток 4 мА при моноэнергетическом электронном пучке 35 МэВ).

Объединяющей проблемой для обоих приложений является задача охлаждения мишени: при энергии пучка ~ 140 кВт почти половина или более этой энергии выделяется непосредственно в мишень. Поэтому в качестве мишени был выбран жидкий тяжёлый металл (Ga), чтобы сочетать высококачественную термогидравлику с максимальной производительностью как тормозного излучения, так и фотонейтронов. Мишень была оптимизирована с использованием точных кодов для задач переноса излучения и термогидравлики. Оптимизация была проведена для установки в целом: 1) для конфигурации и состава материалов мишени; 2) для состава материалов и конфигурации блока вывода фотонейтронов для нейтронозахватной терапии (НЗТ) и 3) для схемы генерации тормозного излучения при получении радиоизотопов. Блок вывода фотонейтронов обеспечивает требуемое качество пучка для НЗТ с большой плотностью потока нейтронов на выходе:  $\sim 2 \cdot 10^{10} \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1}$ , что на порядок выше значений на выходе

существующих и проектируемых реакторных пучков. Такая интенсивность на выходе пучка позволит во многих случаях отказаться от фракционного облучения.

Что касается получения радиоизотопов, то с использованием оптимального канала реакции ( $\gamma, n$ ) было получено 43 радиоизотопа в 5 группах. Например, в реакции  $^{100}\text{Mo}(\gamma, n)^{99}\text{Mo}$  предшественник  $^{99}\text{Mo}$  основного диагностического нуклида  $^{99\text{mTc}}$  с удельной активностью  $\sim 6$  Ки/г и общей активностью мишени 1,8 кКи может быть получен после 24 ч облучения.

Предлагаемые схемы генерации как вывода фотонейтронов, так и вывода тормозного излучения имеют ряд преимуществ перед традиционными схемами: а) использование ускорителей электронов для получения нейтронов намного безопаснее и дешевле, чем использование реакторных пучков; б) ускоритель с мишенью и блоком вывода пучка с необходимым оборудованием и оснасткой можно легко разместить на территории клиники; в) предлагаемая жидкая проточная галлиевая мишень для НЗТ, которая также служит охлаждающей жидкостью, является “экологически чистым” материалом: её активация при типичных сценариях облучения относительно мала и быстро (за 4 сут) снижается до фонового уровня [1–3].

#### **Список использованных источников:**

1. Ю.А. Кураченко, Е.А. Онищук и др. DOI 10.26583/npe.2019.4.12.
2. Ю.А. Кураченко, Е.А. Онищук и др. DOI: 10.12737/1024-6177-2019-64-5-48-53.
3. Кураченко, Е.А. Онищук и др. Мощный электронный ускоритель для производства нейтронов и радиоизотопов//Известия вузов. Ядерная энергетика. <https://nuclear-power-engineering.ru>.

## **ОБ ИССЛЕДОВАНИЯХ РАДИОЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ ПРЕПАРАТОВ НА ОСНОВЕ ХЛОРОФИЛЛА**

Л.А. Ромодин

*ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, г. Москва*

Разработка эффективных, и притом нетоксичных, радиозащитных препаратов – одна из главных задач радиобиологии. С конца прошлого века различными научными коллективами проводятся исследования радиопротекторных свойств препаратов на основе различных нетоксичных природных веществ. В качестве примеров можно привести исследования радиозащитных свойств меланина [1],  $\beta$ -D-глюкоанов [2] и других веществ [3, 4, 5], в том числе – хлорофилла и водорастворимого продукта его омыления – хлорофиллина (в статье [6] обобщены отечественные и зарубежные исследования на эту тему).

Среди работ, посвящённых исследованиям радиопротекторных свойств препаратов на основе хлорофилла, можно выделить исследования, проведённые А.В. Поздеевым под руководством профессора Н.П. Лысенко, обобщённые в докторской диссертации [7]. В ней приведены результаты исследований радиозащитного действия данных препаратов на мышах. Значение фактора изменения дозы (ФИД)  $\gamma$ -излучения для этого препарата, согласно расчётам А.В. Поздеева, находилось в диапазоне 2-4 для различных поглощенных доз ионизирующего излучения. ФИД – это отношение дозы излучения, вызывающей гибель половины получивших препарат животных, к дозе, смертельной для половины особей, не получивших его.

Однако анализируя исследования радиозащитных свойств препаратов на основе хлорофилла нетрудно заметить, что в большинстве из них экспериментаторы применяли не сам хлорофилл, нерастворимый в воде, а водорастворимый продукт его омыления – хлорофиллин [6]. Хлорофиллин и сам хлорофилл обладают антиоксидантным действием [7, 8], которое, по-видимому, и обеспечивает радиозащитный эффект. На молекулярной модели методом регистрации усиленной кумарином-334 хемилюминесценции было показано, что хлорофиллин ингибирует перекисное окисление липидов (ПОЛ), при этом половинное угнетение ПОЛ вызывал хлорофиллин в концентрации 3,7 мкМ; это позволяет сделать вывод о торможении им метаболизма липидных радиотоксинов [9].

Очевидна актуальность разработки радиозащитных препаратов на основе хлорофилла. Актуальными представляются исследования, посвящённые изучению их защитного действия на генетический аппарат клеток как потенциального способа сглаживания отдалённых последствий действия ионизирующего излучения.

Необходимо разработать наиболее эффективную клинически приемлемую форму препарата. Наиболее многообещающим нам кажется применение водорастворимого хлорофиллина в составе липосом, на поверхности которых имеются лиганды к специфическим рецепторам радиочувствительных клеток.

#### **Список использованных источников:**

1. Воронцова З.А., Иванов А.А., Никитюк Д.Б., Аванесова А.А. Некоторые морфоклинические доказательства радиопротективного характера меланинов (обзор литературы) // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2016. № 4. – С.: 295–302. doi: 10.12737/22219.
2. Софронов Г.А., Мурзина Е.В., Аксенова Н.В., Веселова О.М., Легеза В.И. Перспективы изучения эффективности бета-D-глюканов в качестве противолучевых средств // Известия Российской военно-медицинской академии. 2020. № 39(S3-3) – С.: 193–198.
3. Томусяк М.В., Соколов И.Р., Горюнов М.А., Колесников А.С. Потенциал применения растений в препаратах-радиопротекторах // Интернаука. 2022. № 11-1(234). – С.: 11–14.

4. Shivappa P., Bernhardt G.V. Natural Radioprotectors on Current and Future Perspectives: A Mini-Review // Journal of pharmacy & bioallied sciences. 2022. № 14(2) – P.: 57–71. doi: 10.4103/jpbs.jpbs\_502\_21.

5. Liang P.S., Haff R.P., Ovchinnikova I., Light D.M., Mahoney N.E., Kim J.H. Curcumin and Quercetin as Potential Radioprotectors and/or Radiosensitizers for X-ray-based Sterilization of Male Navel Orangeworm Larvae // Scientific reports. 2019. № 9(1) – P. 2016. doi: 10.1038/s41598-019-38769-3.

6. Ромодин Л.А., Лысенко Н.П. Радиопротекторное действие препаратов на основе хлорофилла // Биофизика. 2022. № 67(1) – С.: 96–104. doi: 10.31857/S0006302922010094.

7. Поздеев А.В. Разработка радиозащитных средств на основе веществ растительного и минерального происхождения. Диссертация на соискание учёной степени доктора биологических наук по специальности 03.01.01 Радиобиология. 2015, – 313 с.

8. Kumar S.S., Shankar B., Sainis K.B. Effect of chlorophyllin against oxidative stress in splenic lymphocytes in vitro and in vivo // Biochimica et biophysica acta. 2004. № 1672(2) – P.: 100–111. doi: 10.1016/j.bbagen.2004.03.002.

9. Ромодин Л.А. Угнетение хлорофиллином хемиллюминесценции, сопровождающей катализируемую комплексом цитохрома С с кардиолипином квазилипоксигеназную реакцию // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Химия. Биология. Экология. 2020. № 20(4) – С.: 427–432. doi: 10.18500/1816-9775-2020-20-4-427-432.

## **ИЗМЕНЕНИЕ АКТИВНОСТИ ГЕНОВ И НЕКОДИРУЮЩИХ РНК В КЛЕТКАХ РАЗЛИЧНЫХ ОРГАНОВ МЫШЕЙ С ТРАНСПЛАНТИРОВАННОЙ ОПУХОЛЬЮ ЛЬЮИСА ПОСЛЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ МАЛЫХ ДОЗ РАДИАЦИИ**

Д.В. Салеева<sup>1</sup>, Е.С. Воробьева<sup>1</sup>, Н.Ф. Раева<sup>1</sup>,  
С.А. Абдуллаев<sup>1,2</sup>, Г.Д. Засухина<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, г. Москва

<sup>2</sup> ИТЭБ РАН, г. Пуццино

<sup>3</sup> ИОГен РАН, г. Москва

В клетках, подвергающихся воздействию ионизирующего излучения, активируется ряд сложных реакций, включающих повреждение и репарацию ДНК, гибель клеток, изменение уровня пролиферации. В течение многих лет проводилось большое количество исследований активности генов и их регуляторов в клетках млекопитающих в ответ на воздействие высоких поглощенных доз ионизирующего излучения. Однако до сих пор остается не до конца изученным, как малые дозы радиации (МДР) регулируют активность молекулярно-генетических структур.



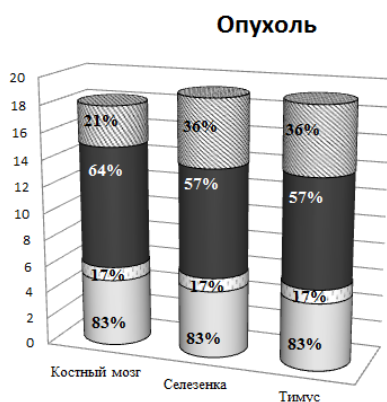
**Целью** нашей работы была оценка экспрессии генов и некодирующих РНК (микроРНК и длинных некодирующих РНК (днРНК)) в различных органах мышей линии C57Bl/6 с трансплантированными опухолевыми клетками карциномы Льюиса, 4х-кратно облученных в малой дозе (0,075 Гр) с интервалом 4 дня.

#### **Материалы и методы**

Объектом исследования являлись 24 мыши-самки линии C57Bl/6, которым подкожно трансплантировали клетки карциномы Льюиса, а затем на 6, 10, 14, 18-е сутки после трансплантации облучали в дозе 0,075 Гр. Эвтаназию мышей путем декапитации осуществляли на 19-е сутки. После облучения в костном мозге, селезенке, тимусе и опухоли определяли экспрессию генов и некодирующих РНК методом ПЦР-РВ, которые по своим функциональным особенностям были разделены на онкосупрессоры (*P53*, *PTEN*, *P38*, *P1NT*, *DINO*, *Incr21*) и онкогены (*NFkB (p50)*, *NFkB (p65)*, *IAP-1*, *IAP-2*, *G-CSF*, *TNF $\alpha$* , *IkBa*, *iNOS*, *Cyclin E2*, *CTCF*, *TAL1*, *NEAT1*, *MALAT1*, *miR-21*). Результаты представляли в виде медианы изменения экспрессии показателей в группах облученных мышей, выраженных по отношению к медиане группы контроля, принятой за единицу. Для оценки статистической значимости применялся непараметрический критерий Манна-Уитни ( $p < 0,05$ ).

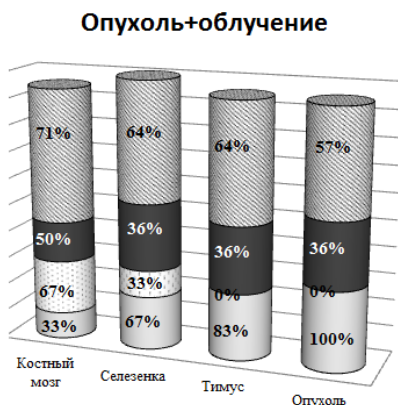
#### **Результаты**

Рост опухоли наблюдали в обеих группах мышей, однако в группе с облучением в малой дозе рост опухоли был в 1,25 раза ниже по сравнению с аналогичной группой без облучения. Профиль изученных генов и некодирующих РНК показал, что в группе «опухоль» отмечается преобладание активации онкогенов во всех исследуемых органах мышей (64%, 57% и 57%, соответственно в костном мозге, селезенке и тимусе) (рис. 1). Иная ситуация отмечается в группе «Опухоль+облучение» (рис. 2), где количество инактивированных онкогенов превышало количество активированных в процентном соотношении (71/50 в костном мозге, 64/36 в селезенке, 64/36 в тимусе и 57/36 в опухоли). Кроме того, активировалась экспрессия онкосупрессоров в костном мозге (33%), тимусе (83%) и селезенке (67%). В опухолевой ткани отмечается активация всех исследуемых онкосупрессоров (100%) при воздействии ионизирующего излучения. Из полученных данных следует, что наиболее чувствительными к действию МДР органами мышей с инокулированной опухолью по активации онкосупрессоров является тимус (83%), а по ингибированию онкогенов – костный мозг (71%). Таким образом, если в группе «Опухоль» активировались преимущественно онкогены, то в группе мышей «Опухоль+облучение» преобладало подавление активности онкогенов и активация экспрессии онкосупрессоров в тимусе и опухоли.



▨ Онкогены ↓   ■ Онкогены ↑   □ Супрессоры ↓   ▤ Супрессоры ↑

**Рисунок 1** – Процент активированных онкогенов и онкосупрессоров в тканях мышей в группе «Опухоль» без воздействия облучения



**Рисунок 2** – Процент онкогенов и онкосупрессоров активированных или ингибированных в тканях мышей в группе «Опухоль+облучение»

### Выводы

Нами выявлены изменения активности генов и некодирующих РНК в тимусе, селезенке и костном мозге мышей после 4х-кратного облучения в малой дозе. Анализ представленных результатов позволяет сделать вывод о том, что МДР стимулируют иммунную систему мышей, что отражается в преобладании активности онкосупрессоров у облученных в МДР мышей с опухолью и сопровождается менее интенсивным ростом опухоли в этой группе. Полученные результаты показывают роль молекулярно-генетических структур (генов и некодирующих РНК) в реакциях, модулируемых ионизирующим излучением в малых дозах.

## ИЗУЧЕНИЕ ЭКОЛОГО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДИКОРАСТУЩЕЙ *VACCINIUM MYRTILLUS*

А.П. Тележенков, М.В. Щукин, Ц.Ц. Содбоев

*ФГБОУ ВО МГАВМиБ-МВА имени К.И. Скрябина, г. Москва*

Авария на Чернобыльской АЭС привела к ухудшению экологической обстановки в лесных биоценозах Брянской области, где доминантным видом является *Vaccinium*

*myrtillus* и которая считается «русской ягодой», так как большая часть мировых запасов приходится на территорию РФ. Актуальность работы обусловлена необходимостью изучения влияния искусственных радионуклидов на эколого-физиологические параметры природных популяций *V. myrtillus* в условиях радиоактивных загрязнений территорий. Плоды *V. myrtillus* используются в медицинской фармакологии, так как содержат дубильные и пектиновые вещества, а также антоциановые гликозиды и каротиноиды из-за чего обладают кардиотоническими, мочегонными, желчегонными, вяжущими, противовоспалительными свойствами.

**Цель исследования:** изучение эколого-физиологических параметров дикорастущей *Vaccinium myrtillus*

Для достижения поставленной цели определены следующие **задачи**:

1. Исследование радиационного фона местности, оценка вертикальной миграции  $^{137}\text{Cs}$  в целинных почвенных горизонтах и расчет плотности поверхностного радиоактивного загрязнения по  $^{137}\text{Cs}$ ;
2. Оценка распределения  $^{137}\text{Cs}$  по профилю почвы лесной экосистемы и расчет плотности поверхностного радиоактивного загрязнения по  $^{137}\text{Cs}$  ареала *V. myrtillus*;
3. Изучение эколого-физиологических параметров *V. myrtillus* в условиях радиоактивного загрязнения, определение удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  в вегетативных и генеративных органах *V. myrtillus*.

**Объект исследования** – *V. myrtillus*.

Для решения поставленных задач использовались современные **методы исследования**: мониторинг, дозиметрический, спектрометрический, морфометрический, сравнительный, световое микроскопирование и статистический (*t*-критерий Стьюдента и коэффициент вариации (*Cv*, %)).

Отбор проб почвы и *V. myrtillus* проводили в окрестностях села Верещаки Новозыбковского района Брянской области и в Касимовском районе Рязанской области. Климатогеографическая характеристика регионов идентичная и характерна для Русской равнины.

Решающим фактором фенологического развития *V. myrtillus* является температурный режим, в период её цветения заморозков не зарегистрировано. Установлено, что в изучаемых регионах температура воздуха окружающей среды в периоды цветения и плодоношения *V. myrtillus* не имела статистически значимых различий.

Мощность экспозиционной дозы гамма-излучения на площадках в Брянской области составила  $18,6 \pm 1,2$  мкР/ч, а Рязанской области –  $3,3 \pm 0,3$  мкР/ч.

Снижение радиационного фона в Брянской области происходит за счет вертикальной миграции  $^{137}\text{Cs}$  по почвенному профилю. Показано, что в целинных

почвенных горизонтах Брянской и Рязанской областей более 70% от суммарного содержания  $^{137}\text{Cs}$  приходится на верхние десятисантиметровые слои  $1216,2 \pm 120,3$  Бк/кг и  $28,6 \pm 2,9$  Бк/кг соответственно. Поверхностная плотность радиоактивного загрязнения окрестностей села Верещаки составила  $26,1$  Ку/км<sup>2</sup>, а в Касимовском районе –  $0,6$  Ку/км<sup>2</sup>.

В брянских лесах более 70% от общего запаса  $^{137}\text{Cs}$  находится в 0-5-см слое –  $9953,0 \pm 211,1$  Бк/кг, а рязанская лесная подстилка аккумулирует 55% радиоактивного  $^{137}\text{Cs}$  –  $48,9 \pm 9,5$  Бк/кг. Таким образом, лес прочно удерживает  $^{137}\text{Cs}$  и является природным барьером на пути горизонтальной миграции за пределы Новозыбковского района Брянской области.

*V. myrtillus* – это лекарственное сырье, а её цветы хорошие медоносы и *V. myrtillus* относится к лесным видам полиресурсных растений. В плодах *V. myrtillus*, отобранных в Брянской области, удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  составила  $725,5 \pm 91,1$  Бк/кг, что значительно превышает и допустимые уровни, и содержание  $^{137}\text{Cs}$  в плодах контрольного района Рязанской области –  $64,9 \pm 15,3$  Бк/кг.

Показано, что длительная инкорпорация  $^{137}\text{Cs}$  индуцирует наследственные изменения в *V. myrtillus*. Так, длина и ширина брянских плодов соответственно  $0,63 \pm 0,01$  см и  $0,70 \pm 0,02$  см статистически значимо меньше рязанских ягод на 14 и 10% –  $0,73 \pm 0,01$  см и  $0,78 \pm 0,01$  см соответственно. Анализ показал, что данные по семенной продуктивности (в расчете на плод) у растений из Брянской области (число семян в ягоде –  $37,0 \pm 2,6$ ), достоверно отличаются от таковых из Рязанской области – ( $47,3 \pm 3,5$ ).

Таким образом, радиационный фон в окрестностях села Верещаки Брянской области равен  $18,6 \pm 1,2$  мкР/ч, в целинных почвенных профилях более 73%  $^{137}\text{Cs}$  отмечается до глубины 10 см, и поверхностная плотность радиоактивного загрязнения почвы составила  $26,1$  Ку/км<sup>2</sup>. Установлено, что в 20-см слое лесной почвы удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  составила  $13317,5 \pm 712,2$  Бк/кг и около 74%  $^{137}\text{Cs}$  от общей активности приходится на 0-5 см минеральный слой. В лесных экосистемах Новозыбковского района поверхностная плотность радиоактивного загрязнения равна  $108,3$  Ку/км<sup>2</sup>. Исследование природных популяций *V. myrtillus*, произрастающих в условиях радионуклидного загрязнения Брянской области, показало выраженные изменения морфометрических параметров плода. Длительное инкорпорированное воздействие индуцирует снижение семенной продуктивности *V. myrtillus*. Лекарственное сырье *V. myrtillus*, собранное в Новозыбковском районе Брянской области, не соответствует действующим требованиям нормативной документации.

## ЧАСТОТА ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ В ЛИМФОЦИТАХ ПРИ ОБЛУЧЕНИИ ЦЕЛЬНОЙ ВЕНОЗНОЙ КРОВИ ИОНИЗИРУЮЩИМ ИЗЛУЧЕНИЕМ

Т.В. Усова<sup>1</sup>, Д.С. Исубакова<sup>1</sup>, О.С. Цымбал<sup>1</sup>,  
М.Ю. Цыпленкова<sup>1</sup>, Н.В. Литвяков<sup>1,2</sup>, И.В. Мильто<sup>1,3</sup>,  
Р.М. Тахауов<sup>1,4</sup>

<sup>1</sup> СБН Центр ФМБА России, г. Северск

<sup>2</sup> НИИ онкологии Томского НИМЦ, лаборатория онковирусологии, г. Томск

<sup>3</sup> СибГМУ, кафедра морфологии и общей патологии, г. Томск

<sup>4</sup> СибГМУ, кафедра организации здравоохранения и общественного здоровья, г. Томск

Широко известно, ионизирующее излучение индуцирует комплекс молекулярных изменений в клетках организма человека, которое в зависимости от величины поглощенной дозы (ИИ) и продолжительности облучения приводит к нарушениям на клеточном, тканевом и организменном уровнях.

**Цель работы:** определение зависимости частоты цитогенетических нарушений в лимфоцитах крови от дозы облучения.

В исследование включены 10 условно здоровых мужчин в возрасте 20-34 лет, не подвергавшиеся в процессе профессиональной деятельности радиационному воздействию. Образцы цельной венозной крови доноров разделяли на 2 группы – облучённые образцы, которые подвергали облучению *in vitro* в разных дозах (0,05 Гр, 0,1 Гр, 0,2 Гр, 0,3 Гр, 0,5 Гр, 0,8 Гр, 1 Гр, 1,2 Гр, 1,5 Гр) и необлучённые образцы (контрольные образцы, 0 Гр). Облучение цельной крови осуществлялось *in vitro*  $\gamma$ -излучением <sup>60</sup>Co.

Облучённые и необлучённые образцы крови всех доноров впоследствии культивировали и использовали для проведения цитогенетического анализа. Изучали метафазные хромосомы, окрашенные красителем Гимза (число проанализированных метафазных пластинок не менее 300). Учитывали цитогенетические нарушения, распознаваемые без кариотипирования: хроматидные фрагменты, хромосомные фрагменты, кольцевые и дицентрические хромосомы, хроматидные обмены, мультиаберрантные (имеющие более 5 хромосомных aberrаций) и полиплоидные клетки.

После облучения образцов цельной венозной крови *in vitro* в диапазоне доз 0,05-1,5 Гр наблюдали увеличение частоты аберрантных клеток ( $p < 0,05$ ). Повышение частоты дицентрических хромосом наблюдали после облучения в дозе 0,2 Гр и более ( $p < 0,05$ ). Увеличение частоты кольцевых хромосом, хроматидных и хромосомных фрагментов отмечали при облучении образцов цельной венозной крови *in vitro* в дозе 0,8 Гр и более ( $p < 0,05$ ).

Увеличение частоты хроматидных обменов, мультиабберрантных и полиплоидных клеток при облучении образцов цельной венозной крови *in vitro* в диапазоне доз 0,05-1,5 Гр не наблюдали.

Проведённое исследование подтверждает связь дозы радиационного воздействия с частотой цитогенетических нарушений и показывает вариабельность их спектра и частоты, которая является проявлением индивидуальной радиочувствительности клеток.

## **ВЛИЯНИЕ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ В МАЛЫХ И СРЕДНИХ ДОЗАХ НА ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕЗЕНХИМАЛЬНЫХ СТРОМАЛЬНЫХ КЛЕТОК ЧЕЛОВЕКА**

Д.Ю. Усупжанова, Т.А. Астрелина, И.В. Кобзева,  
Ю.Б. Сучкова, В.А. Брунчуков, А.А. Расторгуева,  
В.А. Никитина, Н.В. Соколова, А.С. Самойлов

*ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, г. Москва*

На протяжении жизни человек неизбежно подвергается воздействию малых доз (от 10 до 100 мГр) (ICRP, 2007) ионизирующего излучения (ИИ), как фонового, так и в рамках медицинской диагностики и лечения, от свалок радиоактивных отходов, в ходе профессиональной деятельности, а также во время авиаперелетов (Fazel R., 2009). Международный комитет по радиационной защите обозначил критические значения малых доз ИИ для человека в диапазоне от 20 до 50 мГр в год (ICRP, 2007). Учитывая неизбежно растущее количество источников малых доз ИИ в современном мире, а также результаты исследований, демонстрирующих получение некоторыми группами населения в рамках медицинских исследований кумулятивной дозы облучения равной 50 мГр/год (Fazel R., 2009), можно сказать, что точная оценка рисков, связанных с облучением в малых дозах, является важной задачей общественного здравоохранения. В целом, на сегодняшний день результаты исследований о закономерностях развития эффектов, оказываемых малыми дозами ИИ, и механизмах, лежащих в их основе, неоднозначны, и настоящее исследование представляется актуальным.

Важно, что оценка эффектов, оказываемых малыми дозами ИИ на организм человека в целом, не представляется возможной, в связи с этим мезенхимальные стромальные клетки (МСК), являющиеся регенеративным резервом взрослого организма, выступают перспективной моделью для изучения эффектов облучения малыми дозами. Благодаря своей способности к самоподдержанию, МСК находятся в организме человека длительный период времени и могут подвергаться нескольким раундам облучения,

накапливая в себе произошедшие изменения и передавая их следующим поколениям клеток, поскольку обладают потенциями к дифференцировке. В конечном счете, изменения, произошедшие в МСК – регенеративном резерве организма, отражаются на организме человека в целом. Таким образом, качественные и количественные изменения характеристик МСК могут быть рассмотрены в качестве перспективных критериев оценки рисков воздействия облучения в малых дозах на организм человека (Squillaro T., 2018), в частности, людей, задействованных в работе в секторе атомной промышленности.

В исследовании иммунологического профиля клеток (проточный цитофлуориметр BD FACS CantoII) было показано, что экспрессия поверхностных антигенов МСК слизистой ткани десны человека (CD90, CD73, CD105, CD44) изменяется под влиянием ИИ в поглощенных дозах 50, 100 и 250 мГр в ранние сроки культивирования после облучения (до 16 дней). Наблюдаемые эффекты указывают на изменения важнейших функциональных характеристик МСК (в частности, степени стволовости и потенций к дифференцировке), а сами поверхностные антигены представляются перспективным критерием оценки последствий воздействия ИИ благодаря доступности, стандартизации и точности используемого метода проточной цитофлуориметрии.

В исследовании секреторного профиля клеток (иммуноферментный анализ кондиционированных сред) было показано, что малые и средние дозы ИИ приводят к развитию противоположных воспалительных реакций в ранние сроки культивирования после облучения (48 часов): облучение малыми дозами 50 и 100 мГр приводит к повышению концентрации ИЛ-6 и снижению концентрации ИЛ-8, в то время как облучение средними дозами 250 и 1000 мГр приводит к снижению концентрации ИЛ-6 и повышению концентрации ИЛ-8 в кондиционированных средах клеток. В отдаленные же сроки культивирования после облучения (43 и 64 день) для всех исследуемых облученных групп МСК показано снижение концентраций ИЛ-6 и ИЛ-8 в кондиционированной среде, свидетельствующее об угнетении их функциональной иммуномодулирующей активности.

В исследовании пролиферативной активности клеток (клеточный анализатор xCelligence) в ранние сроки культивирования после облучения выявлены стимулирующие эффекты облучения малыми дозами 50 и 100 мГр: облучение в дозе 50 мГр приводит к усилению пролиферативной активности МСК (с 1 по 15 день), облучение в дозе 100 мГр приводит к увеличению в облученной популяции МСК количества клеток с усиленной пролиферативной активностью (через 4 дня). В отдаленные сроки культивирования после облучения пролиферативная активность всех облученных групп МСК снижается, свидетельствуя об угнетении их функциональной активности под влиянием малых и средних доз ИИ (наряду с ранее описанным снижением концентраций ИЛ-6 и ИЛ-8).

Таким образом, на основании результатов исследования иммунологического и секреторного профиля, а также пролиферативной активности клеток был сделан вывод,

что в ранние сроки культивирования после облучения малыми дозами ИИ для МСК слизистой ткани наблюдается развитие стимулирующих эффектов, в отдаленные сроки – эффекты малых доз сопоставимы с эффектами средних доз ИИ и, в целом, свидетельствуют об угнетении функциональной активности клеток. Также, поскольку культура клеток МСК демонстрирует дозозависимые изменения важнейших функциональных характеристик под влиянием облучения, последние могут быть рассмотрены в качестве перспективных критериев оценки рисков воздействия ИИ в малых и средних дозах на организм человека, а сами МСК слизистой ткани десны человека, благодаря своей биологической доступности, простоты выделения и стабильности получаемой клеточной линии, представляются удобной исследовательской моделью.

## ОЦЕНКА РАДИОНУКЛИДНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ЛЕКАРСТВЕННОГО РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ *BRASSICA NAPUS*

Д.А. Федоров, М.В. Шукин, Ц.Ц. Содбоев

*ФГБОУ ВО МГАВМиБ-МБА имени К.И. Скрябина, г. Москва*

**Актуальность.** В химическом отношении *Brassica napus*, как и другие представители рода *Brassica* является богатым различными группами биологически активных веществ. Помимо собственно масла и его компонентов можно также выделить флавоноиды, серосодержащие соединения (глюкозинолаты) и др. *Brassica napus* содержит кемпферол и синаповая кислота, в цветках *Brassica napus* накапливается изорамнетин, в частности 3,7-О-β-глюкозид, аскорбиген, сульфорафан и пищевые индолы. Очевидно, что семейство *Brassicaceae* представляет собой один из перспективных источников для получения лекарственных средств, обладающих противоязвенным, гипоазотемическим и другими видами действий.

На территории Тульской области в результате аварии на ЧАЭС 26 апреля 1986 года произошло выпадение радионуклидов, приведших к загрязнению как плодородных агроценозов, так и природных биоценозов.

**Цель исследования:** оценка радионуклидного загрязнения лекарственного растительного сырья *Brassica napus*.

### **Задачи исследования:**

1. Исследование радиационного фона местности, оценка вертикальной миграции  $^{137}\text{Cs}$  в почвенных горизонтах и расчет плотности поверхностного радиоактивного загрязнения;
2. Определение удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  в почвах и *Brassica napus*;
3. Изучение влияния инкорпорированного  $^{137}\text{Cs}$  на морфометрические параметры *Brassica napus*.



**Материалы и методы исследования.** Для решения поставленных задач использовали современные методы: дозиметрический контроль местности, гамма-спектрометрический анализ проводили на приборе СКС-99 «Спутник», морфометрический анализ, отбирали пробы почвы и растений в соответствии с ГОСТ Р 58595-2019 и 58588-2019 соответственно в Суворовском и Плавском районах Тульской области, климатогеографическая характеристика которых идентична. Математическую и статистическую обработку полученных результатов осуществляли с помощью *Statistica 8.0 (StatSoft)*.

**Результаты исследования.** Радиационный фон на изучаемых площадках Плавского района составил  $12,0 \pm 1,3$  мкР/ч, что статистически значимо выше в 1,5 раза, чем в Суворовском районе –  $8,0 \pm 0,6$  мкР/ч.

Суммарная удельная активность в 20-см почвенных срезах в Плавском районе составила  $323,7$  Бк/кг по  $^{137}\text{Cs}$  и эта величина соответствует плотности загрязнения в  $2,6$  Ку/км<sup>2</sup>, в Суворовском районе удельная активность в 20-см слое равна  $84,6$  Бк/кг, которая соответствует плотности загрязнения  $0,7$  Ку/км<sup>2</sup>. Земли Плавского района подверглись действию радиоактивных осадков после аварии на ЧАЭС. Глубокая вспашка, проведенная в Плавском районе, после радиационной аварии была направлена на снижение поступления радионуклидов в растения. Следствием проведенных контрмер – накопление  $^{137}\text{Cs}$  ниже пахотного горизонта (30–40 см). Известно, что к периоду созревания семян *Brassica napus* корневая система растения на глубине 50 см распространяется в горизонтальном направлении, и корни растения активно поглощают  $^{137}\text{Cs}$ . Гамма-спектрометрический анализ удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  в стручках *Brassica napus*, показал, что в Плавском районе ( $344,8 \pm 45,7$ ) накопление  $^{137}\text{Cs}$  статистически значимо выше 2,4 раза, чем в Суворовском ( $143,5 \pm 10,5$  Бк/кг).  $^{137}\text{Cs}$  – гаметопагенный элемент, накапливаясь в репродуктивных органах растения, он нарушает нормальное развитие семян и приводит к статистически значимому уменьшению диаметра семян *Brassica napus* в Плавском районе ( $1,88 \pm 0,02$  мм) в сравнении с Суворовским ( $1,98 \pm 0,03$  мм), приводящему к потере семенной продуктивности.

### **Выводы**

1. На площадках Плавского района аномальный центр с мощностью экспозиционной дозы  $12,0 \pm 1,3$  мкР/ч и с плотностью поверхностного радиоактивного загрязнения почвы  $2,6$  Ку/км<sup>2</sup> связан с выпадением радионуклидов после аварии на Чернобыльской АЭС;

2. В условиях производственного агроценоза Тульской области удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  в стручках составила  $344,8 \pm 45,7$  Бк/кг.

3. Сравнительный анализ результатов статистической обработки генеративной сферы *Brassica napus* показал существенное различие в диаметре семян, что может привести к снижению качества посевного материала в результате негативного действия ионизирующей радиации.

## ПРИМЕНЕНИЕ НАЗЕМНОГО МОЛЛЮСКА *FRUTICICOLA FRUTICUM* В КАЧЕСТВЕ ТЕСТ-ОБЪЕКТА ПРИ БИОТЕСТИРОВАНИИ ВОЗДЕЙСТВИЯ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Е.Е. Черкасова<sup>1</sup>, Г.В. Лаврентьева<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> ИАТЭ НИЯУ МИФИ, г. Обнинск

<sup>2</sup> Калужский филиал МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Калуга

В связи с увеличением антропогенной нагрузки следует развивать методы оценки воздействия различных факторов на окружающую среду. При этом все большую актуальность приобретают биологические методы контроля окружающей среды. Следует отметить, что в решении вопросов радиационной безопасности окружающей среды в международной практике наиболее разработанным и современным подходом является концепция «условных или референтных животных и растений», отраженная в Публикациях 108, 114, 124 МКРЗ (1-3). Однако предложенный МКРЗ набор из 12 референтных видов, которые выступают в качестве тест-объектов в рамках радиационного мониторинга, является дискуссионным и требует расширения.

### Объект и методы исследования

В качестве объекта исследований был выбран наземный моллюск *Fruticicola fruticum*. Моллюски давно признаны удобным инструментом биоиндикации и биотестирования при загрязнении окружающей среды благодаря высоким коэффициентам накопления тяжелых металлов и радионуклидов, широкой распространенности, простоте идентификации, короткому жизненному циклу. Следует отметить, что наземный моллюск не входит в список референтных видов, представленных в Публикациях МКРЗ. Однако в Публикации НКДАР (4) фигурируют представители водной малакофауны и почвенные беспозвоночные в качестве референтных организмов.

Пробоотбор моллюсков проводился в Калужской области на границе с национальным парком «Угра». Для исследований отбирались половозрелые особи второй возрастной группы без видимых повреждений раковины. Возраст моллюсков определялся по количеству оборотов раковины (5-6). Всего с территории пробоотбора было собранно 465 особей улитки кустарниковой. Для адаптации моллюсков к лабораторным условиям их содержали 14 дней в лаборатории перед проведением облучения. Облучение моллюсков проводили на  $\gamma$ -установке ГУР – 120 в диапазоне поглощенных доз от 10 Гр до 300 Гр с шаговым отличием в 10 Гр. Мощность поглощенной дозы ионизирующего излучения составляла 30 Гр/ч.

Показатель смертности регистрировали каждые 10 суток. Смертность моллюска определялась по следующим признакам: не реагирует на орошения водой, мягкое тело находится глубоко в раковине и отсутствует эпифрагма, мягкое тело становится бесформенным, улитка источает неприятный запах, мягкое тело отсутствует в раковине.

Измерение массы проводилось каждые 15 суток. Масса определялась путем взвешивания группы на аналитических весах.

#### **Результаты эксперимента**

На протяжении 210 суток эксперимента смертность в контрольной группе оставалась на нулевом уровне.

Учитывая полученные экспериментальные данные по смертности моллюсков, был получен показатель полулетальной дозы гамма облучения для наземного моллюска *F. fruticum* второй возрастной группы. Для расчета ЛД<sub>50/60</sub> был выбран расчетный способ пробит-анализа с применением метода наименьших квадратов (7). Показатель ЛД<sub>50/60</sub> составляет 116±34 Гр.

Показатель смертности наземного моллюска имеет следующие диапазоны чувствительности: при облучении дозами 10-100 Гр абсолютная смертность отсутствует, при облучении дозами 110-180 Гр абсолютная смертность наступает через 150-180 суток, при облучении дозами 190-300 Гр через 60-140 суток;

Масса наземного моллюска может выступать в качестве тест-реакции при облучении дозами 10-300 Гр. При этом информативность тест-реакции наступает через 210 суток после облучения моллюска дозами 10-100 Гр; за 15-45 суток до 100% смертности – при облучении дозами 110-230 Гр; при облучении дозами 230-290 Гр – с момента облучения до достижения 100% смертности.

Таким образом, наземный моллюск может использоваться в качестве тест-объекта при биотестировании воздействия гамма-излучения на окружающую среду в связи с наличием ответных тест-реакций при облучении дозами 10-300 Гр. При этом корреляционная зависимость между тест реакциями при облучении дозами до 100 Гр отсутствует; при облучении дозами 110-150 Гр установлена обратная зависимость с коэффициентом корреляции  $r = -0,8$  и дозами выше 160 Гр –  $r = -0,9$ .

#### **Список использованных источников:**

1. ICRP, 2008. Environmental Protection: the Concept and Use of Reference Animals and Plants. Publication 108 //Ann. ICRP. 2008. 251 p.
2. ICRP, 2009. Environmental Protection: Transfer Parameters for Reference Animals and Plants. Publication 114 //Ann. ICRP. 2009. 111 p.
3. ICRP, 2014. Protection of the Environment under Different Exposure Situations. Publication 124 //Ann. ICRP. 2014. 59 p.
4. UNSCEAR. Effects of radiation on the environment // Report to the General Assembly with Scientific Annexes. – Volume II, Scientific Annex E. – Effect of ionizing radiation on non-human biota. – New York United Nations, 2011. – 179 p.
5. Гребенников М.Е., Хохуткин И.М. Содержание тяжелых металлов в наземных моллюсках в районе Среднеуральского медеплавильного завод: материалы научно-практической конференции «Экологические основы стабильного развития Прикамья». Пермь, 2000. С. 43.

6. Сычев А.А., Снегин Э.А. Микропространственная изменчивость демографических и конхиологических параметров в популяциях *Helicopsis striata* (Mollusca; Pulmonata; Hygromiidae) в условиях юга Среднерусской возвышенности // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2016. Т 36. № 4. С. 127-146.

7. Платонов А.Г., Ахалая М.Я. Применение метода пробит-анализа в радиобиологии. Расчет полудетальной дозы ЛД50: учебно-методическое пособие. М.: НИЯУ МИФИ, 2010. 36 с.

## ДОЗИМЕТРИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЯЗВЕННОГО РАДИАЦИОННОГО ПОРАЖЕНИЯ ПИЩЕВАРИТЕЛЬНОГО ТРАКТА МОНОГАСТРИЧНЫХ ЖИВОТНЫХ «ГОРЯЧИМИ» РАДИОАКТИВНЫМИ ЧАСТИЦАМИ

С.Г. Шаповалов, Г.В. Козьмин

*ФГБНУ ВНИИРАЭ, г. Обнинск*

**Аннотация.** В настоящей работе, по итогам ряда экспериментальных исследований, представлен обобщенный анализ дозиметрической картины и сопутствующих биологических эффектов внутреннего облучения, обусловленных поступлением в отделы пищеварительного тракта моногастричных животных (крысы, морские свинки и свиньи) «горячих» радиоактивных частиц (РЧ), приводящих к возникновению язвенных радиационных поражений желудочно-кишечного тракта (ЖКТ). Представленные результаты могут быть приняты во внимание в задачах радиационной безопасности при загрязнении окружающей среды РЧ различного генезиса.

**Введение.** За последнее десятилетие прослеживается тенденция к увеличению интереса МАГАТЭ и научного сообщества к вопросам потенциальной опасности труднорастворимых «горячих» РЧ для человека, сельскохозяйственных и домашних животных, а также биоты в целом (IAEA Research Project «Environmental Behaviour and Potential Biological Impact of Radioactive Particles»). K41013. 2013-2018).

**Целью** исследования, представленного в настоящей работе, был анализ закономерностей радиационного воздействия труднорастворимых «горячих» РЧ на организм моногастричных сельскохозяйственных (свиней) и лабораторных (крыс и морских свинок) животных. Для достижения поставленной цели решались задачи, включающие моделирование транспорта труднорастворимых РЧ в отделах пищеварительного тракта животных и процесса формирования поглощённых доз  $\beta$ -излучения, приводящих к развитию язвенных радиационных поражений, а также представление основных характеристик биологического действия таких частиц на организм животных в целом.

Немаловажно отметить тот факт, что крысы и свиньи, выступающие в качестве объектов настоящего исследования, имеют широкое распространение и могут быть использованы в качестве референтных организмов для оценки радиационного воздействия на объекты окружающей природной среды. Моногастричные животные, рассмотренные в рамках настоящей работы, обладают пищеварительным трактом, имеющим определенное сходство с ЖКТ человека, и могут быть использованы для экстраполяции экспериментальных данных на организм человека, например, при оценке последствий ядерного удара США по Хиросиме и Нагасаки (Shichijo et al, 2018).

**Материалы и методы.** В качестве исходных данных для выполнения настоящей работы были использованы материалы, полученные в ходе целого ряда экспериментальных исследований по оценке радиационного воздействия частиц локальных выпадений наземных ядерных взрывов на организм лабораторных и сельскохозяйственных животных, выполненных на базе уникального радиологического комплекса ФИЦВиМ (г. Покров).

В качестве объектов исследований были выбраны лабораторные грызуны обоего пола – крысы линии Вистар массой 200-300 г, беспородные морские свинки массой 400-600 г, а также поросята крупной белой породы возрастом 2-2,5 месяца и массой от 25 до 30 кг, благополучных по инфекционным и инвазионным заболеваниям. В ходе экспериментальных исследований использовали оплавленные радиоактивные частицы (ОРЧ) диаметром от 80 до 160 мкм «урановой», «трехкомпонентной» и «рениевой» моделей, которые приближенно моделировали радиационные характеристики продуктов мгновенного деления (ПМД) возрастом 10-15 ч. ОРЧ «урановой» модели представляли собой стеклосферы, на поверхность которых наносили соль  $^{235}\text{U}$  (уранил  $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ), активированные в потоке тепловых нейтронов. ОРЧ «трехкомпонентной» модели содержали в своей силикатной матрице следующий радионуклидный состав:  $^{165}\text{Dy}$  (42%),  $^{142}\text{Pr}$  (45%) и  $^{90}\text{Y}$  (13%). В ряде экспериментов применялись «рениевые» ОРЧ, содержащие радионуклиды рения  $^{186}\text{Re}$  и  $^{188}\text{Re}$ . Растворимость ОРЧ «трехкомпонентной» и «рениевой» моделей в кислотах и щелочах не превышала 1-2%, а ОРЧ «урановой» модели – 5%. Перорально поступившая активность модельных частиц варьировалась от 100 до 1500 МБк/кг массы тела животного.

**Основные результаты исследования.** В рамках настоящего исследования был проведен анализ дозиметрической, клинической и патологоанатомической картин радиационного воздействия модельных «горячих» РЧ на структурные отделы пищеварительного тракта моногастричных животных. Основные результаты, полученные в ходе данного анализа, позволили установить основные факторы, влияющие на процесс формирования язвенного радиационного поражения отделов ЖКТ. В качестве одного из факторов формирования такого поражения выступает крайняя неравномерность распределения труднорастворимых ОРЧ в содержимом отделов ЖКТ животных. Другим фактором является избирательное концентрирование инкорпорированных ОРЧ на

поверхности отдельных участков слизистой оболочки (например, в желудочных ямках), что в последствии приводит к формированию локальных уровней облучения, которые превышают средние значения поглощённых доз в 2-3 раза. Максимальные дозы облучения поверхностного слоя слизистой оболочки превышают минимальные значения в 20 раз. Отмечено влияние на формирование язвенных поражений пищеварительного тракта глубинного распределения поглощённой дозы  $\beta$ -излучения. На основе экспериментальных результатов разработаны компартментальные модели транспорта РЧ в ЖКТ животных и определены их биокинетические параметры. Показано, что среднее время пребывания РЧ в организме животных составляет 14, 22 и 56 ч у крыс, морских свинок и поросят соответственно и превышает среднее время пребывания кормовых масс у морских свинок (12-18 ч) и поросят (40-49 ч). С использованием разработанных компартментальных моделей выполнены расчёты средних поглощённых доз  $\beta$ -облучения слизистой оболочки отделов ЖКТ, которые позволили установить дозиметрическую шкалу острого радиационного язвенного гастроэнтероколита и его проявления в виде лёгкой степени (у крыс и морских свинок от 3 до 14 Гр, у поросят от 1 до 3 Гр), средней степени (у крыс и морских свинок от 14 до 42 Гр, у поросят от 3 до 10 Гр), тяжёлой степени (у крыс и морских свинок от 42 до 57 Гр, у поросят от 10 до 20 Гр) и крайне тяжёлой степени (более 57 Гр у крыс и морских свинок, более 20 Гр у поросят).

**Заключение.** На основании анализа представленного массива экспериментальных данных разработан расчётный инструментарий оценки дозиметрических показателей острого радиационного язвенного гастроэнтероколита у моногастричных животных на примере крыс линии Вистар, беспородных морских свинок и поросят крупной белой породы. Полученные данные свидетельствуют о соизмеримых уровнях облучения при кишечном синдроме ОЛБ и остром радиационном язвенном гастроэнтероколите, обусловленном инкорпорированием РЧ.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ РИСКА РАЗВИТИЯ ЗНО У НОСИТЕЛЕЙ РАЗЛИЧНЫХ ГЕНОТИПОВ ГЕНОВ КОНТРОЛЯ КЛЕТОЧНОГО ЦИКЛА И АПОПТОЗА. РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ И МЕТА-АНАЛИЗ ДАННЫХ**

М.А. Янишевская<sup>1</sup>, Е.А. Блинова<sup>1,2</sup>, А.В. Аклев<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> ФГБУН УНПЦ РМ ФМБА России, г. Челябинск

<sup>2</sup> ЧелГУ, г. Челябинск

Проведен анализ ассоциации полиморфных локусов генов контроля клеточного цикла *ATM* rs664677, *TP53* rs1042522, *MDM2* rs2279744, *CDKN1A* rs1801270 и апоптоза *BCL2* rs2279115, *BAX* rs4645878 с риском развития злокачественных новообразований (ЗНО) в группе лиц, подвергшихся хроническому радиационному воздействию – по результатам собственного исследования и в популяции необлученных людей – на основе

мета-анализа данных, с последующим проведением сравнительного анализа полученных результатов для оценки модифицирующего действия ионизирующего излучения.

Оценка ассоциации исследуемых однонуклеотидных полиморфизмов (ОНП) с риском развития ЗНО в собственном исследовании проводилась в группе лиц, включающей 890 человек из когорты реки Теча, подвергшихся хроническому радиационному воздействию в малых и средних дозах в период с 1949 по 1960 г. вследствие сбросов производственным объединением «Маяк» жидких радиоактивных отходов в реку Теча (Южный Урал, Россия). Оценка ассоциации исследуемых ОНП с риском развития ЗНО для необлученных лиц осуществлялась на основе мета-анализа доступных данных, полученных путем поиска статей в базах данных NCBI, PubMed, Web of Science, SNPedia, eLIBRARY.ru.

Генотипирование проводилось методом ПЦР «в реальном времени» на приборе StepOnePlus™ Real-Time PCR System (Applied Biosystems, США) с использованием коммерческих наборов для генотипирования полиморфных маркеров («Тест-ген», Россия). Отбор статей для мета-анализа проводился с использованием набора критериев включения и исключения, основанных на рекомендациях для систематических обзоров и мета-анализов – PRISMA [1]. Для выполнения мета-анализа использовали веб-инструмент MetaGenyo (<http://bioinfo.genyo.es/metagenyo/>) [2].

В группе облученных лиц выявлена связь четырех ОНП с риском развития ЗНО. Был выявлен сенсбилизирующий эффект аллеля rs2279744\*С гена *MDM2*, а также аллеля rs2279115\*С гена *BCL2* в отношении ЗНО (ОШ=1,90, 95%ДИ [1,26-2,87], p=0,002) и (ОШ=1,45, 95%ДИ [1,08-1,95], p=0,01) соответственно. Полиморфизм гена *CDKN1A* был ассоциирован со сниженным риском развития ЗНО у носителей минорного аллеля rs1801270\*А (ОШ= 0,66, 95%ДИ [0,47-0,93], p=0,02). У носителей аллеля rs664677\*С гена *ATM* также было выявлено статистически значимое понижение риска развития ЗНО (ОШ=0,71; 95%ДИ [0,53-0,96], p=0,03). На основе результатов мета-анализа в популяции необлученных лиц только для ОНП rs2279744 гена *MDM2* установлена статистически значимая связь с риском развития злокачественных опухолей (ОШ=1,23, 95%ДИ [1,07-1,41], p=0,02). По результатам собственного исследования и проведенного мета-анализа установлено, что носительство аллеля rs1052133\*С гена *MDM2* может быть связано с сопоставимым повышенным риском развития ЗНО как у облученных, так и необлученных людей.

#### **Список использованных источников:**

1. Moher D., Liberati A., Tetzlaff J., Altman D.G. The PRISMA Group. Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. *Open Med.* 2009;3(3):123-30.
2. Martorell-Marugan J., Toro-Dominguez D., Alarcon-Riquelme M.E. et al. MetaGenyo: a web tool for meta-analysis of genetic association studies. *BMC Bioinformatics.* 2017;18: 563.

## Раздел 3. Биомедицинские технологии и генетика

### ЭПИЛЕПТИФОРМНАЯ АКТИВНОСТЬ КАК ПРОГНОСТИЧЕСКИЙ МАРКЕР ЭФФЕКТИВНОСТИ И ПЕРЕНОСИМОСТИ ОКСКАРБАЗЕПИНА И КАРБАМАЗЕПИНА ПРОЛОНГИРОВАННОГО ДЕЙСТВИЯ В ИНИЦИАЛЬНОЙ ТЕРАПИИ ФОКАЛЬНОЙ ЭПИЛЕПСИИ

*А.М. Ажигова<sup>1</sup>, А.Б. Кожокару<sup>1</sup>, П.Н. Власов<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup> ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, г. Москва*

*<sup>2</sup> ФГБОУ ВО МГМСУ им. А.И. Евдокимова Минздрава России, г. Москва*

#### **Введение**

Исследование посвящено сравнению эффективности, переносимости и динамике индекса эпилептиформной активности окскарбазепина (ОКС) и карбамазепина пролонгированного действия (КБЗ-ПД) в инициальной терапии впервые выявленной фокальной эпилепсии.

#### **Материалы и методы**

В исследование вошло 126 пациентов с впервые выявленной фокальной эпилепсией в возрасте от 18 до 81 года, из них 72 пациента получали терапию окскарбазепином, 54 пациентам был назначен карбамазепин. Эффективность и переносимость оценивались на исходном визите, через 1, 3, 6 и 12 месяцев терапии. Эффективность определялась показателем удержания на терапии и изменения частоты приступов. Для оценки переносимости использовалась шкала SIDAED (Side Effects of Anti-Epileptic Drugs). Также производилась количественная оценка эпилептиформной активности, для чего рассчитывались показатели суммарного и усредненного индексов эпилептиформной активности (ИЭА), ИЭА до, во время и после сна и во время фрагментарных пробуждений.

#### **Результаты**

Показатели удержания на монотерапии ОКС и КБЗ-ПД 12 месяцев составили 72,2% и 66,7% соответственно. Из них 65,3% принимали ОКС в дозе 1200 мг/день, 22,2% – в дозе менее чем 1200 мг/день и 12,5% в дозе выше 1200 мг/сут. КБЗ-ПД в дозах менее 800 мг/сут принимали 57,4% пациентов, 31,5% получали терапию КБЗ-ПД 800 мг/день, 11,1% – больше 800 мг/сут. Побочные эффекты развились у 9,7% испытуемых в группе



ОКС и у 33,3% – в группе КБЗ. За 12 месяцев наблюдения усредненный индекс уменьшился в 1,7 раз у пациентов на ОКС и в 2,4 раза у пациентов из группы КБЗ. Значимая редукция ИЭА наблюдалась уже в первые 1-3 месяца лечения.

#### **Заключение**

В проведенном исследовании значимых различий в эффективности ОКС и КБЗ выявлено не было. Частота нежелательных явлений была вдвое ниже при приеме ОКС по сравнению с приемом КБЗ. Таким образом, ОКС продемонстрировал сопоставимую с КБЗ высокую эффективность и лучшую переносимость при использовании его в качестве инициальной монотерапии фокальной эпилепсии. Редукция усредненного ИЭА в 1,7 и 2,4 раза за 12 месяцев позволяет использовать данный показатель в качестве объективного маркера эффективности терапии ОКС и КБЗ.

### **ПЕРВЫЙ ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ БРАХИТЕРАПИИ В ФГБУ ФНКЦРиО ФМБА РОССИИ**

Е.В. Тотмин, Г.Г. Бобкова, П.И. Евченко,  
Е.В. Маякова, Л.А. Данилова, Ю.Д. Удалов

*ФГБУ ФНКЦРиО ФМБА России, г. Димитровград*

**Актуальность.** В переводе с греческого «брахитерапия» означает «короткое расстояние». Это инновационный метод лечения онкологии, позволяющий поместить источник излучения в непосредственной близости к опухоли либо внутри нее.

**Ключевые слова:** брахитерапия, онкология, злокачественные новообразования (ЗНО), источник излучения, лучевая терапия.

**Пациенты и методы.** Брахитерапия носит и такие названия, как эндокюритерапия, терапия близкофокусным ионизирующим излучением, контактная лучевая терапия. Это достойная альтернатива традиционной лучевой терапии и хирургическому вмешательству. Брахитерапия позволяет свести к минимуму влияние на здоровые ткани при уничтожении злокачественного новообразования.

Брахитерапия (контактная лучевая терапия, внутренняя лучевая терапия) – вид радиотерапии, при которой источник излучения (Ra-226, Ir-192, I-125, Cs-137, Co-60) вводится внутрь пораженного органа. В отличие от дистанционного облучения, интерстициальная терапия позволяет минимизировать воздействия на здоровые ткани организма [1].

С появлением возможности визуализировать имплантацию микроисточников, брахитерапия смогла исключить объективные недостатки (вероятность искажения траектории введения радиоактивных микроисточников) и в полной мере демонстрировать

свои преимущества – подведение максимальных поглощенных доз при лучевой терапии непосредственно к очагу опухоли при минимизации воздействия на критические органы и смежные ткани. А революционные технологии нового века, прежде всего, цифровые, продолжают добавлять значимости этому методу борьбы с онкологическими заболеваниями и совершенствовать его инструменты [2].

**Полученные результаты.** Пролечено за период январь 2021 г. по январь 2022 г. в ФГБУ ФНКЦРиО ФМБА России в городе Дмитровграде:

- С53 ЗНО шейки матки – 9 человек;
- С51 ЗНО влагалища – 1 человек;
- С54 ЗНО матки – 3 человека;
- С61 ЗНО предстательной железы – 5 человек;
- N 87.2 Дисплазия шейки матки – 1 человек.

В настоящий момент проводится динамическая оценка проведенного лечения пациентов. По результатам опроса у пациентов отмечается положительная динамика.

Клинический пример: 22.07.2021 г. Пациенту ХХХ была проведена брахитерапия на предстательную железу.

Перед операцией уровень ПСА был 20 нг/мл.

После проведенной терапии отмечается положительная динамика в виде нормализации уровня ПСА:

- 02.09.2021 уровень ПСА общий 10,04 нг/мл;
- 07.10.2021 уровень ПСА общий 5,7 нг/мл;
- 08.11.2021 уровень ПСА общий 3,96 нг/мл;
- 06.12.2021 уровень ПСА общий 3,64 нг/мл;
- 17.01.2022 уровень ПСА общий 2,64 нг/мл.

Также у другого пациента отмечается волнообразное снижение уровня ПСА ближе к норме.

**Заключение.** Относительно брахитерапии шейки матки: у некоторых пациенток отмечается как положительная динамика уже в процессе лечения – в виде улучшения проходимости цервикального канала, уменьшения опухолевого процесса.

#### **Список использованных источников:**

1. Современные возможности визуально-контролируемой брахитерапии в органосохраняющем и функционально щадащем лечении рабдомиосаркомы влагалища у девочек. Клиническое наблюдение / В.А. Солодкий, А.Ю. Павлов, Ю.М. Крейнина [и др.] // Онкогинекология. – 2020. – № 4(36). – С. 43-51.

2. Влияние распределения дозы облучения сосудисто-нервных пучков предстательной железы на эректильную функцию и качество мочеиспускания у пациентов с аденокарциномой предстательной железы после брахитерапии / А.В. Зырянов, Р.Ю. Коваленко, И.В. Борзунов [и др.] // Современные проблемы науки и образования. – 2021. – № 2. – С. 148. – DOI 10.17513/spno.30660.

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ЛИОФИЛИЗАТА КОНДИЦИОНИРОВАННОЙ СРЕДЫ ПРИ МЕСТНЫХ ЛУЧЕВЫХ ПОРАЖЕНИЯХ

В.А. Брунчук, Т.А. Астрелина, А.А. Расторгуева,  
И.В. Кобзева, Ю.Б. Сучкова, В.А. Никитина,  
В.А. Брумберг, Д.Ю. Усупжанова, Е.Е. Ломоносова,  
Н.В. Соколова, С.В. Лишук, Е.А. Дубова,  
К.А. Павлов, А.С. Самойлов

*ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им А.И. Бурназяна ФМБА России, г. Москва*

**Актуальность:** К общепринятым методам терапии местных лучевых поражений (МЛП) кожи средней и тяжелой степени относят консервативные методы лечения и хирургические с применением некротомии, некроэктомии, кожной пластики [1]. В случаях с МЛП большой площади не всегда удается получить кожные трансплантаты для трансплантации в нужном количестве. Одним из перспективных методов лечения МЛП является применение клеточных технологий в комплексной терапии. Также можно применять амниотическую мембрану человека, которая служит альтернативным источником биологического укрывного материала для лечения различных повреждений организма [2-10].

**Цель:** Изучение эффективности комбинированной терапии с применением амниотической оболочки человека и лиофилизата кондиционированной среды (мезенхимальных стромальных клеток) МСК слизистой ткани десны человека.

**Материалы и методы:** В исследовании использовали 28 лабораторных животных (крысы породы Wistar мужского пола в возрасте 10-11 недель и массой 230,0±20,0 грамм). Лабораторные животные были рандомизированы случайным образом и разделены на 4 группы в зависимости от вида проводимой терапии:

1-ая группа – контроль (К), в которой облученные животные не получали терапию (n=7);

2-ая группа – фиксировали децеллюляризованную амниотическую оболочку человека узловыми швами к краям язвенной поверхности МЛП (Ам) на 21 сутки после облучения (n=7);

3-я группа – интрадермальное введение лиофилизата кондиционированной среды МСК слизистой ткани десны человека (ЛПСТ) вокруг зоны поражения на 21 сутки после облучения (n=7);

4-ая группа – интрадермальное введение лиофилизата кондиционированной среды МСК слизистой ткани десны человека и последующая фиксация децеллюляризованной амниотической оболочки человека к краям язвенной поверхности МЛП (Ам+ЛД) на 21 сутки после облучения (n=7).

Каждое лабораторное животное наблюдали 1 раз в неделю до 112 суток после моделирования МЛП. Проводили измерение зоны поражения кожного покрова (длина, ширина); рассчитывали площадь язвенной поверхности; определяли наличие отделяемого, пузырей, струпа, слущенного эпидермиса, фибринового налета. На 112 день эксперимента от животных получали биоптат с МЛП для проведения гистологического исследования. В качестве статистического метода использовали U-критерий Манна-Уитни.

**Результаты:** При планиметрической оценке язвенной площади на 112 день отмечали наименьшую площадь в группе Ам+ЛД –  $0,00 \pm 0,00 \text{ см}^2$ , наибольшая площадь была в группе К –  $2,15 \pm 0,57 \text{ см}^2$ . В группах Ам и ЛПСТ площадь язвенной поверхности составила  $0,12 \pm 0,08 \text{ см}^2$  и  $0,35 \pm 0,24 \text{ см}^2$ , соответственно. При этом статистически значимые различия отмечали в группе К по сравнению с группами ЛПСТ и Ам+ЛД ( $p \leq 0,05$ )

На момент окончания эксперимента полное заживление язвенного дефекта отмечалось у 100% животных в группе Ам+ЛД, у 67% животных в группе Ам и у 40% в группе ЛПСТ. В группе К заживления язвенного дефекта у лабораторных животных не было.

При патогистологической оценке в группе К отмечали сохранный обширный раневой дефект с отёками, поражением подлежащей соединительной ткани, воспалениями и выраженными фиброзными изменениями и инфильтрациями в большой подкожной мышце (БПМ) и подкожно-жировой клетчатке (ПЖК). В группе Ам дефект кожи был эпителизирован с толщиной эпителиального пласта от 5 до 7 клеток. Регистрировали фиброз в субэпителиальных отделах подлежащей дермы, а также очаговый фиброз в БПМ и ПЖК. В группе ЛПСТ дефект кожи был эпителизирован не во всех образцах, толщина эпителиального пласта колебалась от 4 до 8 слоев клеток. Подлежащая дерма и поперечно-полосатая мышца были фиброзированы, отмечали слабовыраженную инфильтрацию. В группе Ам+ЛД дефект кожи был полностью эпителизирован, толщина эпителиального пласта составила в разных образцах от 3 до 12 клеток. Подлежащая дерма была истончена, в отдельных случаях с признаками фиброза с мелкоочаговой лимфоплазмодитарной инфильтрацией. Подкожная мышца и ПЖК были обычного гистологического строения.

**Заключение:** Предложенная комбинированная терапия (децеллюляризованная амниотическая оболочка человека и лиофилизат кондиционированной среды от МСК слизистой ткани человека) показала свою эффективность при заживлении МЛП тяжелой степени. Изолированное использование децеллюляризованной амниотической оболочки также показало свою эффективность – ее применение способствовало заживлению тканей и сокращению площади язвенной поверхности. Изолированное использование лиофилизата кондиционированной среды от МСК слизистой ткани десны человека также приводило к сокращению язвенной поверхности МЛП.

### **Список использованных источников:**

1. Диагностика, лечение местных лучевых поражений и их отдаленных последствий. Федеральные клинические рекомендации. ФКР ФМБА России 2.6.7. Москва, 2015.
2. Yu.M. Gain, E.P. Kisseleva, S.V. Shachrai. *Novosti Khirurgii*. Substantiation of complex transplant application on the basis of amniotic membrane and mesenchymal stem cells from the adipose tissue to restore the cutaneous integrity 2012; Vol 20 (4): 9-16.
3. Murphy SV, Skardal A, Nelson RA Jr, Sunnon K, Reid T, Clouse C, Kock ND, Jackson J, Soker S, Atala A. Amnion membrane hydrogel and amnion membrane powder accelerate wound healing in a full thickness porcine skin wound model. *Stem Cells Transl Med*. 2020 Jan;9(1):80-92. doi: 10.1002/sctm.19-0101. Epub 2019 Jul 21. PMID: 31328435; PMCID: PMC6954699.
4. Branski LK, Herndon DN, Celis MM, Norbury WB, Masters OE, Jeschke MG. Amnion in the treatment of pediatric partial-thickness facial burns. *Burns*. 2008 May;34(3):393-9. doi: 10.1016/j.burns.2007.06.007. Epub 2007 Oct 24. PMID: 17920202.
5. Bujang-Safawi E, Halim AS, Khoo TL, Dorai AA. Dried irradiated human amniotic membrane as a biological dressing for facial burns--a 7-year case series. *Burns*. 2010 Sep;36(6):876-82. doi: 10.1016/j.burns.2009.07.001. Epub 2010 Mar 16. PMID: 20236771.
6. Agrawal U, Rundle P, Rennie IG, Salvi S. Fresh frozen amniotic membrane for conjunctival reconstruction after excision of neoplastic and presumed neoplastic conjunctival lesions. *Eye (Lond)*. 2017 Jun;31(6):884-889. doi: 10.1038/eye.2016.322. Epub 2017 Feb 17. PMID: 28211877; PMCID: PMC5518827.
7. Lobo Gajiwala A, Sharma V. Use of irradiated amnion as a biological dressing in the treatment of radiation induced ulcers. *Cell Tissue Bank*. 2003;4(2-4):147-50. doi: 10.1023/B:CATB.0000007024.81019.03. PMID: 15256852.
8. Dekaris I, Gabrić N. Preparation and preservation of amniotic membrane. *Dev Ophthalmol*. 2009;43:97-104. doi: 10.1159/000223842. Epub 2009 Jun 3. PMID: 19494640.
9. Lee SH, Tseng SC. Amniotic membrane transplantation for persistent epithelial defects with ulceration. *Am J Ophthalmol*. 1997 Mar;123(3):303-12. doi: 10.1016/s0002-9394(14)70125-4. PMID: 9063239.
10. Meller D, Pauklin M, Thomasen H, Westekemper H, Steuhl KP. Amniotic membrane transplantation in the human eye. *Dtsch Arztebl Int*. 2011 Apr;108(14):243-8. doi: 10.3238/arztebl.2011.0243. Epub 2011 Apr 8. PMID: 21547164; PMCID: PMC3087122.

## ИССЛЕДОВАНИЕ АЛЬДЕГИДДЕГИДРОГЕНАЗА – ПОЛОЖИТЕЛЬНЫХ МЕЗЕНХИМАЛЬНЫХ КЛЕТОК СТРОМЫ КОСТНОГО МОЗГА В ПРОЦЕССЕ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ

М.А. Бутолина, Е.А. Попонина, А.О. Пестрикова,  
Н.В. Исаева, А.Н. Загарских, Н.А. Зорина,  
М.Л. Морозова

*ФГБУН КНИИГиПК ФМБА России, г. Киров*

Мезенхимальные стромальные клетки (МСК) могут использоваться для производства биомедицинского клеточного препарата, потенциально применимого для улучшения приживления трансплантированных гемопоэтических стволовых клеток, профилактики и лечения реакции трансплантат против хозяина и в терапии ряда аутоиммунных заболеваний. В строме костного мозга присутствуют мезенхимальные клетки-предшественники, обеспечивающие самоподдержание популяции. До настоящего времени не определены иммунологические маркеры, позволяющие выявить стволовые клетки среди общего числа МСК. Универсальное свойство ранних клеток-предшественников различного тканевого происхождения, в том числе мезенхимального, – резистентность к действию алкилирующих агентов, которая обеспечивается наличием в клетках альдегиддегидрогеназы (ALDH). Однако данные о свойствах ALDH-позитивных (ALDH+) клетках в культуре МСК костного мозга доноров немногочисленны, что определяет актуальность проводимого исследования.

**Цель:** оценка динамики содержания ALDH+ МСК костного мозга при выращивании *in vitro*.

### **Материалы и методы**

МСК выделяли из костного мозга доноров (n=16), полученного при стандартной операции миелоэкзефузии. Возраст доноров составил от 14 до 48 (медиана 33,5) лет. Выделение ядросодержащих клеток костного мозга осуществляли путем фракционирования на градиенте плотности по протоколу производителя или с применением 0,2% раствора метилцеллюлозы. Посев целевых клеток осуществляли в среду  $\alpha$ MEM (StemCells, Канада), содержащую богатую тромбоцитами плазму (4%), гепарин (Sigma, США, 2 Ед/мл), L-глутамин (StemCells, Канада, 2 мМ). Плотность клеток при первичном посеве составляла  $4-10 \times 10^4/\text{см}^2$  культуральной поверхности. Культивирование выполняли в  $\text{CO}_2$ -инкубаторе при содержании углекислого газа 5% и температуре 37°C. Полную замену питательной среды производили через каждые 4-5 сут. После формирования конфлюэнтного монослоя клетки обрабатывали 0,25% раствором трипсина, определяли их жизнеспособность в камере Горяева с использованием красителя трипанового синего и рассевали по флаконам из расчета  $1,5-2,0 \times 10^3/\text{см}^2$ .

МСК идентифицировали согласно критериям Международного общества клеточной терапии (ISCT): веретеновидная форма, адгезия к пластику, наличие иммунологических маркеров CD44, CD105, CD73, CD90, отсутствие экспрессии CD34, CD45, CD31, CD54, CD117, CD133 и HLA-DR. Иммунофенотип культуры МСК, а также количество ALDH+ клеток определяли методом проточной цитометрии на приборе FACS Canto II (США). Панель реагентов включала в себя моноклональные антитела к указанным иммунологическим маркерам. Для выявления ALDH+ клеток использовали набор реагентов ALDEFLUOR™ Kit (StemCells, Канада).

Оценивали количество колониеобразующих единиц фибробластов (КОЕ-Ф), время удвоения клеток. Подсчет КОЕ-Ф производили на 10-14 сутки от начала культивирования с использованием инвертированного микроскопа. Время удвоения рассчитывали по формуле:

$$T_{1/2} = T_k \times \frac{\ln 2}{\ln \frac{N_k}{N_0}}, \quad (1)$$

где  $T_{1/2}$  – время удвоения;  $T_k$  – длительность культивирования (в часах);  $N_k$  – количество полученных клеток;  $N_0$  – количество посеянных клеток.

Статистическую обработку данных проводили с использованием программ Microsoft Excel и LibreOffice Calc. При сравнении результатов применяли критерий Манна-Уитни, для определения корреляции – критерий Спирмена.

### Результаты

Полученные культуры, согласно критериям ISCT, идентифицированы как МСК. При культивировании клетки первичного посева (P0) формировали дискретные клеточные колонии, которые в дальнейшем образовывали монослой, занимающий всю поверхность пластикового флакона. Среднее количество КОЕ-Ф в полученных культурах составило от 3,5 до 21,7 (медиана 10,4) на  $1 \times 10^6$  внесенных миелокарицитов.

Время удвоения количества клеток, рассчитанное по формуле (1), составило на пассаже № 1 (P1) от 38 до 109,7 (медиана 62,9) часов, на пассаже № 2 (P2) – от 44,6 до 162,3 (медиана 75,2) часов. Данный показатель на P2 достоверно больше, чем на P1 (критерий Манна-Уитни,  $p < 0,05$ ), что может свидетельствовать о снижении пролиферативного потенциала культуры в процессе культивирования.

Количество ALDH+ клеток на P0 составило от 7,6 до 98 (медиана 73,9) % от общего числа клеток, на P1 – от 14,9 до 96,9 (медиана 66,5) %, на P2 – от 10,9 до 95,2 (медиана 41,3) %. Отмечено статистически значимое снижение содержания положительных по маркеру альдегиддегидрогеназы клеток в культуре (критерий Манна-Уитни между первичным посевом и пассажем № 2,  $p < 0,05$ ).

Выявлена обратная корреляция между количеством ALDH+ клеток и временем удвоения на P1 (критерий корреляции Спирмена,  $r = -0,73$ ), то есть, чем больше клеток, положительных по указанному маркеру, тем меньше период удвоения количества клеток.

Также отмечена взаимосвязь между содержанием ALDH+ МСК на P0 и последующих пассажах №1 и №2 ( $r=0,46$  и  $0,63$  соответственно). Зависимости между количеством ALDH+ клеток и числом КОЕ-Ф не выявлено ( $r=0,37$ ).

Таким образом, с каждым последующим пассажем снижается пролиферативный потенциал МСК, что связано с уменьшением среди них числа стволовых ALDH+ клеток. При этом, чем больше в культуре ALDH+ клеток, тем короче время удвоения количества мезенхимальных клеток *in vitro*.

## КОМПЛЕКСЫ МЕДИ С АЗАКРАУН-ЭФИРАМИ КАК ЧАСТЬ РАДИОФАРМПРЕПАРАТОВ ТЕРАНОСТИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Л.С. Замуруева<sup>1</sup>, Б.В. Егорова<sup>1</sup>, И.С. Иконникова<sup>1</sup>,  
А.Д. Зубенко<sup>2</sup>, А.В. Пашанова<sup>2</sup>

<sup>1</sup> МГУ, г. Москва

<sup>2</sup> ИИЭОС РАН им. А.Н. Несмеянова, г. Москва

Изотопы меди представляют большой интерес в ядерной медицине, в частности, <sup>64</sup>Cu ( $\beta^+$ ,  $\beta^-$ , ЭЗ) и <sup>67</sup>Cu ( $\beta^-$ ,  $\gamma$ ) благодаря своим ядерно-физическим характеристикам можно использовать их в тераностике (сочетании терапии и визуализации). При этом в радиофармпрепаратах, проходящих клинические испытания, для связывания изотопов меди с биологическими векторами в качестве хелатора используется широко известный DOTA с донорными атомами азота и ацетатными группами, а также SAR с большим количеством донорных аминогрупп. Для связывания радионуклидов с биологическими молекулами могут быть использованы азакраун-эфиры. Уже было показано, что комплексы различных катионов с такими соединениями оказываются устойчивыми, при этом связывание происходит быстро и не требуют нагревания. В данной работе были исследованы комплексы  $\text{Cu}^{2+}$  с азакраун эфирами, отличающимися заместителями, размерами и фрагментами макроциклов.

Константы протонирования лигандов и константы устойчивости комплексов были определены потенциометрическим титрованием и рассчитаны в программе Hyperquad. Для уточнения стехиометрии образующихся комплексов уточнялись методом спектрофотометрического титрования в видимой и УФ областях. Из облученной никелевой мишени природного состава выделяли <sup>64</sup>Cu и получали комплексы с изучаемыми лигандами, используя 0,15 М ацетат натрия для поддержания pH. Для определения радиохимической чистоты полученных комплексов были подобраны ТСХ-системы и оптимальные концентрации лигандов для мечения. Устойчивость комплексов была изучена в средах биологического значения: растворах катионов микроэлементов,



изотоническом растворе и в сыворотке крови. Для изучения стабильности наиболее эффективного комплекса меди *in vivo* было изучено биораспределение комплекса в организмах мышей в сравнении с контрольным раствором хлорида меди.

Наличие дополнительных более мягких атомов азота в азакраун-эфирах обуславливало лучшую устойчивость комплексов в условиях *in vitro*. Диссоциация комплексов, в состав которых входила пиридиновая группа в качестве заместителя или входящая в структуру макроцикла, оказалась медленнее, чем у комплексов с бензоазакраун-эфирами с ацетатными заместителями, а комплекс с тетропиколинатным лигандом не диссоциировал в течение всего рассматриваемого диапазона времени (2 дня). Последний выводился из организма мышей быстрее по сравнению с контрольным раствором меди ( $\text{CuCl}_2$ ), однако через 6 часов в органах все еще наблюдалось накопление изотопа (но меньше, чем в контрольном опыте), что может свидетельствовать о частичной диссоциации комплекса *in vivo*.

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФ 18-73-10035*

## **ВЛИЯНИЕ УДАРНО-ВОЛНОВОЙ ТЕРАПИИ НА СИЛУ МЫШЦ КИСТИ У СПОРТСМЕНОВ С ЛАТЕРАЛЬНЫМ ЭПИКОНДИЛИТОМ**

М.В. Иванов<sup>1</sup>, А.С. Самойлов<sup>1</sup>, Н.Р. Жестянкин<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А. И. Бурназяна ФМБА России, г. Москва

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО МГМСУ им. А.И. Евдокимова Минздрава России, г. Москва

### **Введение**

Латеральный эпикондилит (ЛЭ) – распространенная патология локтевого сустава, возникающая вследствие повторяющихся микротравм мышц-разгибателей предплечья и их сухожилий. Согласно современным статистическим данным, ЛЭ хотя бы раз в жизни встречался у 1-3% населения, при этом чаще всего страдают лица мужского пола в возрасте 35-50 лет. К предрасполагающим факторам можно отнести длительное пребывание за компьютером, работа с инструментами весом более 1 кг, а также создающими вибрацию, частый подъем груза весом более 20 кг, повторяющиеся движения в верхних конечностях более 2 часов в день, например, у спортсменов. Несмотря на устоявшееся название «локоть теннисиста», ЛЭ характерен также для других видов спорта, таких как баскетбол, легкая атлетика (метание диска, копья), бейсбол, сквош, бадминтон, бейсбол, плавание и другие.

Новые возможности лечения ЛЭ появились в связи с внедрением ударно-волновой терапии в практику травматологов-ортопедов. В доступных нам литературных источниках

отсутствуют систематическое всестороннее освещение этого метода, нет и единого мнения по оптимальным режимам лечения тендопатии в области локтевого сустава.

**Цель исследования:** оценка влияния ударно-волновой терапии на силу мышц кисти у спортсменов с латеральным эпикондилитом.

#### **Материалы и методы**

В настоящем исследовании в период с 2019 по 2021 гг. приняли участие 84 спортсмена с ЛЭ, из них 39 женщин (46,4%) и 45 мужчин (53,6%) в возрасте от 20 до 45 лет (средний возраст пациентов составил  $31,5 \pm 6,7$  лет). Средняя длительность заболевания составила  $33,7 \pm 28,2$  дней.

Спортсмены, в зависимости от применяемых методов лечения, были разделены на две группы. В группе I ( $n=47$ ) было проведено лечение с использованием радиальной ударно-волновой терапии, НПВП (Ибупрофен 200 мг 4 раза в сутки в течение 7 дней) физических упражнений и иммобилизации локтевого сустава при помощи ортеза в период тренировочной и соревновательной деятельности. В группе II ( $n=37$ ) было проведено лечение только с использованием НПВП (Ибупрофен 200 мг 4 раза в сутки в течение 7 дней), физических упражнений и иммобилизации локтевого сустава ортезом в период тренировочной и соревновательной деятельности.

Для оценки силы мышц кисти использовали кистевой динамометр «МЕГЕОН-34090». Измерение проводилось только на пораженной руке в течение трех попыток, затем сумму всех попыток делили на 3 и получали средний показатель. Оценку силы мышц кисти проводили до исследования, через неделю и через три недели от начала лечения, а также спустя месяц после окончания лечения.

#### **Результаты и их обсуждение**

Согласно полученным в ходе исследования данным, представленное в группе I лечение не повлияло на силу мышц кисти ( $p>0,05$ ). Показатели по данному параметру на всех этапах были практически неизменны ( $58,94 \pm 15,62$  кг,  $58,81 \pm 15,40$  кг,  $58,79 \pm 15,69$  кг,  $59,02 \pm 15,53$  кг соответственно).

Аналогичные данные были получены в группе II ( $p>0,05$ ):  $54,49 \pm 14,16$  кг,  $54,35 \pm 14,32$  кг,  $54,41 \pm 14,16$  кг,  $54,68 \pm 13,92$  кг соответственно.

Был проведен сравнительный анализ силы мышц кисти в группах I и II до лечения, через неделю и три недели после начала лечения и через месяц после окончания лечения. Статистически достоверной разницы между показателями не было обнаружено:  $p=0,181$ ,  $p=0,178$ ,  $p=0,189$ ,  $p=0,186$  соответственно (см. табл. 1).

**Таблица 1 – Анализ сила мышц кисти в зависимости от группы**

Сила мышц кисти	Группа	Группа			p
		M ± SD	95% ДИ	n	
До лечения (кг)	I	$58,94 \pm 15,62$	$54,35 - 63,52$	47	0,181
	II	$54,49 \pm 14,16$	$49,76 - 59,21$	37	

Продолжение таблицы 1

Сила мышц кисти	Группа	Группа			p
		M ± SD	95% ДИ	n	
Через неделю (кг)	I	58,81 ± 15,40	54,29 – 63,33	47	0,178
	II	54,35 ± 14,32	49,58 – 59,13	37	
Через 3 недели (кг)	I	58,79 ± 15,69	54,18 – 63,39	47	0,189
	II	54,41 ± 14,16	49,68 – 59,13	37	
Через месяц после лечения (кг)	I	59,02 ± 15,53	54,46 – 63,58	47	0,186
	II	54,68 ± 13,92	50,04 – 59,32	37	

**Заключение**

Ударно-волновая терапия не оказывает влияния на силу мышц кисти у спортсменов с латеральным эпикондилитом.

**ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДИКТОРЫ РАЗВИТИЯ ВНЕЗАПНОЙ СЕРДЕЧНОЙ СМЕРТИ У ЛЮДЕЙ, ИСПЫТЫВАЮЩИХ ИНТЕНСИВНЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ**

А.В. Жолинский<sup>1</sup>, А.И. Кадыкова<sup>1</sup>, Р.В. Деев<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> ФГБУ ФНКЦСМ ФМБА России, г. Москва

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО СЗГМУ им. И.И. Мечникова Минздрава России, г. Санкт-Петербург

**Введение**

Внезапная сердечная смерть (ВСС) – это ненасильственный, неожиданно наступивший летальный исход, произошедший мгновенно или в течение одного часа после проявления первых клинических симптомов [1]. ВСС может наступить у людей с потенциально смертельным кардиологическим заболеванием, известным при жизни, или аномалиями сердца и сосудов, найденными при аутопсии; а также у лиц со структурно нормальным сердцем и не отягощенным семейным анамнезом. [2]. Данные о частоте встречаемости ВСС носят ограниченный характер, однако известно, что доля ВСС в структуре смертности от кардиологических заболеваний равна 40-50% [3, 4]. ВСС спортсменов вызывает большой общественный резонанс, так как традиционно спорт ассоциируется с профилактикой сердечно-сосудистых заболеваний, а Международная футбольная ассоциация (ФИФА) считает проблему ВСС актуальнее проблемы многочисленных футбольных травм [5].

## Генетические причины ВСС

Этиология ВСС различна, однако предполагается, что у большинства пострадавших было не диагностированное наследственное кардиологическое заболевание [6]. Если при аутопсии было обнаружено структурно нормальное сердце, то вероятная причина ВСС – первичные аритмии. При первичных аритмиях патогенные варианты чаще обнаруживаются в следующих генах: *KCNQ1* 10-15% случаев, *KCNH2* 1-5%, *RYR2* 10-15%, *SCN5A* 1-2% [7]. В случае структурно изменённого миокарда, подозревают кардиомиопатию (КМП). Генетические причины КМП очень разнообразны, что затрудняет ДНК-диагностику и введения скрининга на риск ВСС (см. табл. 1).

Таблица 1 – Генетические причины КМП

Тип КМП	Основные гены	Количество ассоциированных генов
Гипертрофическая кардиомиопатия (ГКМП)	<i>TNNT2, MYH7, TPM1, MYBPC3, MYLK2, MYL3, MYL2, TTN, PRKAG2, ACTC1, VCL, MYH6, PLN, MYPN, JPH2, NEXN</i>	30
Дилатационная кардиомиопатия (ДКМП)	<i>ABCC9, ACTN2, ACTC1, TPM1, ANKRD1, BAG3, CALR3, CAV3, CRYAB, CSRP3, CTNNA3, DES, DMD, DSC2, DSP, DTNA, EMD, EYA4, FLNA, FLNC, JPH2, JUP, LDB3, LMNA, MYBPC3, MYH6, MYH7, MYL2, MYL3, MYOZ2, MYPN, FOXC1, FOXC2, GATA4, NOTCH1, NOTCH2, TMPO, TCAP</i>	100
Рестриктивная кардиомиопатия (РКМП)	<i>TAZ, DES, PRDM16, MYH7, MYL2, M2L3, MYPN, ACTC1, TNN3</i>	20
Синдром удлиненного интервала QT	<i>KCNQ1, KCNH2, SCN5A, ANKB, KCNE1, KCNE2, KCNJ2, CACNA1C, CAV3, AKAP9, SCN4B, SNTA1, TRDN</i>	30
Синдром Бругада	<i>SCN5A, KCN3, GPD1L, CACN2B, SCN1B, SCN3B, PKP2, MOG1, HCN4, CACNA1C</i>	20

У лиц, испытывающих интенсивные физические нагрузки, чаще встречается ГКМП. При наличии ГКМП риск ВСС варьируется от 0,5% до 2% в год, однако при нагрузках риск увеличивается из-за фибрилляции желудочков, которую нельзя надежно предотвратить фармакологическим вмешательством [8].

### Заключение

В настоящее время генетическое тестирование наследственных заболеваний сердца не является методом скрининга ВСС. Согласно международным рекомендациям людям, испытывающим, интенсивные физические нагрузки, в том числе спортсменам, в качестве скрининга предлагается проводить стандартные кардиологические методы исследования,

а также тщательно собирать анамнез [9]. Если в результате обследования будет подозрение на наследственное заболевание сердца, то тогда необходимо проведение молекулярно-генетической диагностики с целью верификации диагноза. Остается открытым вопрос о целесообразности проведения молекулярной диагностики на доклиническом этапе, так как иногда стандартных методов исследования бывает недостаточно. Пример этого – случай на чемпионате Европы по футболу 2020 года, когда датский футболист Кристиан Эриксен потерял сознание в середине матча. Позже ему установили имплантируемый кардиовертер-дефибриллятор. В течение последних 10 лет футболист несколько раз в год проходил обследования, в том числе и сердечно-сосудистой системы, однако они не помогли предотвратить случившееся событие, которое потенциально могло привести к ВСС при отсутствии профессиональных реанимационных мероприятий.

#### **Список использованных источников:**

1. Hayashi M., Shimizu W., Albert C.M. The spectrum of epidemiology underlying sudden cardiac death. *Circ Res.* 2015; 116(12):1887–1906. doi: 10.1161/CIRCRESAHA.116.304521.
2. Kong M.H., Fonarow G.C., Peterson E.D. et al. Systematic review of the incidence of sudden cardiac death in the United States. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2011; 57(7):794–801.
3. Бокерия, Л. А. Отчет о выполнении межведомственной программы рамп «Совершенствование методик профилактики, диагностики и лечения жизнеугрожающих нарушений ритма сердца (внезапная сердечная смерть)» на 2005-2008 гг. *Анналы аритмологии* 5, (2008).
4. Markwerth P., Bajanowski T., Tzimas I. Sudden cardiac death-update. *Int. J. Legal Med.* 2021; 135(2):483-495. doi: 10.1007/s00414-020-02481-z.
5. Tofi el A. No sports: Churchill revisited. *Eur Heart Journal* 2010; 31:1154—1156.
6. Emery M.S., Kovacs R.J. Sudden cardiac death in athletes. *JACC Heart Fail.* 2018; 6(1):30–40. doi: 10.1016/j.jchf.2017.07.014.
7. Kumar A., Avishay D.M., Jones C.R. Sudden cardiac death: epidemiology, pathogenesis and management. *Rev Cardiovasc Med.* 2021 30; 22(1):147-158. doi: 10.31083/j.rcm.2021.01.207. PMID: 33792256.
8. Teekakirikul P., Zhu W., Huang H.C. et al. Hypertrophic Cardiomyopathy: An Overview of Genetics and Management. *Biomolecules.* 2019 Dec 16;9(12):878. doi: 10.3390/biom9120878.
9. Hajduczuk A.G., Ruge M., Emery M.S. Risk Factors for Sudden Death in Athletes, Is There a Role for Screening? *Curr. Cardiovasc Risk Rep.* 2022 4:1-13. doi: 10.1007/s12170-022-00697-9.

# СРАВНЕНИЕ ДОЗИМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЛАНОВ ПРОТОННОЙ И ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ С МОДУЛЯЦИЕЙ ИНТЕНСИВНОСТИ ПРИ ГЛИОБЛАСТОМЕ ГОЛОВНОГО МОЗГА

Н.В. Калыганова, В.А. Киселев, Н.В. Кашенцева,  
Ю.Д. Удалов, С.Е. Гриценко

*ФГБУ ФНКЦРиО ФМБА России, г. Дмитровград*

**Актуальность.** Противоопухолевый эффект лучевой терапии в большей степени определяется поглощенной дозой ионизирующего излучения. В то же время безопасность лечения напрямую зависит от того, насколько удалось снизить лучевую нагрузку на здоровые ткани. Особенности расположения опухолей ЦНС существенно ограничивают возможности фотонной лучевой терапии. В настоящее время протонная терапия является наиболее мощным средством для получения высокой конформности дозных распределений, позволяя значительно уменьшить лучевую нагрузку на нормальные ткани по сравнению с традиционными методами лучевой терапии пучками фотонов, даже если мишень вплотную прилегает к критическим структурам организма [1].

**Ключевые слова:** глиобластома, дозиметрические характеристики, протонная терапия, конформность.

**Цель:** Сравнение планов лечения, созданных с использованием лучевой терапии с модуляцией интенсивности (ЛТМИ) и протонной терапии (ПТ) методом сканирования карандашным пучком при лечении глиобластом. Планы сравнивались по покрытию образования, дозиметрическим индексам и сохранению органов риска, особенно обращая внимание на общую дозу мозга.

**Пациенты и методы:** Для этого исследования были отобраны восемь пациентов с глиобластомой. На основе КТ-изображений рассчитаны по два плана для каждого пациента с использованием таких планирующих систем как: ХЮ и Pinnacle (версия 16.4). Методами доставки дозы и планирования лечения были ЛТМИ (с использованием персонализированного планирования) и ПТ. Все планы лечения были созданы с использованием одинаковых параметров планирования и предписанной дозы [2]. Чтобы оценить качество планов потребовалось детальное сравнение дозиметрических характеристик. Суммарная предписанная доза 60 Гр (2 Гр на фракцию). Для получения индекса конформности были собраны следующие данные: общий объем мягких тканей, получивших дозу выше предписанной, объем опухоли и объем опухоли, покрытый 98% изодозой. Чтобы получить значение индекса гомогенности потребовались значения максимальных и минимальных доз в опухоли. Для индекса градиента (GI) необходимы следующие данные: объем мягких тканей, покрытых 98%, 49%, 24,5% изодозами.

**Результат:** Сравнение индексов конформности доказывает преимущество протонов, хотя и незначительное. Одинаковые числа индексов однородности показывают, что оба метода позволяют добиться однородного распределения дозы в мишенях [3]. Персонализированное планирование IMRT позволяет улучшить эскалацию дозы, а разница индекса градиента G150 достигла 18%.

**Выводы:** В данном исследовании сравнивались дозовые распределения двух вышеупомянутых методов лучевой терапии, целью которых было обеспечение некоторой основы для выбора лучевой терапии в клинической практике. По мере увеличения объема опухоли качество планов обеих методик остается высоким. При лечении пациентов с глиобластомой протонная терапия показала явное преимущество над фотонной терапией, в особенности при близкорасположенных к опухоли критических органах.

#### **Список использованных источников:**

1. В.А. Климанов, Радиобиологическое и дозиметрическое планирование лучевой и радионуклидной терапии. Части 1 и 2. Учебное пособие // Москва – НИЯУ МИФИ, 2011.
2. Физика планирования протонной лучевой терапии / В.А. Климанов, А.С. Самойлов, Ю.Д. Удалов [и др.] // Медицинская радиология и радиационная безопасность. – 2019. – Т. 64. – № 2. – С. 23-32. – DOI 10.12737/article\_5ca5e2677a1a06.60363700.
3. Слобина, Е.Л. Основы фракционирования дозы лучевой терапии // Онкологический журнал. – 2008. – Т. 2. – № 2(6). – С. 173-186.

## **ПЛЕЙОТРОПНЫЕ ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ ЭФФЕКТЫ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ЛАКТОФЕРРИНА ПРИ ОСТРОМ ГАММА-ОБЛУЧЕНИИ МЫШЕЙ**

М.Ю. Копаева<sup>1</sup>, И.Б. Алчинова<sup>2</sup>, А.Б. Черепов<sup>1</sup>,  
М.С. Деморжи<sup>2</sup>, И.Ю. Зарайская<sup>1</sup>, М.Ю. Карганов<sup>2</sup>

<sup>1</sup> НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва

<sup>2</sup> ФГБНУ «НИИОПП», г. Москва

При воздействии ионизирующего излучения происходит активация патогенетических и саногенетических процессов на всех уровнях биологической организации – от молекулярного до организменного. Является актуальным поиск эффективных лекарственных средств, обладающих полисистемным действием на организм. Лактоферрин (Лф) — полифункциональный белок из семейства трансферринов, глобулярный гликопротеин с молекулярной массой около 80 кДа. Он широко представлен в секреторных жидкостях млекопитающих, участвует во многих физиологических процессах, включая связывание и транспорт ионов железа, иммунные и воспалительные

реакции. Это позволяет в частности рассматривать Лф в качестве перспективного лекарственного средства, воздействующего на разные компоненты патогенеза при лучевом поражении.

**Целью** настоящей работы стало изучение эффектов человеческого лактоферрина (Лф) на динамику различных показателей состояния организма мышей после острого гамма-облучения в сублетальной дозе.

**Материалы и методы.** Исследование было проведено на самцах мышей линии С57В1/6 (возраст 2-2,5 месяца). В работе был использован Лф, выделенный из женского молозива (ООО «Лактобио», Москва). Животных из опытных групп (Обл, Обл+Лф, Обл+Лфх2) подвергали тотальному воздействию гамма-излучения на установке ГУТ-200М (НИЦ «Курчатовский институт», Москва) от источника  $^{60}\text{Co}$  в дозе 7,5 Гр. Контрольные животные (АК, АК+Лф, АК+Лфх2) были ложно облучены. Сразу после воздействия и повторно через 24 ч после него мыши получили инъекцию Лф (внутрибрюшинно, 4 мг/животное), либо 0,9% раствора NaCl в эквивалентном объеме. Поведение мышей анализировали в тесте «Открытое поле» (ОП) накануне облучения и на 10-й, 20-й, 30-й день после него. Через 3, 10 или 30 дней после облучения проводили взятие органов и цельной крови. В периферической крови мышей определяли уровень гемоглобина и количество лейкоцитов. Сыворотку получали из цельной крови на 3-й или 30-й день после облучения. Оценку изменений в субфракционном составе сыворотки крови проводили на лазерном корреляционном спектрометре ЛКС-03 («ИНТОКС», Санкт-Петербург). Срезы селезенки окрашивали гематоксилином и эозином и по Перлсу на железо (III). Для анализа выживаемости в течение эксперимента (30 дней) использовали метод Каплана-Мейера (критерий Гехана-Бреслоу-Вилкоксона).

**Результаты.** Введение Лф позволило увеличить выживаемость облученных мышей с 28% до 78% и среднюю продолжительность жизни в течение эксперимента (30 дней) с 16 до 26 дней. После облучения масса тела мышей начала уменьшаться, в то время как у контрольных животных она постепенно увеличивалась. Животные всех опытных групп отличались от соответствующих контролей с 6-го по 18-й день по этому показателю. К 30-му дню масса мышей группы Обл не восстановилась даже до исходного уровня. Напротив, уже к 21-му дню масса тела животных опытных групп, получивших Лф, начала превышать исходную и не отличалась от соответствующих контролей.

Результаты измерения пройденного пути в ОП показали, что через 10 и 20 дней после облучения общая двигательная активность мышей опытных групп была снижена по сравнению с соответствующими контролями и восстановилась к 30-му дню. У облученных мышей выявили уменьшение количества стоек через 10 дней после воздействия. На 20-й день этот показатель в группе Обл был ниже, чем в группах АК, Обл+Лф и Обл+Лфх2. Обе опытные группы, получившие Лф, не отличались по количеству стоек от соответствующих контролей уже к 20-му дню. Мыши группы Обл на



10-ый день проводили в центральной зоне меньше времени, чем контрольные. А на 20-й и 30-й дни этот показатель у них был ниже как по сравнению с контролем, так и по сравнению с мышами групп Обл+Лф и Обл+Лфх2. В то время как обе опытные группы, получившие Лф, не отличались от контрольных на всех этапах тестирования.

В картине крови мышей опытных групп на 3-й день после облучения наблюдали снижение количества лимфоцитов и увеличение относительного числа нейтрофилов. Количество моноцитов, эозинофилов и базофилов у облученных мышей не отличалось от контрольных значений. В группе Обл динамика лейкоцитарной формулы имела восстановительный характер, при этом не были достигнуты контрольные значения. На 30-й день в обеих опытных группах, получивших Лф, лейкоцитарная формула была восстановлена. Облучение вызвало резкое снижение абсолютного количества лейкоцитов во всех опытных группах (3-й и 10-й дни). На 30-й день этот показатель увеличился, хотя в группе Обл продолжал оставаться меньшим, чем в контроле. Обе опытные группы, получившие Лф, не отличались от соответствующих контролей к концу эксперимента.

Проведенные нами исследования показали, что лазерно-корреляционные спектры сыворотки крови мышей имели вид трехмодального распределения. При их анализе выделяли три дискретные зоны по размерам светорассеивающих частиц: мелкие, средние, крупные; и оценивали суммарный вклад в светорассеяние частиц в каждой из этих зон. Облучение вызвало значительные изменения ЛК-спектров. Во всех опытных группах на 3-й день максимальный вклад в светорассеяние вносили частицы крупного размера. Введение Лф привело к возвращению параметров сывороточного гомеостаза в пределы их нормальных значений на 30-й день.

Облучение привело к накоплению гемосидерина в красной пульпе селезенки у мышей всех опытных групп, уровень которого повышался от 3-го к 10-му дню, а затем снижался, но оставался выше контрольного на 30-й день. У мышей группы Обл на 3-й день после воздействия изменялось соотношение между белой и красной пульпой, на 10-й начиналась редукция фолликулов, на 30-й селезенка не имела четкого разделения на белую и красную пульпу, фолликулы были редуцированы. В обеих опытных группах, получивших Лф, структурная организация селезенки сохранялась в течение эксперимента.

**Заключение.** Результаты исследования демонстрируют положительное плейотропное влияние Лф на организм экспериментальных животных при облучении в сублетальной дозе. Следует отметить, что однократное введение Лф сразу после облучения уже обеспечивало проявление этих восстановительных эффектов. Полученные результаты свидетельствуют о перспективности разработки на основе данного белка терапевтических и радиопротекторных препаратов для профилактики и лечения осложнений при профессиональном облучении, а также для снижения побочных эффектов лучевой терапии.

## ВЕДЕНИЕ ПАЦИЕНТОВ С СОН-ЗАВИСИМЫМИ ЭПИЛЕПСИЯМИ И КОМОРБИДНЫМИ НАРУШЕНИЯМИ СНА

Е.С. Ларкина, А.Б. Кожокару

*ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, г. Москва*

### **Введение**

В клинической практике во время сна довольно часто встречаются пациенты с различными epileptическими приступами, в том числе сопровождаемыми судорожным синдромом, связанными с epilepsией и такими нарушениями сна как: инсомния, синдром беспокойных ног, синдром обструктивного апноэ, являющимися коморбидными нарушениями сна. Настоящий обзор посвящен обобщению данных о клинических особенностях, диагностических критериях сон-зависимых epilepsий и сопутствующих нарушений сна.

### **Материалы и методы**

Был проведен поиск публикаций в электронных базах Medline (Pubmed), Elibrary. Для поиска англоязычных статей использовались ключевые слова «epilepsy», «sleep», «sleep disorders», «sleep-related epilepsy». Для поиска русскоязычных статей использованы – «эпилепсия», «сон», «эпилептогенез», «инсомния», «синдром беспокойных ног».

Актуальность англоязычных источников была проанализирована по таким параметрам как просмотр заголовка, ознакомление с аннотацией и полнотекстовой статьей. Наряду с этим использовались ссылки на литературу из подобранных статей.

### **Результаты**

У ряда пациентов с epilepsией epileptические приступы развиваются во время сна. Наряду с этим в клинической практике нередко встречаются пациенты с epilepsией и сопутствующими нарушениями сна. До недавнего времени не существовало четких диагностических алгоритмов для исследований данной когорты пациентов.

В 2020 году членами Европейской академии неврологии, Европейским обществом исследования сна, Международной лигой по борьбе с epilepsией были разработаны последовательные этапы диагностики и ведение пациентов с подозрением на сон-зависимую epilepsию и на имеющиеся сопутствующие нарушения сна. При подозрении на сон-зависимую epilepsию рекомендуется придерживаться следующих этапов диагностики:

1. Сбор анамнеза;
2. Заполнение специализированных дневников, анкет, опросников;
3. Приобщение домашней видеозаписи с зарегистрированным клиническим событием;

4. Инструментальные методы диагностики: стандартная (рутинная) ЭЭГ, дневной или ночной видео ЭЭГ мониторинг, полисомнография.

В настоящее время отсутствуют исследования, отражающие убедительные доказательства, того, что сбор анамнеза, использование анкет и опросников, регистрация домашней видеозаписи играет значительную роль в диагностике сон-зависимых эпилепсий. Однако все вышеперечисленное является основным инструментом для формирования диагностических гипотез и для дальнейшего обследования пациента. Всем пациентам с подозрением на сон-зависимые формы эпилепсии рекомендуется проведение длительного ЭЭГ мониторинга.

У пациентов с сон-зависимыми формами эпилепсии нередко встречаются сопутствующие нарушения сна, такие как: инсомния, синдром беспокойных ног, синдром обструктивного апноэ. Диагностический поиск у пациентов с сон-зависимыми формами эпилепсии, с подозрением на сопутствующие нарушения сна состоит из: 1) Сбора анамнеза. 2) Применение анкет и дневников и проведение 3) Диагностических тестов. Также в настоящее время отсутствуют исследования, в которых доказана эффективность сбора анамнеза у этой группы пациентов. Такие симптомы, как дневная сонливость, общая слабость, чувство усталости после сна, могут являться как проявлением нарушением сна, так и могут быть обусловлены действием противоэпилептических препаратов или возникать после эпилептического приступа. Тем не менее, вышеперечисленные симптомы всегда должны оцениваться врачом, а наличие в анамнезе храпа, эпизодов апноэ, наличие избыточного веса у пациента должно побудить врача к дальнейшему диагностическому поиску.

Для повышения точности диагностики синдрома обструктивного апноэ, инсомнии, синдрома беспокойных ног было разработано множество опросников и анкет. Однако ни один из них не валидизирован для пациентов с сон-зависимой эпилепсией. «The Sleep Apnea Scale of the Sleep Disorders Questionnaire» единственный опросник, который был зарегистрирован для скрининга синдрома обструктивного апноэ у пациентов с эпилепсией.

Всем пациентам с сон-зависимой эпилепсией и с подозрением на инсомнию, синдром обструктивного апноэ, синдром беспокойных ног рекомендовано проведение полисомнографии. У пациентов с неуточненными формами эпилепсий рекомендовано проведение полисомнографии с использованием дополнительных каналов ЭЭГ.

#### **Заключение**

Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод о том, что в клинической практике для повышения качества дифференциальной диагностики и ведения пациентов с эпилепсией и коморбидными нарушениями сна следует четко придерживаться определенных алгоритмов: сбор анамнеза, применения специализированных анкет и дневников, проведения инструментальных методов диагностики: длительного видео ЭЭГ мониторинга, полисомнографии.

# ОПЫТ ВКЛЮЧЕНИЯ БОС-ТРЕНИНГА И РИТМИЧЕСКОЙ ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ МАГНИТНОЙ СТИМУЛЯЦИИ (рПМС) В МУЛЬТИМОДАЛЬНУЮ СИСТЕМУ РЕАБИЛИТАЦИИ ПАЦИЕНТА С НАРУШЕНИЕМ ФУНКЦИИ КИСТИ В РАННЕМ ВОССТАНОВИТЕЛЬНОМ ПЕРИОДЕ ИНСУЛЬТА

К.В. Лупанова<sup>1</sup>, С.Н. Колбахова<sup>1</sup>, И.В. Сидякина<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, г. Москва

<sup>2</sup> АО «Группа компаний «Медси», клиническая больница № 1, г. Москва.

**Введение:** Актуальность инсульта, как медико-социальной проблемы, определена его высокими показателями смертности и первичной инвалидизации населения. У 80-90% данных пациентов выявляется парез верхней конечности, который в 40% случаев сохраняется пожизненно. Данный факт определяет постоянный поиск новых методик восстановления тонкой моторики. Результаты исследований последних лет доказывают более эффективное восстановление нарушенной функции кисти при использовании комплексного подхода в раннем восстановительном периоде инсульта. Так, наряду с традиционной терапией (физиотерапией, лечебной физической культурой, рефлексотерапией, мануальной терапией) появились новые методы, основанные на использовании цифровых технологий и роботизированных комплексов. Использование аппаратных технологий с биологической обратной связью (БОС) все чаще встречается в нейрореабилитации, так как их применение позволяет повысить качество тренировок по сравнению с классической лечебной гимнастикой без привлечения дополнительных средств.

**Цель:** оценка эффективности включения в базовую программу реабилитации комбинированного влияния рПМС (Magstim Rapid) и БОС-тренинга (HandTutor) на восстановление тонкой моторики и навыков самообслуживания в раннем восстановительном периоде инсульта.

**Методы:** представлены результаты восстановления тонкой моторики пациента, 78 лет, перенесшего инсульт, с выраженным левосторонним гемипарезом, умеренными когнитивными нарушениями. На фоне базовой реабилитации (кинезиотерапии, механотерапии) были проведены тренировки на аппарате Hand Tutor (длительностью 30 мин, № 15, через день), рПМС на аппарате Magstim Rapid: C8-Th1 (60%, 5 Гц, стимуляция – 2 с; 15 с – 40 трейнов) и сгибатели/разгибатели пальцев кисти (30%, 25 Гц, стимуляция – 1,5 с; 15 с – 20 трейнов), № 10, через день. До начала и после окончания данной реабилитационной программы была проведена оценка состояния пациента по комплексу шкал. Состояние функции кисти и запястья фиксировалось программным обеспечением Medi Tutor (MediTouch).

**Результаты:** после проведенного курса реабилитационных мероприятий, при оценке эффективности результатов с помощью программного обеспечения Medi Tutor, отмечалась положительная динамика, в виде увеличения диапазона активных движений пальцев в среднем значении, на 154%. Значимого увеличения амплитуды движения в запястье не наблюдалось. Оценка состояния пациента с использованием шкал до/после применения реабилитационного курса: шестибальная шкала мышечной силы 2,5 балла/3,5 балла; индекс активности повседневной жизнедеятельности Бартел – 32 балла/35 баллов; Монреальская когнитивная шкала – 12 баллов/14 баллов; шкала активностей повседневной жизни Ривермид – 39 баллов/41 балл; шкала NIHSS – 4 балла/3 балла.

**Выводы:** В данном исследовании продемонстрированы положительные результаты восстановления тонкой моторики кисти и когнитивных способностей пациента, в результате комбинированного применения БОС-тренинга и рПМС в мультимодальной системе реабилитации в раннем восстановительном периоде инсульта.

## **ПРОГНОСТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНОГО СОДЕРЖАНИЯ CD20-АНТИГЕНПОЗИТИВНЫХ ЛИМФОЦИТОВ ПРИ НОДУЛЯРНОМ СКЛЕРОЗЕ КЛАССИЧЕСКОЙ ЛИМфомЫ ХОДЖКИНА**

М.С. Минаев, Е.А. Перфилова, Ю.С. Лаптева,  
Д.А. Дьяконов

*ФГБУН КНИИГиПК ФМБА России, г. Киров*

**Введение.** Классическая лимфома Ходжкина (кЛХ) – клональное В-линейное онкогематологическое заболевание, развивающееся преимущественно в молодом возрасте. Клинико-морфологические особенности патологического процесса, характер и механизмы его генеза по-прежнему являются предметом многочисленных дискуссий. Наиболее актуальным является вопрос поиска новых факторов прогноза течения данной патологии.

Учитывая немногочисленность опухолевого субстрата кЛХ (от 1 до 10% от всей клеточной массы), клетки Ходжкина и Рид-Штернберга (ХРШ) не всегда могут выступать в качестве предикторов течения и исхода заболевания. При стандартной иммуногистохимической диагностике производится оценка CD20-антигенпозитивных лимфоцитов, относительно многочисленного клеточного пула, представленного среди опухолевого субстрата. Однако биологический вклад данной популяции клеток все еще до конца не изучен.

Антиген CD20 представляет собой трансмембранный высокогидрофобный гликозилированный фосфопротеин, кодируемый у человека геном MS4A1.9 и играющий

особую роль в регуляции дифференцировки и роста В-клеток. Наличие экспрессии CD20 в некоторых клетках ХРШ подтверждают их В-клеточное происхождение и указывают на клональность процесса. Присутствие же реактивной В-клеточной популяции в опухолевом субстрате даже при небольшом их содержании может способствовать продукции значительного количества цитокинов и антител. Известны иммунологические механизмы, с помощью которых В-клетки стимулируют либо подавляют противоопухолевый иммунитет.

В единичных работах описываются количественные и качественные характеристики CD20-антигенпозитивных клеток опухолевого микроокружения, увеличение относительного содержания которых может выступать в качестве предиктора благоприятного течения кЛХ. Напротив, истощение CD20-позитивных лимфоцитов на фоне увеличения относительного содержания опухоль-ассоциированных макрофагов связано с высоким риском прогрессирования. Противоречивость и немногочисленность результатов исследований указывает на необходимость дальнейшего изучения роли CD20+ В-лимфоцитов в опухолевом микроокружении.

**Цель работы.** Оценка относительного содержания CD20-антигенпозитивных лимфоцитов у пациентов с впервые диагностированной классической лимфомой Ходжкина, гистологический подтип – нодулярный склероз.

**Материалы и методы.** Исследования выполнены на гистологических срезах лимфатических узлов 70 пациентов с нодулярным склерозом лимфомы Ходжкина. Больные разделены на 2 группы: группу 1 (n=32) составили обследуемые, достигшие полной ремиссии после проведения стандартной полихимиотерапии первой линии по схеме BEACOPP-14. Группа 2 – пациенты с рефрактерностью к химиотерапии или минимальным ответом на терапию первой и последующих линий (n=38). Соотношение мужчин (45,9%) и женщин (54,1%) составляло примерно 1:1; медиана возраста – 36 лет. Постановку иммуногистохимических реакций осуществляли по стандартной методике с использованием моноклонального антитела CD20 (клон L26), DAKO, Дания. Для статистической обработки данных применялась программа Stattech v. 2.8.5 (разработчик – ООО «СтатТех», Россия).

Количественные показатели оценивали на предмет соответствия нормальному распределению с использованием критерия Колмогорова-Смирнова (при числе исследуемых более 50). В случае отсутствия нормального распределения количественные данные выражали в виде медианы (Me) и нижнего и верхнего квартилей (Q1-Q3). Категориальные данные отражены в абсолютных значениях и процентных долях. Для оценки диагностической значимости количественных признаков при прогнозировании определенного исхода применяли метод анализа ROC-кривых. Разделяющее значение количественного признака в точке cut-off определяли по наивысшему значению индекса Юдена.

**Результаты исследований.** При анализе полученных результатов установлена *Me* содержания CD20-положительных лимфоцитов. В группе 1 показатель в 1,7 раза выше и составил 23,9% (21,3-25,8), в группе 2 – 13,9% (12,2-16,3), соответственно ( $p < 0,001$ ).

При оценке зависимости вероятности развития неблагоприятного течения нодулярного склероза КЛХ от уровня содержания CD20+ лимфоцитов с помощью ROC-анализа определено пороговое значение CD20-положительных лимфоцитов, равное 19,5%. Площадь под ROC-кривой составила  $0,918 \pm 0,036$  с 95% ДИ: 0,847-0,989. Полученная модель была статистически значимой ( $p < 0,001$ ). Чувствительность и специфичность модели составили 84,2% и 84,4%, соответственно. При содержании CD20-положительных лимфоцитов ниже данной величины прогнозировалось неблагоприятное течение заболевания. Подпороговое относительное содержание CD20+ В-лимфоцитов статистически значимо чаще выявлялось у пациентов в группе 2, чем в группе 1:32 (84,2%) против 6 (15,8%) соответственно ( $p < 0,001$ ).

**Выводы.** Выявление В-клеточной клональности в биопсийном материале представляет несомненную ценность для дифференциальной диагностики неопластического процесса и реактивных лимфаденопатий, однако морфометрические и морфологические характеристики реактивного микроокружения не учитываются. Определение относительного содержания CD20+ В-лимфоцитов ( $\geq 19,5\%$ ) в микроокружении опухоли на наш взгляд ассоциировано с исходом заболевания и выступает в качестве предиктора благоприятного течения КЛХ. Вычисление порогового значения CD20-антигенположительных клеток может служить дополнительным морфологическим критерием ответа на терапию.

## МОДЕЛЬ СТАБИЛЬНОСТИ ДЕТЕРМИНАНТ АНТИБИОТИКОРЕЗИСТЕНТНОСТИ В УСЛОВИЯХ КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА

В.К. Ильин<sup>1</sup>, Д.В. Молодцова<sup>2</sup>, А.А. Артамонов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ИМБП РАН, г. Москва

<sup>2</sup> ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, г. Москва

В работе рассматривается вопрос стабильности детерминант антибиотикорезистентности и влияние на эту характеристику условий пилотируемого космического полета. Разработана феноменологическая модель, позволяющая оценивать интегральную величину стабильности детерминант антибиотикорезистентности бактерий как функции от времени. На основании экспериментальных результатов, полученных при реализации космической программы «САЛЮТ 7», была оценена стабильность детерминант антибиотикорезистентности штаммов *E.coli*, выделенных до и после

космического полета у 16 космонавтов. Помимо этого, произведена оценка интегральной величины стабильности детерминант антибиотикорезистентности бактерий при проведении экспериментов «*in vitro*» как в условиях космического полета, так и в земных условиях, после пре-инкубации в космосе. Расчет с использованием разработанной феноменологической модели показал, что в стабильность детерминант антибиотикорезистентности выделенных у космонавтов бактерий *E.coli* до космического полета на 33% выше, чем после полета. А «*in vitro*» эксперимент, проведенный на борту МКС, показал обратную ситуацию – увеличение стабильности детерминант антибиотикорезистентности на 33% у культур, побывавших в космосе по сравнению с земным контролем. Это говорит о совместном влиянии на стабильность детерминант, как космических условий, так и иммунной системы космонавтов. Общим результатом в этих двух типах исследований является экспериментальный факт, что наибольшее число бактерий, в космических условиях, имели 2 детерминанты антибиотикорезистентности. Это обстоятельство позволяет прогнозировать возможную стратегию использования антибиотиков при автономных космических полетах.

## **КОМБИНИРОВАННАЯ ПРОТОННО-ФОТОННАЯ ЛУЧЕВАЯ ТЕРАПИЯ МЕСТНОРАСПРОСТРАНЕННЫХ ОПУХОЛЕЙ ГОЛОВЫ И ШЕИ**

А.В. Незвецкий, К.А. Малинина, В.А. Андреев,  
С.А. Тимиркин, Ю.Д. Удалов

*ФГБУ ФНКЦРиО ФМБА России, г. Дмитровград*

**Актуальность.** Проблема переносимости лечения местнораспространенного рака головы и шеи, объединяющего опухоли, развившиеся из эпителия полости рта, глотки и гортани, является одной из актуальных проблем онкологии и радиотерапии. Плоскоклеточный рак составляет 90% всех злокачественных новообразований головы и шеи. Основной причиной летального исхода таких больных являются местные рецидивы, метастазы в лимфатические узлы шеи, лекарственная и синергичная токсичность.

Более половины пациентов с впервые установленным злокачественным новообразованием области головы и шеи имеют неоперабельную форму по причине распространенности процесса, наличия тяжелой сопутствующей патологии либо технической невозможности выполнить условно радикальное оперативное вмешательство, в связи с чем проведение лучевой, химиолучевой и иммунолучевой терапии являются наиболее доступными методами лечения [1-3].

Пациенты, имеющие показания к проведению комбинированного метода лечения, в ряде случаев имеют ECOG $\geq$ 3, что исключает опции комбинированного подхода ввиду



высокой токсичности планируемого лечения. Именно снижение токсичности проявления тяжелых лучевых осложнений (индуративный отек мягких тканей, хондроперихондрит, эзофагит, эпидермит, кровотечения, инфекционное поражение слизистых, кахексия, опухолевая интоксикация и т.д.) за счет оптимального выбора вида, режима фракционирования лучевой терапии, уменьшения объема мишеней за счет передовых методов диагностики и топометрии может привести к снижению поглощенных доз на органы риска и обеспечить сохранение функциональных резервов для успешного проведения лекарственной терапии [4].

**Ключевые слова:** местнораспространенный рак головы и шеи, плоскоклеточный рак, протонная и фотонная терапия, лучевая терапия.

**Пациенты и методы.** Оценены планы дозного распределения и доз на критические органы двух пациентов, получивших комбинированный метод лучевой терапии. Оба пациента имеют установленный морфологически диагноз – плоскоклеточный рак гортаноглотки слева T2N1M0, имели статус ECOG=1б и не имели декомпенсированной сопутствующей патологии. По решению врачебного онкологического консилиума пациентам назначено проведение химиолучевой терапии. Пациентам назначено проведение лучевой терапии в объеме РОД 2 Гр на первичный очаг до СОД 70 Гр, на зоны регионарного метастазирования до СОД 60 Гр. Проведение ПЭТ/КТ топометрии на этапе предлучевой подготовки позволило более точно определить уровень метастатического поражения лимфатических узлов. В качестве противоопухолевого лекарственного компонента использовался цисплатин в дозировке 100 мг/м<sup>2</sup> в 1-й, 22-й и 43-й дни ЛТ.

Для оценки степени острых осложнений лучевой терапии использована шкала RTOG. Тяжесть гематологической токсичности определялась в зависимости от выраженности леко-, тромбо- и эритропении.

**Результаты.** Комбинированная протонно-фотонная лучевая терапия позволила существенно снизить поглощенную дозу, получаемую щитовидной железой, подчелюстными слюнными железами, спинным мозгом и пищеводом.

Лечение проводилось 5 дней в неделю с ежедневным контролем укладки ортогональными Rg снимками. Лечение проведено без вынужденных перерывов, за время лечения наблюдались осложнения в виде лучевого эпителиита 2 степени, очагового мукозита, купированного медикаментозно, умеренной ксеростомии и умеренно выраженного болевого синдрома, не требующего приема наркотических анальгетиков. Гематологической токсичности не отмечалось.

Оценка степени клинического эффекта запланирована на последний квартал 2022 г. (проведение ПЭТ КТ с 18ФДГ). Но уже в настоящее время эпителиит купирован в течение 1 месяца, умеренные явления ксеростомии пациенты отмечают на протяжении 1 месяца.

**Заключение.** Данный метод лучевой терапии местнораспространенных опухолевых процессов головы и шеи позволяет улучшить переносимость, снизить токсичность и

повысить качество жизни пациента. Эффективность, степень и сроки поздних лучевых осложнений требует дальнейшего изучения.

**Список использованных источников:**

1. Физика планирования протонной лучевой терапии / В. А. Климанов, А. С. Самойлов, Ю. Д. Удалов [и др.] // Медицинская радиология и радиационная безопасность. – 2019. – Т. 64. – № 2. – С. 23-32. – DOI 10.12737/article\_5ca5e2677a1a06.60363700.

2. Организация работы отделения протонной лучевой терапии в условиях COVID-19 / Ю. Д. Удалов, Л. А. Данилова, А. В. Незвецкий [и др.] // Nexus Medicus: Актуальные проблемы современной медицины: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Ульяновск, 06–07 октября 2021 года / Ульяновский государственный университет; отв. ред. д.м.н., проф. Л. А. Белова; сост. к.б.н., доц. Т. А. Индиякова. – Ульяновск: Ульяновский государственный университет, 2021. – С. 385-387.

3. Организация работы онкологического консилиума / Ю. Д. Удалов, Л. А. Данилова, А. В. Незвецкий [и др.] // Nexus Medicus: Актуальные проблемы современной медицины: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Ульяновск, 06–07 октября 2021 года / Ульяновский государственный университет; отв. ред. д.м.н., проф. Л. А. Белова; сост. к.б.н., доц. Т. А. Индиякова. – Ульяновск: Ульяновский государственный университет, 2021. – С. 387-390.

4. Возможности протонной терапии при повторном облучении диффузной опухоли ствола мозга у детей / Ю. Д. Удалов, Е. Л. Слобина, Л. А. Данилова [и др.] // Медицина экстремальных ситуаций. – 2021. – Т. 23. – № 4. – С. 65-71. – DOI 10.47183/mes.2021.039.

**ПРОФИЛЬ МУТАЦИЙ ГЕНА VCR::ABL1 ПРИ РЕЗИТЕНТНЫХ ФОРМАХ  
ХРОНИЧЕСКОГО МИЕЛОЛЕЙКОЗА**

Д.В. Прозоров, Е.В. Трегубова, Т.Н. Рыболовлева,  
Е.Л. Назарова, М.С. Минаев

*ФГБУН КНИИГиПК ФМБА России, г. Киров*

Эффективность применения лекарственных препаратов у пациентов с хроническим миелолейкозом (ХМЛ) связана с ликвидацией лейкоэмических Ph<sup>+</sup> клеток. Соблюдение принципа непрерывного воздействия на опухолевый клон является основой результативности терапии ХМЛ. Перерывы в приеме ингибиторов тирозинкиназ (ИТК) могут быть причиной снижения результативности терапии и прогрессирования заболевания. Регулярный контроль результатов лечения с применением молекулярно-

генетических методов, своевременная оценка ответа на терапию и, при показаниях, замена с ИТК первого поколения (ИТК1) на ИТК второго поколения (ИТК2) или ИТК третьего поколения (ИТК3) необходимы для профилактики резистентности клеток опухолевого клона при ХМЛ [А. Hochhaus et.al., 2020]. Мутационный статус гена *BCR::ABL1* целесообразно определять в дебюте заболевания, в фазах акселерации и бластного криза, а также при формировании резистентности к ИТК.

**Цель:** выявление мутации киназного домена гена *BCR::ABL1* у больных ХМЛ, резистентных к терапии иматинибом.

Обследованы 28 больных ХМЛ, рефрактерных к иматинибу, лечившихся в ФГБУН КНИИГиПК ФМБА России с 2019 по 2022 гг. Из них 13 (46,4%) мужчин и 15 (53,6%) женщин. Определение мутаций гена *BCR::ABL1* (3-11 экзоны) проводили методом прямого секвенирования на генетическом анализаторе Applied Biosystems® 3500xl («Applied Biosystems», США). Обнаружено 22 различных варианта мутаций, в том числе двойные: T315I (5/28–17,9%), Q252H (3/28–10,7%), F359K (2/28–7,1%), I242V (1/28–3,6%), M244V (1/28–3,6%), G250E (1/28–3,6%), I293V (1/28–3,6%), V299L (1/28–3,6%), E308Gfs\*9 (1/28–3,6%), F317I (1/28–3,6%), T319A (1/28–3,6%), Q333\* (1/28–3,6%), R362K (1/28–3,6%), E373G (1/28–3,6%), M388I (1/28–3,6%), G390R (1/28–3,6%), H396R (1/28–3,6%), L209Afs\*89+M244V (1/28–3,6%), M244L+F317L (1/28–3,6%), F317L+K415E (1/28–3,6%). Чаще всего обнаруживалась миссенс-мутация T315I (17,9%), у больных с резистентностью к иматинибу (ИТК1), дазатинибу, nilотинибу, бозутинибу (ИТК2). В этих случаях оказываются эффективны понатиниб и асциминиб (ИТК3). Второй по частоте выявления встретилась мутация Q252H (10,7%), при наличии которой наблюдалась умеренная чувствительность к ИТК1 и дазатинибу, и высокая - к nilотинибу, бозутинибу и ИТК3. У 1 (3,6%) пациента обнаружена мутация W261\* гена *BCR::ABL1*, приводящая к образованию стоп-кодона, синтезу усеченного белка, и, как следствие, к снижению чувствительности клеток к ИТК. Мутация F359K (7,1%) соотносится с невосприимчивостью к стандартным дозам иматиниба и резистентностью к nilотинибу. Другие клинически значимые мутации, связанные с устойчивостью опухолевого клона к ИТК1: M244V (3,6%), G250E (3,6%), V299L (3,6%), F317I (3,6%), H396R (3,6%). Мутация R362K (3,6%) выявлена в случаях низкой чувствительности к ИТК1 и ИТК2. У 2 (7,1%) пациентов обнаружены сочетанные мутации, а именно: M244L+F317L (3,6%), F317L+K415E (3,6%), замены в этих позициях отмечены у больных с устойчивостью к иматинибу и дазатинибу.

Таким образом, у обследованных пациентов с ХМЛ резистентных к иматинибу выявлены мутации гена *BCR::ABL1*. Наиболее часто (17,9%) встречалась мутация T315I.

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕЗЕНХИМАЛЬНЫХ СТРОМАЛЬНЫХ КЛЕТОК КРЫС И ЧЕЛОВЕКА И ИХ КОНДИЦИОНИРОВАННЫХ СРЕД ПРИ МЕСТНЫХ ЛУЧЕВЫХ ПОРАЖЕНИЯХ

А.А. Расторгуева, Т.А. Астрелина, В.А. Брунчуков,  
И.В. Кобзева В.А. Никитина, Д.Ю. Усупжанова,  
Т.В. Карасева, С.В. Лишук, Е.А. Дубова,  
К.А. Павлов, В.А. Брумберг, Н.В. Соколова,  
А.М. Комлев, А.С. Самойлов

*ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, г. Москва*

**Введение:** Местные лучевые поражения (МЛП) могут возникать не только в чрезвычайных ситуациях, но и в рядовых случаях, например, у человека, проходящего лучевую терапию. Они причиняют существенный дискомфорт пациентам, т.к. для МЛП характерны длительно незаживающие рецидивирующие некротические язвы. Использование клеточной терапии для лечения МЛП базируется на восстановлении погибших клеток базального слоя эпидермиса, куда входят в том числе пролиферирующие клетки кожи. Поэтому ее применение остается сегодня актуальным.

**Цель исследования:** сравнение результатов применения мезенхимальных стромальных клеток (МСК) слизистой ткани десны человека и МСК слизистой ткани десны крысы, их кондиционированных сред и оценка их влияния на регенерацию тканей при местных лучевых поражениях на модели лабораторных животных.

**Материал и методы:** В исследование включено 120 белых крыс-самцов линии Wistar массой 210±3 г в возрасте 8-12 недель, рандомизированных на 6 групп (по 20 животных в каждой): контроль (К), животные не получали терапию; контроль с введением концентрата культуральной среды (КС) трехкратно на 1, 14, 21 сутки; введение МСК слизистой десны человека (ДЧ) в дозе 2 млн на 1 кг трехкратно на 1, 14, 21 сутки; введение концентрата кондиционированной среды МСК слизистой десны человека (ДЧКС) в расчетной дозе 2 млн клеток на 1 кг трехкратно на 1, 14, 21 сутки; введение МСК слизистой десны крысы (ДК) в дозе 2 млн на 1 кг трехкратно на 1, 14, 21 сутки; введение концентрата кондиционированной среды МСК слизистой десны крысы (ДККС) в расчетной дозе 2 млн клеток на 1 кг трехкратно на 1, 14, 21 сутки. Каждое лабораторное животное наблюдали: на 1, 7, 14, 21, 28, 35, 42, 49, 56, 63, 70, 77, 84, 91, 98, 105, 112-е сутки после моделирования ожога. Проводили гистологическое (окраска гематоксилином-эозином) и иммуногистохимическое (CD31, CD68, VEGF, PGP 9.5, MMP2.9, Collag 1, TIMP 2) исследования. Моделирование МЛП проводили облучением на рентгеновской установке в поглощенной дозе 110 Гр. Культивировали МСК по стандартной методике до 3-5 пассажа, осуществляли забор кондиционированной среды и концентрировали ее в 10

раз. Иммунофенотип МСК (CD34, CD45, CD90, CD105, CD73, HLA-DR) и жизнеспособность (7-ADD) определяли с помощью проточной цитофлуориметрии.

**Результаты:** При анализе результатов в сравнении с контрольной группой (К) на 28-е сутки у всех животных зарегистрировано появление отслоившегося некротизированного эпидермиса (язва), покрывающего раневую поверхность кожи. До 42-х суток исследования во всех группах отмечалась разнонаправленная динамика площади язвы кожи животных. На 42 сутки исследования во всех группах отмечалась динамика уменьшения площади язвы кожи животных. Площадь язвы кожи была меньше в группе КС при сравнении с остальными группами ( $p \leq 0,05$ ). В группе К с 42 до 77-х суток наблюдения отмечалось увеличение площади язвы кожи по сравнению с группами КС и ДЧКС ( $p \leq 0,05$ ). С 91-х суток и до конца наблюдения (112-е сутки) статистически достоверных различий по параметрам общая площадь измененной кожи и площадь язвы во всех группах отсутствовали. На 112-е сутки отмечалось полное заживление язвы кожи у 40% животных в группе КС, у 60% в группе ДЧ, у 20% животных в группах ДЧКС, ДККС, в группах К и ДК не было ни одного животного с затянувшимся раневым дефектом.

При гистологическом исследовании иссеченных образцов пораженных участков кожи у всех лабораторных животных отмечались гнойно-геморрагические изменения с участками краевой эпителизации в различные периоды наблюдения: группа К – на протяжении всего наблюдения, группа КС – до 56-х суток, группа ДЧ – до 112-х суток, группа ДЧКС – до 56-х суток, группа ДК – на протяжении всего исследования, группа ДККС – до 56-х суток. В некоторых группах отмечались рецидивы язв на 70-е сутки (КС), на 91-е и 112-е сутки (ДЧКС, ДККС). МЛП у лабораторных животных контрольной группы (К), в группе с МСК десны крысы (группа ДК) и в группе с концентратом кондиционированной среды МСК десны крысы (группа ДККС) протекало по типу неполной регенерации с образованием рубцовой ткани и на протяжении почти всех сроков наблюдения сохранялась полиморфноклеточная воспалительная инфильтрация. Применение МСК слизистой ткани десны человека (группа ДЧ) и также концентрата кондиционированной среды МСК десны человека (ДЧКС) приводило к ускорению образования грануляционной ткани и ускорению сроков заживления.

Выявлено статистически значимое увеличение количества макрофагов (CD68), характеризующее активность воспалительного процесса кожи в контрольной группе (К) и группе ДК с 28 по 112-е сутки ( $11,7 \pm 1,4$  и  $24,7 \pm 2,4$ , ( $p \leq 0,05$ )) и ( $16,6 \pm 2,3$  и  $31,1 \pm 3,9$ , ( $p \leq 0,05$ )) соответственно, и их уменьшение в группе КС –  $22,1 \pm 1,6$  и  $13,1 \pm 1,8$  ( $p \leq 0,05$ ). В ходе исследования отмечено значительное увеличение количества новообразованных сосудов по данным антигена CD31: на 28-е сутки в группе ДЧ среднее количество сосудов в поле зрения составило  $6,0 \pm 1,2$ , а на 112-е сутки –  $12,8 \pm 2,1$  ( $p \leq 0,05$ ), в группе ДК –  $5,5 \pm 0,9$  и  $17,9 \pm 1,8$  ( $p \leq 0,05$ ), в группе ДЧКС –  $19,1 \pm 1,1$  и  $28,6 \pm 2,7$  соответственно ( $p \leq 0,05$ ). Уровень маркера ранней дифференциации нейронов PGP 9.5 повышался в контрольных

группах (К, КС) практически в 3 раза (с 28 по 112 сутки,  $p \leq 0,05$ ). Положительная экспрессия маркера VEGF в эндотелиальных клетках и клетках стромы отмечалась в иссеченных образцах пораженных участков кожи во всех группах животных, а выраженная экспрессия (3 балла) – в группах К и КС на 28-е сутки и в опытных группах (ДЧ, ДЧКС, ДК, ДККС) на 112-е сутки. Было отмечено снижение экспрессии маркера MMP2 и MMP9 во всех группах, что может свидетельствовать о повреждении тканей и воспалительных процессах на протяжении всего процесса регенерации. Уровень маркера TIMP2 во всех группах повышался с 28 до 112-х суток, кроме группы ДККС, в которой его уровень оставался неизменным, это возможно связано с подавлением пролиферации эндотелиальных клеток (за счет ингибирования MMP) во всех группах, кроме ДККС.

**Заключение:** Таким образом, все использованные методы лечения были эффективны при МЛП и приводили к уменьшению площади поражения, сокращению времени заживления язвы, улучшению регенеративных процессов. Применение мезенхимальных стромальных клеток слизистой ткани десны человека приводило к улучшению васкуляризации и уменьшению воспалительных процессов в очаге МЛП в большей степени, чем аналогичные клетки, полученные от лабораторных животных (крысы).

## ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕРФЕРЕНЦИИ РНК ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ПОДХОДОВ К ТЕРАПИИ АЛЛЕРГИЧЕСКОГО РИНИТА

Т.Е. Русак, Е.Д. Барвинская, И.П. Шиловский,  
М.М. Каганова, В.И. Ковчина, А.А. Никольский,  
С.М. Андреев, М.Р. Хаитов

*ФГБУ «ГНЦ Институт иммунологии» ФМБА России, г. Москва*

**Введение.** Аллергический ринит (АР) – хроническое воспалительное заболевание верхних дыхательных путей, характеризующееся чиханием, зудом, заложенностью носа и ринореей. Патогенез аллергического ринита включает увеличение титра аллерген-специфических IgE в сыворотке крови, инфильтрацию воспалительных клеток в слизистую оболочку носовой полости и гиперэкспрессию Th2-цитокинов (IL-4, IL-5 и IL-13). Существующая на нынешний день фармакотерапия, включающая применение интраназальных кортикостероидов, антигистаминных и антилейкотриеновых препаратов облегчает симптомы, но не способна влиять на патогенез заболевания. Антицитокиновая терапия, проводимая преимущественно моноклональными антителами, является многообещающим подходом для терапии аллергической астмы и других патологий, имеющих в основе аллергическую природу [1]. Так, в настоящее время Dupilumab

одобрен для применения при тяжелой форме астмы, атопическом дерматите [2]. Тем не менее, высокая стоимость данного препарата ограничивает его использование в клинической практике, что обуславливает необходимость разработки эффективных и доступных препаратов, способных супрессировать Th2-цитокины. РНК-интерференция является перспективным подходом для антицитокиновой терапии воспалительных процесса посредством сиквенс-специфического сайленсинга генов, участвующих в развитии патологии, при участии малых интерферирующих РНК (миРНК) [3].

В данном исследовании нашей целью было изучение противовоспалительного эффекта курса назальных аппликаций миРНК против генов IL-4 и IL-13 на модели аллергического ринита у мышей.

**Материалы и методы.** Ранее в ФГБУ "ГНЦ Институт иммунологии" ФМБА России были разработаны миРНК против мышинных генов IL-4 и IL-13, а также разветвленный дендримерный пептид LTP, выступающий в роли носителя для миРНК при доставке их в клетки млекопитающих [4].

Для оценки терапевтического потенциала комплекса проводилась экспериментальная терапия мышей, имеющих аллергический ринит к овальбумину куриного яйца (OVA), комплексом в дозах 5 и 15 мкг/мышь. Для индукции аллергического ринита мыши были сенсибилизированы 20 мкг овальбумина куриного яйца (OVA) (USA, Sigma-Aldrich) в ФСБ подкожно в 1, 14 и 24 дни эксперимента. Затем, для индукции аллергического воспаления носовой полости проводили этап провокации. Мышам интраназально вводили раствор OVA (10 мкг/мл) в объеме 25 мкг/мышь в течение 8 дней (36-43 дни эксперимента). В эти же дни (дважды до и после введения OVA) проводилась терапия мышей путем интраназального введения комплекса катионного пептида LTP со специфическими/неспецифическими миРНК. Кортикостероидный препарат будесонид, который широко применяется при лечении аллергического ринита и аллергической астмы, служил положительным контролем. Группа интактных мышей в качестве терапии получала фосфатно-солевой буфер (ФСБ) и выступала в качестве отрицательного контроля.

В ходе эксперимента у животных была замерена назальная гиперреактивность, была взята кровь для определения уровней специфических антител классов IgE, IgG1 и IgG2a методом твердофазного ИФА. Также, после терапии оценивали: изменение продукции цитокинов IL-4 и IL-13 клетками подчелюстных лимфоузлов, стимулированных OVA. Инфильтрацию провоспалительных клеток в слизистую оболочку носа оценивали гистологическими методами.

**Результаты.** Интраназальные аппликации комплексом, содержащим миРНК против IL-4 и IL-13, эффективно снижали продукцию данных Th2-цитокинов в локальных лимфатических узлах, при этом не влияя на уровни INF $\gamma$ . Происходило снижение уровней OVA-специфических IgE, IgG1, но не IgG2 в сыворотках крови мышей, что указывает на переключение иммунного ответа в сторону Th1-типа. Неспецифические миРНК не

оказывали воздействия на экспрессию на IL-4 и IL-13 как *in vivo*, так и *in vitro*. МиРНК-опосредованное подавление мышинных генов *il-4* и *il-13* выражалось в ослаблении воспалений верхних дыхательных путей, что выражается в снижении гипертрофии эпителия дыхательных путей, уменьшении инфильтрации провоспалительных клеток (включая эозинофилы) в полости носа и предотвращение усиления назальной гиперреактивности. Результаты терапии будесанидом выражались в улучшении назальных симптомов (чихание и почесывание носа) и уменьшение воспаления в полости носа.

**Заключение.** В заключении экспериментальная терапия комплексом миРНК/LTP, направленного против IL-4 и IL-13, заметно облегчала симптомы аллергического ринита такие как: чихание, изменение гистологической картины в слизистой носовой полости и продукция IgE мышей сенсибилизированных OVA. В совокупности полученные результаты указывают на то, что локальное подавление генов *il-4* и *il-13* с использованием миРНК-дендримерный пептид обладает значительным терапевтическим потенциалом при терапии аллергического ринита.

**Список использованных источников:**

1. Yoo E. R. Global Atlas of Allergic Rhinitis and Chronic Rhinosinusitis // Eur. Acad. Allergy Clin. Immunol. 2015. pp. 1–442.
2. Weinstein SF, Katial R, Jayawardena S, et al. Efficacy and safety of dupilumab in perennial allergic rhinitis and comorbid asthma. J Allergy Clin Immunol. 2018;142(1):171-177 e171.
3. Shilovskiy I, Sundukova M, Korneev A, et al. The mixture of siRNAs targeted to IL-4 and IL-13 genes effectively reduces the airway hyperreactivity and allergic inflammation in a mouse model of asthma. Int Immunopharmacol. 2022;103:108432.
4. Kozhikhova K. V et al. A novel peptide dendrimer LTP efficiently facilitates transfection of mammalian cells. // Org. Biomol. Chem. 2018. Vol. 16. № 43. P. 8181–8190.

**РАННЯЯ ПОСТТРАНСПЛАНТАЦИОННАЯ ТОКСИЧНОСТЬ ТАНДЕМНОЙ  
ВЫСОКОДОЗНОЙ ЦИТОСТАТИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ  
С АУТОТГСК У БОЛЬНЫХ МНОЖЕСТВЕННОЙ МЯЕЛОМой**

З.К. Симавонян, А.А. Давтян, И.В. Кобзева,  
Т.А. Астрелина, Ю.Б. Сучкова, Е.К. Соколова

*ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, г. Москва*

**Введение.** Высокодозная цитостатическая терапия с аутологичной трансплантацией периферических гемопоэтических стволовых клеток (ВДЦТ с аутоТГСК) достоверно улучшает показатели выживаемости и в настоящее время входит в стандарт лечения



больных множественной миеломой (ММ). До эры новых препаратов (ингибиторы протеасом, иммуномодуляторы, моноклональные антитела), при лечении ММ, ключевой опцией для интенсификации лечения и увеличения общей и бессобытийной выживаемости была двойная тандемная ВДЦТ с аутоТГСК.

**Ключевые слова:** множественная миелома, трансплантация

**Актуальность и цель.** Клинические рекомендации претерпевают изменения, но в группе высокого риска вопрос проведения тандемной ВДЦТ с аутоТГСК остается актуальным. Одной из причин дискуссии на предмет целесообразности проведения двойной тандемной ВДЦТ с аутоТГСК является риск развития значимой токсичности, особенно в ранние сроки проводимого лечения. Цель исследования – оценка ранней токсичности (до +100 дня) в данной клинической опции.

**Материалы и методы.** В исследование включено 85 больных ММ в возрасте от 28 до 67 лет, из них: 52% мужчины, 48% женщины, у которых в результате курсов индукционной терапии, содержащих бортезомиб и/или леналидомид по данным иммунохимического анализа суточной мочи и сыворотки крови достигнута полная, либо частичная ремиссия ММ, редукция опухолевой инфильтрации костного мозга менее 3%. Всем пациентам проведены сеансы афереза, среднее количество, полученных гемопоэтических клеток составляло  $10,5 \pm 2,4$  млн/кг. Режимы мобилизации были трех типов: на стабильном кроветворении, после цитостатического воздействия и при использовании нового агента – ингибитора CXCR4-плериксафора.

**Результаты:** Всем пациентам выполнены тандемные ВДЦТ с аутоТГСК. Среднее время между трансплантациями составляло  $3,2 \pm 0,5$  мес. Режим кондиционирования был классический: мелфалан  $200 \text{ мг/м}^2$  ( $140 \text{ мг/м}^2$  в группе пациентов старше 65 лет). Пациенты получали стандартную сопроводительную терапию.

В первую аутоТГСК было трансплантировано ГСК в среднее количество  $5,3 \pm 1,4$  млн/кг. Проявления токсичности зафиксировано в виде: гематологической токсичности 4 ст. у 100% пациентов, мукозита полости рта – 29%, энтеропатии – 47%, фебрильной нейтропении – 39%, ЦМВ-инфекции – 3,5%, токсического гепатита – 2,3%. Приживление трансплантата определялось к +12 дню. У двух пациентов отмечалось неприживление трансплантата после первой аутоТГСК в 2,4%, ретрансплантация была успешна в 50% случаев. У одного пациента (1,2%) не было достигнуто приживление трансплантата, что и послужило причиной ранней посттрансплантационной летальности (1,2%).

Во вторую аутоТГСК были трансплантированы ГСК в среднем количестве  $4,5 \pm 1,9$  млн/кг.

Проявления токсичности зафиксировано в виде: гематологической токсичности 4 ст. у 100% пациентов, мукозита полости рта – 33%, энтеропатии – 40%, фебрильной нейтропении – 33%, госпитальной пневмонии ДН 1-2 ст. – 2,3%, ЦМВ-инфекции – 1,2%. Приживление трансплантата определялось к +13 дню.

**Выводы:** Таким образом, ранняя посттрансплантационная смертность в настоящем исследовании составляла 1,2%, неприживление трансплантата в 2,4%, спектр токсических осложнений показал удовлетворительную переносимость.

## МЕТОД БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ В КЛИНИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ УРОЛОГА. КЛИНИЧЕСКИЕ СЛУЧАИ

М.В. Сонина<sup>1</sup>, А.Б. Кожокару<sup>1</sup>, Р.В. Салоков<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, г. Москва

<sup>2</sup> РУДН, г. Москва

Biofeedback терапия – это неинвазивный метод лечения таких состояний как: недержание мочи любого типа, urgentные позывы на мочеиспускание, учащенное мочеиспускание, дисфункциональное мочеиспускание, синдром хронической тазовой боли. БОС-терапия – это миотренинг направленный на нормализацию мышц тазового дна и восстановления реципрокных взаимоотношений между сфинктерным аппаратом тазового дна и мочевым пузырём. В основе биологической обратной связи лежит принцип «физиологического зеркала», которое помогает пациенту при помощи визуализации управлять физиологическими реакциями, которыми в обычной жизни он управлять не может. Biofeedback терапия – это метод прямого обучения центральной и вегетативной нервной систем с целью нормализации их деятельности.

Данный метод лечения является индивидуальным, изначальные настройки аппарата зависят от уровня контроля пациента за мышцами промежности. Уровни сложности регулируются по мере прохождения процедур. БОС-терапия применяется как самостоятельный метод лечения, так и в комплексной терапии.

Противопоказанием к БОС-терапии является снижение когнитивных функций, так как в основе метода лежит осознанное понимание пациентом его действий. Пациент должен понимать, как сигнал с мышц промежности и мышц живота передаётся на монитор, и что он сам управляет этими сигналами.

Преимуществами БОС-терапии являются эффективность, неинвазивность и безопасность.

## ВЗАИМОСВЯЗЬ ЭКСПРЕССИИ БЕЛКА AIF С ВЫЖИВАЕМОСТЬЮ БОЛЬНЫХ ДИФFUЗНОЙ В-КРУПНОКЛЕТОЧНОЙ ЛИМФОМОЙ

Е.В. Ванеева, В.А. Росин, Д.А. Дьяконов,  
А.Н. Турубанова

*ФГБУН КНИИГиПК ФМБА России, г. Киров*

**Введение.** Диффузная В-крупноклеточная лимфома (ДВККЛ) является одним из наиболее распространенных типов агрессивных лимфоидных неоплазий (30-40% случаев среди всех неходжкинских лимфом). Согласно классификации ВОЗ (2017), опухолевый субстрат ДВККЛ может соответствовать как минимум 13 нозологическим формам лимфом, отличающихся клиническими проявлениями, морфологическими характеристиками, молекулярно-генетическими свойствами. В настоящее время для определения прогноза течения болезни применяется ряд клинических систем стратификации. Однако ни одна из них не позволяет в полной мере оценить индивидуальный риск неудач терапии. Поэтому поиск новых прогностических факторов, в том числе биологических, при ДВККЛ остается актуальной задачей. Она важна для получения возможности более точно стратифицировать пациентов на этапе диагностики на группы риска с целью выбора оптимальной тактики лечения.

Нарушение механизмов программируемой гибели клеток ассоциировано с развитием различных патологических процессов. В последнее время накапливается все больше данных о значении каспаз-независимого апоптотического пути в опухолеобразовании. Важную роль в нем играет апоптоз-индуцирующий фактор AIF (Apoptosis Inducing Factor) – белок, локализованный в клетке на мембране митохондрий. При активации апоптоза он перемещается в ядро, где вызывает конденсацию хроматина и фрагментацию ДНК. В научной литературе имеются сведения о связи низкой экспрессии AIF с неблагоприятным прогнозом при ряде солидных опухолей (меланома, рак яичек, желудка, прямой кишки и др.). Установлено, что дефицит AIF оказывает негативное влияние на гемопоэз, вплоть до развития аплазии костного мозга. Работы по изучению прогностического значения AIF при ДВККЛ единичны и носят описательный характер.

**Цель.** Оценка взаимосвязи экспрессии AIF с выживаемостью больных ДВККЛ.

**Материалы и методы.** В ретроспективное исследование включены 100 пациентов с впервые диагностированной ДВККЛ. Все больные получали полихимиотерапию по схеме R-СНОР в клинике ФГБУН КНИИГиПК ФМБА России с 2015 по 2020 гг. Медиана возраста обследуемых составила 59 лет (от 18 до 83 лет). Количество мужчин (47%) и женщин (53%) было сопоставимым. Определение относительного количества AIF-позитивных опухолевых клеток в гистологических срезах проводили с применением иммуногистохимического и морфометрического методов. Пороговое значение экспрессии

белка вычисляли с использованием ROC-анализа, показатель составил 57% опухолевых клеток. Согласно установленному критерию, всех пациентов разделили на группы с высокой [ $\geq 57\%$ ] и низкой [ $< 57\%$ ] экспрессией AIF. Общую (ОВ) и беспрогрессивную (БПВ) 5-летнюю выживаемость рассчитывали по методу Каплана-Мейера (long-rank test).

**Результаты.** ОВ в группе пациентов с высокой экспрессией AIF соответствовала 82,5% (n=57) против 34,9% (n=43) – с низким количеством неопластических клеток, экспрессирующих белок. Вероятность развития летального исхода была в 4,7 раза выше у обследуемых с подпороговой экспрессией маркера, чем у пациентов с уровнем белка  $\geq 57\%$  (p=0,001; HR=4,7; 95% CI=2,3-9,7). При расчете БПВ доля выживших пациентов с высокой экспрессией маркера соответствовала 68,4% (n=57) против 48,8% (n=43) больных с низким количеством AIF-позитивных опухолевых клеток. При этом риск рецидива и/или рефрактерности к терапии в случаях с низкой экспрессией белка был в 2 раза выше, чем у обследованных с надпороговым уровнем его экспрессии (p=0,017; HR=2,0; 95% CI=1,1-3,8).

**Вывод.** Низкая экспрессия AIF ассоциирована с низкой ОВ и БПВ больных ДВККЛ.

## ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РЕАЛИЗАЦИИ ТРЕБОВАНИЙ ПРИ ВЫБОРЕ СРЕДСТВ ОЧИСТКИ И ДЕЗИНФЕКЦИИ МЕДИЦИНСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Богдан С.А., Лукичев С.П., А.М. Шереметов,  
А.Н. Баулин

*ФГБУЗ ГЦГиЭ ФМБА России, г. Москва*

Дезинфекцию медицинских изделий многократного использования осуществляют химическим методом, используя растворы дезинфицирующих средств. Дезинфицирующие средства (ДС) – вещества химической природы, направленные на уничтожение возбудителей инфекционных заболеваний человека, животных и растений. С одной стороны, подобная химическая обработка медицинских изделий – важный процесс, позволяющий снизить эпидемиологические риски, возникающие при повторном применении медицинских инструментов, а с другой стороны – процесс, в результате которого может быть нанесен ущерб медицинским изделиям.

Как правило, такой ущерб на первом этапе носит характер образования микротрещин и участков микрокоррозии. Это в свою очередь создает условия для формирования биологических пленок на медицинском инструменте многократного использования, особенно в узких конструктивных местах (каналах).

В настоящее время в системе здравоохранения уделяется большое внимание профилактике инфекционных заболеваний, связанных с оказанием высокотехнологичной медицинской помощи. Одним из наиболее важных разделов высокотехнологичной

медицинской помощи являются эндоскопические вмешательства, где задача обработки медицинского инструмента стоит очень остро.

На протяжении не менее 15 лет в нормативных документах Роспотребнадзора установлена законодательная норма, требующая от медицинских организаций при выборе средств очистки и дезинфекции учитывать рекомендации производителя медицинских изделий. Как правило подобные рекомендации имеются только для импортных ДС. Проблема отсутствия документов по оценке совместимости медицинских изделий с ДС и, как следствие, порча медицинского инструмента, и привела нас к вопросу о необходимости разработать алгоритм, позволяющий проводить оценку совместимости медицинского инструмента с ДС.

ФГБУЗ ГЦГиЭ ФМБА России совместно с крупнейшим производителем медицинского инструмента был разработан регламент проведения лабораторных исследований совместимости химических моющих (средств для предстерилизационной очистки) и ДС с медицинскими изделиями (далее – Регламент).

Регламентом определен:

- тест-объект (медицинские инструменты);
- механизм моделирования «жизненного цикла» медицинского инструмента;
- визуальный контроль процессов коррозии;
- подтверждающий контроль инструментальными методами аналитической химии.

Суть оценки совместимости заключается в том, что благодаря моделированию процесса дезинфекции (погружным способом) в лабораторных условиях определенное количество раз, можно оценить визуальное изменение цвета раствора ДС, поверхности медицинских изделий и оценить накопления индикаторных элементов (хром, никель, железо, олово, свинец) в растворе ДС (как подтверждающий анализ процессов коррозии).

В настоящий момент времени специалистами ФГБУЗ ГЦГиЭ ФМБА России проведены исследования по оценке совместимости 20 дезинфицирующих веществ различных отечественных производителей, в частности:

- 4 ДС содержащих глутаровый альдегид;
- 2 ДС содержащих надуксусную кислоту;
- 1 ДС, содержащее ортофталевый альдегид;
- 5 ДС, содержащих перекисные соединения;
- 4 ДС, содержащих четвертичные аммонийные соединения;
- 4 ДС, содержащих энзимный комплекс.

Имеющиеся статистические данные по суммарному накоплению индикаторных элементов, позволяют нам сделать вывод о значительном агрессивном воздействии ДС, содержащих глутаровый альдегид и надуксусную кислоту. В процессе моделирования «жизненного цикла» медицинского инструмента были обнаружены визуальные изменения (образование коррозионных пятен), возникающие на поверхности медицинского инструмента, что дополнительно установлено подтверждающими инструментальными методами контроля.

## Раздел 4. Инновационные методы в медицине

### МАЛОИНВАЗИВНЫЙ МЕТОД ОПЕРАТИВНОГО ЛЕЧЕНИЯ ВАРИКОЦЕЛЕ

П.С. Кызласов<sup>1</sup>, Г.Г.Абуев<sup>1</sup>, А.Т. Мустафаев<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, г. Москва

**Введение.** Для хирургического лечения варикоцеле предложено множество методов, большинство из которых имеют историческое значение. В настоящее время единого мнения в пользу той или иной методики хирургического лечения варикоцеле не существует, что обуславливает актуальность проведения дальнейших исследований.

**Материалы и методы.** В период с 2011 по 2021 год 763 пациентам с варикоцеле I-III степени в возрасте от 18 до 46 лет (средний возраст 26,3 года), выполнена субингинальная перевязка яичковой вены по запатентованной в клинике методике. Критерии включения: пациенты с клинически значимым варикоцеле, подтвержденным клиническим, лабораторно-инструментальным обследованием. Критерии исключения: ранее оперированные пациенты с рецидивным варикоцеле, пациенты с синдромом Мея-Тернера и двусторонним варикоцеле. Все пациенты проходили предоперационное обследование, послеоперационное обследование с периодичностью 3, 6, 12 месяцев после операции, далее через каждые 12 месяцев.

Стандартное обследование включало: физикальное исследование органов мошонки с проведением пробы Вальсальвы, спермограмму, УЗИ органов мошонки с доплерометрией. Оперативное вмешательство осуществлялось следующим образом. Первым этапом выполнялась местная инфильтрационная анестезия семенного канатика и кожи в области выполнения разреза (раствор лидокаина – 1%). Затем на 3 см ниже наружного пахового кольца проводится вертикальный разрез кожи мошонки. Семенной канатик послойно выделяется из окружающих тканей. Продольно рассекаются фасции семенного канатика. Яичковая артерия, лимфатические сосуды, семявыносящий проток с сопровождающими его артерией и веной сдвигаются кзади. Оставшиеся вены лозовидного сплетения лигируются шовным материалом 5/0 и пересекаются, мелкие ветви коагулируются. Контроль гемостаза. Послойное ушивание раны узловыми швами. Асептическая наклейка. Суспензорий на мошонку.

**Результаты.** Все пациенты выписаны на 1-2 сутки после операции. При наблюдении за пациентами в течении 60 месяцев после операции, на основании клинического, лабораторно-инструментального исследований (спермограмма, УЗ-контроль) данных за гипотрофию яичка, гидроцеле, выявлено не было, у пациентов отмечено улучшение сперматогенеза/либо отсутствие прогрессирования патоспермии в течении наблюдения. У 1 пациента в раннем послеоперационном периоде выявлена гематома мошонки. У 11 пациентов за период наблюдения выявлен рецидив варикоцеле (1,4%). Среднее время операции составило 34 минуты.

**Заключение.** Методика характеризуется низкой вероятностью рецидива и послеоперационных осложнений. За счет возможности перевязки и пересечения яичковых вен единым блоком сокращается время оперативного пособия.

## МЕТОДИКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АППАРАТА «АНДРОСКАН МИТ» В ДИАГНОСТИКЕ ЭРЕКТИЛЬНОЙ ДИСФУНКЦИИ

Р.Р. Алиев<sup>1</sup>, Т.В. Юрлова<sup>1</sup>, Э.С. Давыденко<sup>2</sup>,  
А.Г. Мартов<sup>3</sup>, Р.Т. Алиев<sup>3,4</sup>, А.В. Давыдов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО АГМУ Минздрава России, г. Барнаул

<sup>2</sup> ЧОЗ Многопрофильный медицинский центр здоровья и репродукции «Гармония», г. Бийск

<sup>3</sup> ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, г. Москва

<sup>4</sup> ЦМУ «Академия мужского здоровья» КГБУЗ Краевая клиническая больница, г. Барнаул

Одной из немаловажных проблем в современной урологии и андрологии является эректильная дисфункция. Сексуальная жизнь очень важна для пациентов и влияет на продолжительность их жизни. Изучение механизмов расстройств, а именно эректильная функция, является важным фактором, определяющим не только урологическое здоровье, но и качество жизни мужчины в любом возрасте.

По разным оценкам, примерно 90-150 млн мужчин во всем мире и 30 млн в США, и порядка 20 млн – жители Европы страдают нарушением эректильной функции различной степени тяжести. В России у мужчин в возрасте 25-80 лет лишь у 10,1% отсутствуют признаки ЭД. Легкая степень ЭД зафиксирована у 71,3%, средняя степень ЭД – у 6,6% и тяжелая степень – у 12% респондентов.

**Цель исследования:** получение нормативных данных у здоровых мужчин с целью регистрации эталонных значений ночных пенильных тумесценций и улучшение результатов диагностики эректильной дисфункции с использованием малоинвазивного метода.

**Материалы и методы.** Методика получения нормативных данных включает в себя портативное регистрационное устройство с процессором, памятью и автономным питанием, которое работает дистанционно от принимающего устройства (датчика-регистратора). Полученная информация считывается на персональном компьютере.

Процесс записи пенильных тумесценций (ПТ) и перенос полученной информации в электронную память микрочипа отображается в последствии на экране монитора компьютера в виде номограммы, отражающей зависимость диаметра полового члена от времени проведения процедуры.

Обследуемого регистрируют в программе с указанием времени начала и окончания теста, после чего пациент самостоятельно фиксирует устройство на половом члене. После окончания работы прибора, цифровые данные переносятся на компьютер и отображаются в виде графика. Продолжительность анализируемого периода определяют в 8 часов полноценного сна.

Что регистрируется: 1) диаметр полового члена и его изменения в процессе обследования, в мм; 2) продолжительность обследования и, соответственно, каждой тумесценции; 3) отображение происходящих изменений в виде диаграммы, которая может архивироваться и распечатываться.

Важные критерии при проведении исследования: отказ за 5 дней от тяжелых физических нагрузок, курения, алкоголя, соблюдение рационального питания, рекомендация находиться в состоянии психологического комфорта, нормализация режима труда и отдыха, за 3 дня до обследования – половой покой. Если пациент принимает медикаменты, то сохранить прием только жизненно необходимых препаратов. В день исследования пациент посещает врача уролога (андролога), который проводит предварительный инструктаж по техническим деталям процедуры.

Был выбран 21 здоровый мужчина, которым проводился мониторинг. Исходя из анализа данных, полученных с использованием Андроскана МИТ, нами уточнены цифровые величины, характеризующие нормофизиологические показатели у здоровых мужчин-добровольцев. Нами были определены такие величины: нормальная продолжительность сна от 7,5 до 9,8 часов, отражены нижние и верхние границы значений минимального диаметр полового члена от 22,5 мм до 30,2 мм, максимальное увеличение диаметра полового члена от 36,1 мм до 45,2 мм. Количество ригидных тумесценций варьируется от 3 до 7 за ночь.

**Выводы.** Результаты исследований обладают высокой информативностью за счет использования количественного и качественного подходов в оценке сосудистого компонента эректильной дисфункции. Данный метод позволяет исключить, или же подтвердить наличие васкулогенной эректильной дисфункции. Можно проводить динамическое наблюдение, а также оценивать эффективность проводимого лечения.



## АКТУАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ ПРОФИЛАКТИКИ ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО СИНДРОМА

А.В. Арзуканян<sup>1</sup>, С.А. Евлашин<sup>2</sup>, А.Ю. Туркина,  
Н.Ж. Дикопова<sup>1</sup>, Г.Е. Аманатиди<sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Первый МГМУ имени И.М. Сеченова, г. Москва*

<sup>2</sup> *Сколковский институт науки и технологий, г. Москва*

<sup>3</sup> *ФГБУ НМИЦО ФМБА России, г. Москва*

**Введение.** Сплавы металлов являются одним из основных конструкционных материалов в стоматологии. Конструкции, изготовленные из разных сплавов, находясь в ротовой жидкости, образуют гальваническую пару. Между элементами гальванической пары возникает постоянный электрический ток, величина которого зависит от разности электрохимических потенциалов металлических конструкций [1-3]. Электрический ток может вызывать ощущение жжения слизистой оболочки рта, а хроническое раздражение слизистой оболочки может способствовать развитию предраковых заболеваний, таких как лейкоплакии, красный плоский лишай, ограниченный гиперкератоз [4]. Кроме того, гальванические процессы способствуют анодному растворению металлов и увеличивают выделение ионов, тем самым усиливая их токсическое и аллергенное действие на организм [5].

Изучение электрохимических потенциалов стоматологических сплавов в искусственной слюне позволит рационально выбирать конструкционные материалы при планировании ортопедической реабилитации, а понимание основных принципов взаимодействия металлических конструкций со средой полости рта позволит снизить риск развития нежелательных явлений, обусловленных гальваническими процессами в полости рта.

**Целью** исследования было изучение разности электрохимических потенциалов наиболее часто используемых стоматологических сплавов и определение пар металлов с наибольшим риском развития гальванического синдрома.

**Материал и методы исследования.** Для проведения исследования в зуботехнической лаборатории были изготовлены электроды цилиндрической формы диаметром 2 мм из следующих сплавов: кобальто-хромовый-сплав (CoCr), хром-никелевый сплав (NiCr), серебряно-палладиевый сплав (AgPd), титан (Ti). Поверхность электродов была обработана по схеме, использующейся при изготовлении ортопедических конструкций. Гальваническая ячейка для эксперимента была изготовлена методом 3D-печати, расстояние между электродами составило 8 мм, глубина погружения в электролит – 10 мм. В качестве среды использовали электролитный раствор по Фузаяма-Мейеру.

Разность потенциалов в ячейке регистрировали в течение 2 часов с использованием потенциостата-гальваностата.

**Результаты исследования и обсуждение.** При измерении разности потенциалов были получены следующие результаты: Ti-AgPd – 280 mV, NiCr-AgPd – 240 mV, CoCr-AgPd – 150 mV, CoCr-Ti – 100 mV, NiCr-Ti – 40 mV, CoCr-NiCr – 30 mV. Таким образом, максимальный риск возникновения гальванического синдрома наблюдается при наличии в паре серебряно-палладиевого сплава, что позволяет рекомендовать отказаться от использования серебряно-палладиевых вкладок в сочетании с другими металлическими конструкциями. При выборе материалов для протезирования с опорой на титановые имплантаты наименьший риск гальванических явлений будет при использовании хром-никелевого сплава. Тем не менее, следует учитывать, что сила тока, возникающего при гальваническом взаимодействии металлических конструкций, зависит также и от электропроводности ротовой жидкости. По данным литературы, электропроводность слюны значительно повышается при дегидратации организма, например, в результате повышенных физических нагрузок или при заболеваниях почек [6], на фоне системных заболеваний [7-8]. Кроме того, в ряде работ указывается, что усилению гальванических процессов способствуют фторсодержащие средства гигиены [9] и ополаскиватели, содержащие этанол [10]. Эти факторы требуют дальнейшего изучения.

**Полученные результаты позволяют сделать следующие рекомендации:**

1. При планировании протезирования следует выбирать сплавы с минимальной разностью электрохимических потенциалов.
2. При планировании ортопедической помощи необходимо уточнять наличие сопутствующей патологии, в том числе, аллергии на металл.
3. При наличии предраковых состояний предпочтение следует отдавать безметалловым ортопедическим конструкциям, или использовать один сплав.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-25-00796, <https://rscf.ru/project/22-25-00796/>*

**Список использованных источников:**

1. Alnazzawi A. Effect of fixed metallic oral appliances on oral health. *J Int Soc Prev Community Dent.* 2018;8(2):93.
2. Von Fraunhofer JA, Staheli PJ. The measurement of galvanic corrosion currents in dental amalgam. *Corros Sci.* 1972;12(10):767-773.
3. Ayres S. Sore mouth caused by electrogalvanic current. *J R Soc Med.* 1984;77(8):708-709.
4. Dikopova NZ, Volkov AG, Arakelyan MG, et al. The study of the electrochemical potentials of metal structures in the oral cavity in diseases of the oral mucosa. *New Armen Med J.* 2020;14(1):54-58.
5. Certosimo AJ, O'Connor RP. Oral electricity. *Gen Dent.* 1996;44(4):324-326.

6. Lu YP, Huang JW, Lee IN, et al. A Portable System to Monitor Saliva Conductivity for Dehydration Diagnosis and Kidney Healthcare. *Sci Rep*. 2019;9(1).
7. Muralidharan D, Fareed N, Pradeep P V., Margabandhu S, Ramalingam K, Ajith Kumar B V. Qualitative and quantitative changes in saliva among patients with thyroid dysfunction prior to and following the treatment of the dysfunction. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*. 2013;115(5):617-623.
8. Quade BN, Parker MD, Occhipinti R. The therapeutic importance of acid-base balance. *Biochem Pharmacol*. 2021;183.
9. Anwar EM, Kheiralla LS, Tammam RH. Effect of fluoride on the corrosion behavior of Ti and Ti6Al4V dental implants coupled with different superstructures. *J Oral Implantol*. 2011;37(3):309-317.
10. Pupim D, Peixoto RF, MacEdo AP, Palma-Dibb RG, De Mattos MDGC, Galo R. Influence of the Commercial Mouthwashes on the Corrosion Behaviour of Dental Alloy. *Mater Res*. 2022;25.

## ОТДАЛЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ТУЛИЕВОЙ ВАПОРИЗАЦИИ И ВАПОЭНУКЛЕАЦИИ

А.Г. Мартов, К.А. Аслиев, Н.А. Байков,  
Д.В. Ергаков

*ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, г. Москва*

**Введение:** Аденома предстательной железы является одним из самых распространенных урологических заболеваний у мужчин пожилого и старческого возраста. Одними из современных методов оперативного лечения аденомы простаты являются лазерная вапоризация и вапоэнуклеация. Последние являются валидированными методами лечения ДГПЖ в случае приема пациентами антикоагулянтов, которые нельзя отменить, а также в случае их отказа от традиционной трансуретральной резекции и желания быть прооперированными с помощью лазера. Нами проанализированы отдаленные (12-60 месяцев) результаты использования данных технологий в условиях 2-го урологического отделения ГКБ им Д.Д. Плетнёва.

**Пациенты и методы:** проведен анализ операционных журналов с 2015г по 2020 годы, было выявлено, что лазерная вапоризация была проведена 65 мужчинам в возрасте от 39 до 89 лет с объемом простаты 28-42 куб.см, (36±6,7 куб.см.), вапоэнуклеация – 53-87 лет, 43-175 куб.см. (68±43 куб.см.). Нами был проведен телефонный опрос 82% пациентов (97/118), 63% больных прошли контрольное обследование (ПСА, УЗИ, ПРИ, УФМ, общий

анализ мочи) в условиях поликлиники по м/ж (74/118). 6 пациентов (5%) умерли к моменту проведения опроса от интеркуррентных заболеваний (2) и Covid-19 (4).

**Результаты:** удовлетворительным свое состояние оценивали 68% опрошенных (66/97), наличие СНМП средней степени выраженности –25% (24/97) и сильной степени выраженности 7% (7/97). Необходимость в приеме альфа-адреноблокатора отмечена у 19% пациентов (18/97). Среднее время появления СНМП после операции было  $14 \pm 16$  месяцев,  $p < 0,05$ . Половая жизнь была сохранена у 39% пациентов (38/97), естественная эякуляция у 14% (14/97), во всех случаях после эякуляторно-протективной вапоризации. Недержание мочи сохранялось у 3 пациентов после вапоризации. Суммарная частота повторных вмешательств (ТУРШМП, ВУ, ТУРП) составила 17% (16/97). В течение первого месяца не было отмечено случаев повторной госпитализации по поводу геморрагических осложнений. При обследовании повышение ПСА –  $3,6 \pm 2,1$  нг/мл было выявлено у 30 (22/74) %, увеличение объема простаты –  $56 \pm 22$  куб.см. – у 36/74 (49%) больных, обструктивный тип кривой в 17/74 (23%) случаев.

**Выводы:** Лазерная вапоризация и вапоризация как метод лечения ДГПЖ эффективны, малоинвазивны, не сопровождается абсорбцией промывной жидкости и кровопотерей, позволяет сократить сроки пребывания пациентов в стационаре, операция перспективна у пациентов, которым противопоказана электрохирургия (кардиостимулятор), у пациентов с коагулопатией. Пациенты должны быть информированными об относительной нерадикальности данных методов лечения и необходимости регулярных обследований у уролога по месту жительства.

## **ОЦЕНКА РИСКА НИЗКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПЕРЕЛОМОВ У ПАЦИЕНТОВ С ЛИМФОМОЙ ХОДЖКИНА С ПОРАЖЕНИЕМ И БЕЗ ПОРАЖЕНИЯ КОСТНОГО МОЗГА ПОСЛЕ АУТОЛОГИЧНОЙ ТРАНСПЛАНТАЦИИ КОСТНОГО МОЗГА**

Ю.С. Китаева<sup>1</sup>, К.М. Бадькова<sup>1</sup>, Е.А. Праскурничий<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО УГМУ Минздрава России, г. Екатеринбург

<sup>2</sup> ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, г. Москва

### **Введение**

Высоккодозная полихимиотерапия (ВДХТ) в комбинации с аутотрансплантацией гемопоэтических стволовых клеток (аутоТГСК) имеют высокую эффективность в отношении лимфомы Ходжкина (ЛХ). Вероятность достичь стойкой безрецидивной выживаемости у данной категории пациентов составляет около 84%. Развитие отдаленных последствий после использования ВДХТ является актуальным вопросом в настоящее

время. Применение цитостатических препаратов, глюкокортикостероидов, молодой возраст дебюта заболевания являются решающими факторами снижения минеральной плотности кости (МПК) у пациентов с ЛХ. Данная проблема в настоящее время изучена недостаточно. Можно предположить, что одной из причин является изменение микроархитектоники костной ткани, нарушение клеточного состава костного мозга (КМ) при его поражении.

**Цель исследования:** оценка риска развития низкоэнергетических переломов у пациентов с лимфомой Ходжкина без поражения и с поражением костного мозга после аутотрансплантации гемопоэтических стволовых клеток.

**Материал и методы исследования:** Одномоментное, поперечное исследование выполнялось на базе отделения гематологии, химиотерапии и трансплантации костного мозга ГАУЗ СО СОКБ № 1 г. Екатеринбурга. В исследование было включено 44 пациента с установленным диагнозом ЛХ, было сформировано две группы. Первая группа состояла из 12 пациентов (9 женщин (75%) и 3 мужчин (25%), возрастная медиана 29 лет), у которых в дебюте было диагностировано поражение КМ. Во 2 группу вошли 32 пациента (13 женщин (41%) и 19 мужчин (59%), возрастная медиана 28 лет), у которых поражение КМ в дебюте заболевания диагностировано не было. Все пациенты были сопоставимы по демографическим и антропометрическим признакам, как показано в таблице 1.

**Таблица 1** – Демографические и антропометрические характеристики исследуемых групп

Признак	Пациенты с ЛХ с поражением КМ	Пациенты с ЛХ без поражения КМ.
Количество человек	12	32
Пол	9 женщин (75%), 13 мужчин (25%)	13 женщин (41%), 19 мужчин (59%)
Возраст, лет	29 [22;38]	28 [17;45]
Рост, см	161 [150;176]	168 [152;189]
Вес, кг	70 [52;86]	72 [44;120]

Все пациенты исследуемых групп получили патогенетическую терапию по поводу основного заболевания, а также аутоТГСК.

Всем пациентам проведена оценка состояния костной ткани с помощью ДХА-сканирования костей проксимального отдела бедра и поясничных позвонков. На основании полученных данных всем пациентам определен трабекулярный костный индекс (ТКИ) поясничного отдела позвоночника, который использовался для оценки риска низкоэнергетических переломов.

**Результаты:** Всем пациентам исследуемых групп проведена двухэнергетическая абсорбциометрия (ДХА-сканирование костной ткани), результаты которой представлены

в таблице 2. С целью измерения МПК применялся только Z-критерий, так как медиана возраста исследуемых групп 28-29 лет.

**Таблица 2 – Параметры минеральной плотности костной ткани**

Признак	Пациенты с поражением КМ	Пациенты без поражения КМ.
Количество человек	12	32
МПК, г/см	0,796 [0,636;0,979]	0,872 [0,618;1,065]
Z-критерий	-1,26 [-2,5;0]	-0,769 [-2,7;1]

Как видно из таблицы 2, снижение МПК было выявлено у 5 человек (42%) в группе пациентов с поражением КМ, и у 7 человек (22%) среди пациентов без поражения КМ. Средние значения МПК и Z-критерия оказались меньше у группы с поражением КМ в дебюте, чем у группы без поражения.

Таким образом, у пациентов с ЛХ с поражением КМ снижение МПК встречается чаще, чем в группе сравнения. Однако, из-за небольшой выборки пациентов, данный факт требует дальнейшего изучения.

В группе пациентов с ЛХ с поражением КМ переломы случились у 3 пациентов (25%), из них у 1 имели место переломы предплечья, у 2 – переломы лучевой кости и костей голеностопного сустава. В группе пациентов с ЛХ без поражения КМ переломы зафиксированы переломы бедренной кости и костей голеностопного сустава, ребер у 4 человек (12%). При проведении боковой рентгенографии позвоночника данных за компрессионные переломы позвонков не выявлены.

Всем пациентам рассчитан ТКИ для прогнозирования низкоэнергетических переломов, результаты показаны в таблице 3.

**Таблица 3 – Значение ТКИ в исследуемых группах**

Признак	Пациенты с поражением КМ	Пациенты без поражения КМ.
Количество человек	12	32
ТКИ	1,244 [1,086;1,414]	1,346 [0,985;1,553]

Как показано в таблице 3, в группе пациентов с поражением КМ низкий риск развития низкоэнергетических переломов имеют 4 человека (33%), в группе без поражения – 22 человека (69%). Промежуточный риск в 1 группе отмечается у 5 человек (42%), во 2 группе – у 3 человек (9%). Высокий риск в 1 группе выявлен у 3 человек (25%), во 2 группе – у 7 (22%).

Таким образом, низкий риск преимущественно имеют пациенты без поражения КМ. Пациенты же с поражением КМ в большей степени подвержены промежуточному и высокому риску снижения МПК а, следовательно, низкоэнергетическим переломам.

**Заключение:** Высокая частота снижения МПК и развитие низкоэнергетических

переломов у больных ЛХ с поражением и без поражения КМ требует ранней диагностики. Использование ТКИ, в качестве дополнения DXA-денситометрии, позволяет оценить микроархитектуру костной ткани и риск возникновения переломов у данной категории пациентов.

## **ВАКЦИНАЦИЯ СОТРУДНИКОВ, РАБОТАЮЩИХ ВО ВРЕДНЫХ И ОПАСНЫХ УСЛОВИЯХ ТРУДА, ПРОТИВ НОВОЙ КОРОНАВИРУСНОЙ ИНФЕКЦИИ**

М.С. Барилко, С.С. Москалёва, Е.Ю. Власовец,  
И.А. Блинова

*ФГБУ «СЗОНКЦ им. Л.Г.Соколова» ФМБА России, г. Санкт-Петербург*

### **Введение**

Новая коронавирусная инфекция стремительно ворвалась и неизбежно изменила жизнь людей, в том числе, в Российской Федерации (РФ). Так, в настоящее время COVID-19, постоянно мутируя, набирает всё новые и новые обороты, тем самым увеличивая каждый день уровень заболеваемости населения. Поэтому кампания по вакцинации и ревакцинации становится вновь актуальной, усиливая пассивный иммунитет населения к данной инфекции.

**Ключевые слова:** новая коронавирусная инфекция, COVID-19, SARS-Cov2, вакцины, вакцинация, ревакцинация, постковидный синдром, Гам-КОВИД-Вак, Спутник Лайт, КовиВак.

**Цель:** изучение эффективности вакцинации против новой коронавирусной инфекции (COVID-19) среди сотрудников, работающих во вредных и опасных условиях труда.

### **Материалы и методы**

На первом этапе у сотрудников, ранее не болевших COVID-19 и непривитых, определяли наличие антител класса М и/или G к SARS-Cov2, антител к вирусным гепатитам В и С, сифилису и ВИЧ. При отсутствии вышеперечисленных антител участник включался в исследование, попадая случайно в группу вакцинируемых Гам-КОВИД-Ваксом или Ковиваксом. Период наблюдения после вакцинации составил 9 месяцев. Проводилась оценка риска заражения новой коронавирусной инфекцией (проведение мазка из носа и зева на РНК к SARS-Cov2), наличия иммунного ответа (определение антител G к SARS-Cov2), кардиотоксичности (проведение электрокардиографии в 12 стандартных отведениях), степени поражения органов дыхания при COVID-19, частоты встречаемости постковидного синдрома и наличия осложнений.

## **Результаты**

В исследовании приняло участие 310 сотрудников, работающих во вредных и опасных условиях труда, из них 173 женщины; средний возраст составил 47,0±11, 8 лет. 90 работников выбыло из-за наличия антител М и/или G к SARS-Cov2, вирусных гепатитов В и С, сифилиса, ВИЧ. Вакцинировано 203 сотрудника (100 – Гам-КОВИД-Ваком, 103 – КовиВаком).

В течение 9 месяцев велось наблюдение за участниками исследования. Из 203 сотрудников заболели COVID-19 63 (31%), средний возраст – 48±8,44 лет. При этом женщины составили 60,3%. Охват вакцинацией участников, перенесших COVID-19, составил 98,4%. Наибольшее количество привитых КовиВаком – 37 участников (59%), ревакцинированных – 22 (35,5%) Спутником Лайт – 17 (77,3%). Средний временной интервал между вторым компонентом вакцины и постановкой диагноза «COVID-19» составил 192,2 дня.

По тяжести течения заболевания превалировала лёгкая форма – 44 случая (70%), вирус идентифицирован в 98,4%. КТ-диагностика органов грудной клетки первично проведена у 16 участников (25,4%), наиболее часто встречаемая степень поражения: КТ-1 (менее 25% поражения лёгких) - 8 (50%), при выписке проведено 6 исследований. В госпитализации нуждались 5 участников (8%). Повторные случаи COVID-19 выявлены у 5 участников (8%), не успевших пройти ревакцинацию. Заболевание протекало в лёгкой форме – 4 (80%). Постковидный синдром развился у 14 участников (22,2%), наиболее часто поражаемая система – нервная. Удельный вес частоты встречаемости хронических неинфекционных заболеваний составил 44,4%. Осложнений после перенесённого COVID-19 у привитых участников не наблюдалось.

В ходе исследования, установлено, что вакцины против SARS-Cov2 безопасны, эффективные и иммуногенны.

## **Заключение**

Новая коронавирусная инфекция, являясь одной из самых контагиозных заболеваний XXI века, безусловно, не до конца изучена для врачебного сообщества. Методы диагностики и трактовки разработаны, но не до конца идентифицированы для всех стран мира. Поэтому вакцинация как мера первичной профилактики в рамках персонифицированной медицины эффективна и безопасна для сотрудников, работающих во вредных и опасных условиях труда, а значит, и для населения РФ в целом.

Кроме того, срок нетрудоспособности по случаю заболевания COVID-19 гораздо меньше у привитых. Риск развития осложнений, в том числе летальных исходов, после проведения вакцинации значительно ниже по сравнению с популяцией непривитых.

Качество жизни существенным образом не ухудшается, что, в свою очередь, обеспечивает непрерывную трудовую деятельность сотрудников, работающих во вредных и опасных условиях труда, в условиях пандемии.



## МОНИТОРИНГ ПОСЛЕОПЕРАЦИОННОГО ОТЕКА КОЛЕННОГО СУСТАВА МЕТОДОМ БИОИМПЕДАНСОМЕТРИИ

А.С. Самойлов, М.Н. Величко, Н.В. Рылова,  
А.В. Бодров, А.В. Штурмин

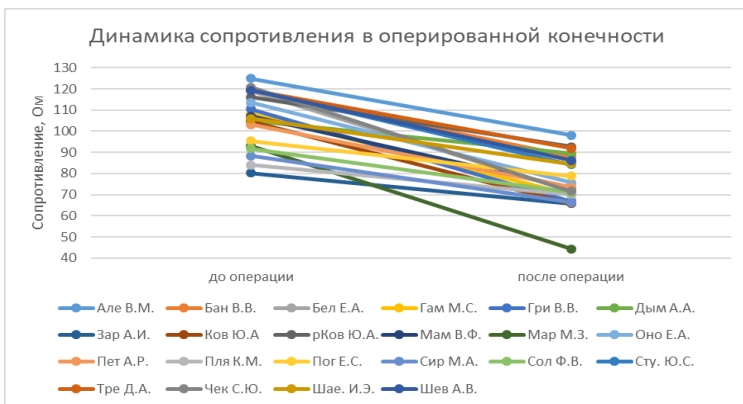
*ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, г. Москва*

**Актуальность.** Актуальность разработки новых методов контроля за течением послеоперационного процесса обусловлена субъективностью имеющихся или недостатками инструментальных методов оценки внутрисуставного выпота коленного сустава. Сохранение отека коленного сустава после оперативного вмешательства, является актуальной проблемой современной реабилитации. Для клинической оценки отека коленного сустава можно пользоваться различными схемами и методиками, например, использовать шкалу для оценки внутрисуставного выпота. Также можно измерять сустав при помощи сантиметровой ленты или использовать тест баллотирования надколенника. Однако результат будет субъективны и сильно зависеть от опыта исследователя. УЗИ и МРТ требуют привлечения специалиста лучевой терапии, что в силу загруженности данных специалистов не всегда представляется возможным. Исходя из вышесказанное, мы обратили своё внимание на метод биоимпедансного анализа (БИА). БИА или биологический импеданс – это способность биологической ткани препятствовать электрическому току. Суть метода заключается в первую очередь в оценке количества жидкости в биообъекте, так как именно жидкая среда создает активную составляющую проводимости.

**Цель:** оценка возможностей метода БИА при оценке отека коленного сустава после оперативного лечения

**Материалы и методы.** исследование проходило на базе отделения спортивной травматологии и спортивной медицины Федерального медицинского биофизического центра им. А.И. Бурназяна ФМБА России. В исследование участвовало 22 человека. Исследование включало в себя локальный биоимпедансный анализ области коленных суставов до оперативного лечения “Пластики передней/задней крестообразной связки”, а затем после, приблизительно через 7-10 дней. БИА было выполнено на биоимпедансном анализаторе обменных процессов и состава тела АВС – 02 “МЕДАСС” с полисегментной многочастотной технологией. Обследование всегда выполнялось утром до приема пищи в положении пациента лёжа на спине. Процедуре предшествовал 10 минутный отдых в исходном положении. После отдыха производились измерения по стандартной методике

**Результаты.** У всех пациентов, которым были произведены измерения до операции и на момент выписки, определялась сходная тенденция. Она заключалась в изменении сопротивления в оперированном коленном суставе в сторону уменьшения на фоне послеоперационного отека. Более наглядно это продемонстрировано на Рисунке 1.



**Рисунок 1** – Графическое представление изменений сопротивлений оперированной конечности до и после операции

Полученные нами данные об уменьшении сопротивления в оперированной конечности после операции, свидетельствуют о значимом нарастании отека. Так как исследование проводилось на частоте 5 Гц. На данной частоте внутриклеточная жидкость не вносит значимого вклада в общую проводимость. Из этого следует, что цифры в основном отражают динамику изменения внеклеточной жидкости. Чем меньше сопротивление в сегменте, тем больше в нем свободной жидкости.

**Выводы.** Полученные данные в ходе исследования об уменьшении сопротивления в оперированной конечности после операции, свидетельствуют о значимом нарастании отека после операции. Фиксируемый отек в основном связан с увеличением объема внеклеточной жидкости (чем меньше сопротивление в сегменте, тем больше в нем свободной жидкости). Таким образом, опробованная технология биоимпедансного анализа проста, неинвазивна и позволяет выполнять мониторинг количества свободной жидкости в оперированной конечности и выпота в коленном суставе.

**Список использованных источников:**

1. *Sturgill LP, Snyder-Mackler L, Manal TJ, Axe MJ.* Interrater надежность клинической шкалы для оценки выпота коленного сустава. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2009;39(12):845-849. doi:10.2519/jospt.2009.3143.
2. *Draghi F, Urciuoli L, Alessandrino F, Corti R, Scudeller L, Grassi R.* Joint effusion of the knee: potentialities and limitations of ultrasonography. *J Ultrasound.* 2015;18(4):361-371. Published 2015 Sep 18. doi:10.1007/s40477-015-0180-3.
3. *Д.В. Николаев, С.П. Щелькалина* /Лекции по биоимпедансному анализу состава тела человека – М.: РИО ЦНИИОИЗ МЗ РФ, 2016 – 152 с.- ISBN 5-94116-02601.

4. Khalil, Sami F et al. "The theory and fundamentals of bioimpedance analysis in clinical status monitoring and diagnosis of diseases." *Sensors (Basel, Switzerland)* vol. 14,6 10895-928. 19 Jun. 2014, doi:10.3390/s140610895.

5. Николаев Д.В., Смирнов А.В., Бобринская И.Г. и др. Биомпедансный анализ состава тела человека. М.: Наука, 2009. 392 с.

6. Cavanaugh JT, Powers M. *ACL Rehabilitation Progression: Where Are We Now?* *Curr Rev Musculoskelet Med.* 2017 Sep;10(3):289-296. doi: 10.1007/s12178-017-9426-3. PMID: 28791612; PMCID: PMC5577427.

7. Patel RV, Mathie JR, Withers PO, Peterson EL, Zarowitz BJ. Estimation of total body and extracellular water using single- and multiple-frequency bioimpedance. *Ann Pharmacother.* 1994;28(5):565-569. doi:10.1177/106002809402800501.

8. Loyd, B. J., Burrows, K., Forster, J. E., Stackhouse, S. K., Hogan, C., & Stevens-Lapsley, J. E. (2021). Reliability and precision of single frequency bioelectrical impedance assessment of lower extremity swelling following total knee arthroplasty. *Physiotherapy theory and practice*, 37(1), 197–203. <https://doi.org/10.1080/09593985.2019.1619886>.

## **ИННОВАЦИИ В ПРОЦЕДУРЕ ПРОВЕДЕНИЯ ПРЕДСМЕННОГО МЕДИЦИНСКОГО КОНТРОЛЯ**

А.А. Вьюнова, И.В. Власова, А.А. Ломтева,  
А.С. Кретов, А.Ю. Бушманов

*ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, г. Москва*

Одним из важных элементов системы радиационной безопасности является проведение предсменного контроля состояния здоровья работников объектов использования атомной энергии, в т.ч. в целях предотвращения рисков нештатных и аварийных ситуаций по вине человеческого фактора.

В отношении отдельных категорий работников объектов использования атомной энергии регламенты предсменного контроля установлены следующими нормативно-правовыми актами: приказ Минздрава России от 28.07.2020 № 749н «Об утверждении требований к проведению медицинских осмотров и психофизиологических обследований работников объектов использования атомной энергии и порядка их проведения» и приказ Минздрава России от 15.12.2014 № 835н «Об утверждении порядка проведения предсменных, предрейсовых и послесменных, послерейсовых медицинских осмотров».

Предсменный контроль состояния здоровья работников объектов использования атомной энергии в соответствии с утвержденными регламентами включает следующие обязательные методики: общая термометрия, измерение артериального давления на периферических артериях, исследование пульса, количественного определения алкоголя в

выдыхаемом воздухе, сложная сенсомоторная реакция на звук и свет, оценка variability сердечного ритма. Проведенные оценки показали, что время проведения предменного контроля в указанном объеме в классическом исполнении (без использования технологий автоматизации) занимает порядка 12 минут и более, а потребности в увеличении пропускной способности могут быть реализованы только путем увеличения количества медицинского персонала проводящего обследования.

С целью сокращения времени, увеличения пропускной способности, объективизации проводимых обследований, специалистами ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России совместно с ООО «КВАЗАР» был разработан автоматизированный аппаратно-программный комплекс предменного контроля, который позволяет сократить время проведения обследования до 5-6 минут. Вопросы увеличения пропускной способности решаются установкой дополнительных терминалов и не требуют расширения штатов медицинского персонала. Все результаты исследований сохраняются, что позволяет вести журнал предменных медицинских осмотров и психофизиологических обследований в электронном виде, а также проводить ретроспективную оценку динамики показателей. Комплекс, как медицинское изделие, имеет регистрационное удостоверение Росздравнадзора и внедрен в практику ряда объектов использования атомной энергии.

Результаты использования комплекса показывают, что до 30% работников проходящих предменное обследование имеют значительные отклонения контролируемых показателей, в т.ч. до 23% variability сердечного ритма, 6% сложная сенсомоторная реакция, 4% частота сердечных сокращений, 2% величина артериального давления. У одного работника могут быть выявлены отклонения сразу по нескольким показателям.

В результате проведенной работы в медицинскую практику был внедрен новый автоматизированный комплекс, позволяющий сократить время проведения обследования, увеличить пропускную способность и объективизировать процедуру предменного контроля состояния здоровья работников объектов использования атомной энергии.

## **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЗУБООЛЬВЕОЛЯРНОГО СЕГМЕНТА**

Р.С. Заславский, В.Н. Олесова, М.С. Гришков,  
А.Г. Зверьев, А.В. Жаров

*ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, г. Москва*

Функциональная перегрузка зубов и имплантатов является одной из важнейших причин их расшатывания и удаления. Прогнозирование перегрузки зубов и имплантатов

возможно с использованием цифровых технологий и специальных программ. Каждое исследование требует базового изучения показателей функциональных напряжений в условиях идентичной (лучше трехмерной) математической модели, максимально приближенной к клиническим условиям.

**Цель исследования:** изучение максимальных напряжений в твердых тканях зуба и в альвеолярной лунке при вертикальной и наклонной функциональной нагрузках с использованием трехмерного математического моделирования.

**Материал и методы:** проведен дифференцированный анализ максимальных интегральных напряжений в однокорневом зубе (клык нижней челюсти) и окружающим альвеолярном сегменте: эмали, дентине, цементе, кортикальной кости, губчатой кости. Создана трехмерная математическая модель сегмента, в котором ткани по своим свойствам соответствовали естественным. Нагрузка 150 N прикладывалась к режущему краю зуба в вертикальном направлении и под углом 45° с щечной стороны. Анализировались максимальные интегральные напряжения по Мизесу.

**Результаты исследования:** по результатам трехмерного математического моделирования в твердых тканях зуба максимальные напряжения при вертикальной и наклонной нагрузках наиболее значительны по величине в эмали, затем в дентине и в цементе (при наклонной нагрузке соответственно до 77,610 МПа, 56,469 МПа, 15,832 МПа). Наклонная нагрузка значительно увеличивает напряжения в твердых тканях зуба и окружающей кости по сравнению с вертикальной нагрузкой (на примере эмали – на 77,4%). При вертикальной нагрузке зоны максимальных напряжений в эмали и дентине локализуются в зоне режущего края, в цементе – в пришеечной и апикальной частях корня; наклонная нагрузка концентрирует напряжения в пришеечной части зуба и верхней трети корня.

**Таблица 1** – Величина максимальных напряжений в тканях зубоальвеолярного комплекса при вертикальной и наклонной функциональной нагрузках (МПа)

Ткань	Вертикальная нагрузка	Наклонная нагрузка
Эмаль	17,516	77,610
Дентин	9,174	56,469
Цемент	2,819	15,832
Кортикальная кость	5,066	27,909
Губчатая кость	1,382	4,375

Напряжения в кортикальной костной ткани при вертикальном направлении нагрузки зуба распределяются вдоль лунки зуба и по наружной поверхности челюсти при переходе в базальный край; при наклонном направлении нагрузки напряжения в кортикальной кости концентрируются в области шейки зуба; максимальные напряжения при вертикальной и наклонной нагрузках 5,066 МПа и 27,909 МПа. Напряжения в

губчатой кости регистрируются под зонами максимальных напряжений в прилежащей кортикальной кости; напряжения при вертикальной и наклонной нагрузках 1,382 МПа и 4,375 МПа.

Таким образом, в твердых тканях зуба максимальные напряжения при вертикальной и наклонной нагрузках наиболее значительны по величине в эмали, затем в дентине и в цементе (при наклонной нагрузке соответственно до 77,610 МПа, 56,469 МПа, 15,832 МПа). Наклонная нагрузка значительно увеличивает напряжения в твердых тканях зуба и окружающей кости по сравнению с вертикальной нагрузкой (на примере эмали – на 77,4%). При вертикальной нагрузке зоны максимальных напряжений в эмали и дентине локализуются в зоне режущего края, в цементе – в пришеечной и апикальной частях корня; наклонная нагрузка концентрирует напряжения в пришеечной части зуба и верхней трети корня. Напряжения в кортикальной костной ткани при вертикальном направлении нагрузки зуба распределяются вдоль лунки зуба и по наружной поверхности челюсти при переходе в базальный край; при наклонном направлении нагрузки напряжения в кортикальной кости концентрируются в области шейки зуба; максимальные напряжения при вертикальной и наклонной нагрузках 5,066 МПа и 27,909 МПа. Напряжения в губчатой костной ткани регистрируются под зонами максимальных напряжений в прилежащей кортикальной кости; максимальные напряжения при вертикальной и наклонной нагрузках 1,382 МПа и 4,375 МПа.

## **ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ ЛИМФЕДЕМЫ ВСЛЕДСТВИЕ КОМБИНИРОВАННОЙ ТЕРАПИИ РАКА МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ**

*М.Ш. Зугумова, С.Г. Колядин*

*ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, г. Москва*

**Актуальность:** Рак молочной железы (РМЖ) в структуре онкологической заболеваемости женского населения стойко занимает лидирующие позиции [1]. Основным методом лечения больных РМЖ является радикальное хирургическое вмешательство, которое выполняется в соответствии с принципом радикализма: «удаление одним блоком первичной опухоли вместе с окружающими ее лимфатическими сосудами и узлами, содержащими раковые эмболы». Одним из методов комбинированного/комплексного лечения является лучевая терапия. Непосредственным результатом лучевого воздействия является прямое повреждение окружающих тканей и структур. Хирургические вмешательства, лучевая и лекарственная терапия позволяют излечить значительное число больных, но приводят к серьезным нарушениям различных функций организма, которые

тракуются как постмастэктомический синдром, включающий постмастэктомический лимфостаз верхней конечности, развивающийся у 35-40% [2, 4].

Лимфостаз (вторичная лимфедема) верхней конечности – одно из наиболее частых осложнений радикального лечения РМЖ. Это результат патологических изменений лимфатической системы конечности вследствие хирургического и/или лучевого воздействия на лимфатический аппарат подмышечно-подключичной-подлопаточной области, окружающие ткани и сосуды [3]. По мере развития лимфатический отек обуславливает усиление нейроваскулярных расстройств, что в конечном счете приводит к выраженному нарушению функции конечности вплоть до стойкой инвалидизации [5].

**Цель исследования:** оценка результатов лимфодренирующей операции с транспозицией большого сальника на сосудистой ножке и липосакцией в лечении постмастэктомической лимфедемы.

**Методы исследования:** Хирургическое лечение постмастэктомической лимфедемы оправдано при II и III степени отёка (при отёке I степени эффективны консервативные методы лечения; при IV степени – лечение в большинстве случаев носит симптоматический характер в виду выраженных необратимых морфологических нарушений).

Применение большого сальника с учетом его лимфотропности в сочетании с липосакцией в зависимости от стадии лимфостаза отвечает выше перечисленным критериям [6, 7].

Лимфодренирующие операции выполнены 24 больным РМЖ. Средний возраст составил 59±4,9 лет. Все больные получили комбинированное и комплексное лечение включающее в себя лучевое лечение в дозе 45-55 Гр (радикальная мастэктомия по Мадден + лучевое лечение (10 наблюдений); радикальная мастэктомия по Мадден + лучевое лечение + химиогормонотерапия (8 наблюдений); радикальная мастэктомия по Пейти + лучевое лечение + гормонотерапия (4 наблюдения); радикальная резекция + лучевая терапия + химиогормонотерапия (2 наблюдения). Структура оперативных вмешательств представлена в таблице 1.

**Таблица 1** – Характер лимфодренирующих операций в зависимости от степени лимфостаза

Степень лимфостаза	Оперативное вмешательство	
	Транспозиция сальника (n)	Транспозиция сальника + липосакция* (n)
II степень	17	1
III степень	-	6
всего	17	7

\* липосакция выполнялась открытым способом в 2-х наблюдениях и в 5-ти аспирационным методом.

**Результаты исследования:** Во всех наблюдениях отмечено купирование лимфедемы в сроки до 3 месяцев с хорошим клиническим результатом.

В сроки от 6 мес. до 18 мес. после купирования лимфедемы 6-ти пациенткам выполнены реконструктивные операции: эндопротезирование с использованием силиконовых имплантатов – 3 наблюдения, широчайшей мышцей спины – 2 наблюдения, TRAM-лоскутом – 1 наблюдение.

При динамическом амбулаторном наблюдении в течение 2-х лет не было отмечено рецидива лимфедемы и прогрессирования заболевания.

**Заключение:** Хирургическое лечение вторичного лимфостаза, направленно, в первую очередь, на создание новых путей лимфооттока. Использование большого сальника в сочетании с липосакцией в зависимости от степени лимфедемы является адекватным методом хирургического лечения постмастэктомического лимфостаза.

**Список использованных источников:**

1. Каприн А.Д., Старинский В.В., Петрова Г.В. Злокачественные новообразования в России в 2015г (заболеваемость и смертность). М.2017. 250 с.
2. Залуцкий И. В. Вторичная лимфедема верхней конечности у онкологических больных: практ. пособие для врачей. Минск: Беларусь, 2004. С. 11-20.
3. Герасименко В.Н., Грушина Т.И. Комплекс консервативных восстановительных мероприятий при постмастэктомическом отеке.//Вопросы онкологии.1990. №12.С. 1479-1485.
4. Грушина Т.И. Реабилитация в онкологии: физиотерапия.М.ГЭОТАР–Медиа.2006.240 с.
5. Мясникова М О. Обоснование и оценка эффективности методов диагностики и лечения больных постмастэктомическим отеком верхней конечности.- СПб.: Автореф. дисс. докт. мед. наук. 2002.
6. Левченко К. П., Поздняков А. М.; под ред. Петрова В. И. Медицинская реабилитация постмастэктомического синдрома: Всероссийская научно-практическая конференция. Волгоград 13-14 мая. 2004. С. 215-216.
7. Алуханян О.А., Виноградов Р.А., Жимайлов М.Е. Одномоментная липолимфосакция транспозиция и аутотрансплантация большого сальника в хирургическом лечении лимфедемы при постмастэктомическом синдроме.//Анналы пластической, реконструктивной хирургии.2006.№4.С. 40-41.



## ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПОДГОТОВКЕ ВРАЧЕЙ-ХИРУРГОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВИРТУАЛЬНЫХ ИНТЕРАКТИВНЫХ ОБУЧАЮЩИХ КОМПЛЕКСОВ

А.Н. Плутницкий, Б.Н. Каримов

*ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, г. Москва*

Стратегия научно-технического развития Российской Федерации – это переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам, новым материалам и способам конструирования, создание систем обработки больших объемов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта. Остроящая задача повышения уровня медицинского образования, особенно в подготовке врачей-хирургов, поскольку классические методы обучения зачастую не позволяют предоставить слушателям возможность осваивать практические навыки в полном объеме, у операционного стола элементарно не хватает места всем ординаторам – все это обосновывает актуальность нашей разработки. Современный подход к обучению с использованием VR-технологий позволит существенно повысить качество медицинского образования, и поэтому будет востребован в отечественных медицинских учебных заведениях.

Нами разработан интерактивный VR-модуль, представляющий собой виртуальный трехмерный тренажер для обучения студентов (слушателей) медицинских учебных заведений. Созданные в результате реализации проекта продукт позволяет воспроизводить интерактивную операционную среду в виртуальной реальности для отработки студентами (слушателями) необходимых хирургических навыков на практике без риска для здоровья пациента [1, 2, 3].

Создание виртуального трехмерного тренажера для хирургов позволило решить целый ряд концептуальных задач. Преимуществами предлагаемых научно-технических решений являются:

- Возможность отработки практических навыков;
- Отсутствие риска для реальных пациентов;
- Высокая степень реалистичности воссоздаваемой операционной обстановки и анатомических структур тела для максимального приближения тренировочного процесса к реальным условиям;
  - Неограниченность времени тренировок;
  - Использование игровой механики для облегчения восприятия информации и ускорения запоминания методик;
- Доступность программы.

Кроме того, в рамках расширенной версии тренажера, планируемой к разработке при дальнейшем долгосрочном развитии, будет разработан графический редактор, при помощи которого возможно будет вручную или автоматизировано создавать виртуальную репрезентацию конкретного человека и симулировать его жизненные и медицинские показатели. Подобный подход позволит оттачивать хирургические и врачебные навыки на бесконечно большом наборе различных пациентов без риска для реально существующих людей.

На основе вышеизложенного можно резюмировать, что основными научными, техническими, технологическими, концептуальными преимуществами разработанного продукта является следующее:

1. Технологичность, экономичность и доступность решения.
2. Возможность непрерывной и неограниченной отработки хирургических навыков на этапе обучения, без риска для пациентов.
3. Игровая механика в методологии обучения, как способ повышения эффективности восприятия знания.
4. Сокращение периода обучения для проведения самостоятельных операций.
5. Масштабируемость – возможность включения новых операций, методик, специализированных лабораторий.

В результате выполнения работ создан виртуальный тренажер хирургических навыков со следующими характеристиками и особенностями:

1. Достижение эффекта максимального погружения в антураж операционной с «эффектом присутствия» обучаемого в каждом эпизоде подготовки и выполнения рабочего задания;
2. Реалистичное моделирование эпизодов в виртуальной реальности;
3. Соответствие элементов оборудования, инструментов, зажимов, щипцов, ножниц, скальпеля, иглы с нитью, иглодержателя, ватного тампона, пинцета, кровоостанавливающего зажима, операционного стола, световой лампы реальным изделиям, таким образом, что обучаемый сможет узнать их по конструктивным особенностям, размеру, цвету;
4. Обеспечение реалистичной реакции смоделированной реальности на виртуальное воздействие и управление со стороны пользователя;
5. Возможность работы модуля в операционной системе Windows 10.

Технологический процесс разбит на эпизоды, выстроенные в соответствии с требованиями нормативных документов по технологии производства работ и охране труда. Каждый эпизод отражает отдельный этап в организации производства работ.

В докладе демонстрируются виртуальные тренажеры хирургических навыков для шести видов операционных вмешательств, обеспечивающие возможность создания операционной среды для хирурга, проведения оценки его профессиональных знаний,

наглядного демонстрирования возможных последствий неправильного выполнения действий, а также проверки знаний и навыков в режиме «экзамен», полученных обучающимися в рамках теоретической части учебного модуля.

В заключении приведем наши оценки эффекта, которого можно будет достичь в долгосрочной перспективе в результате реализации проекта и его внедрении в медицинских образовательных учреждениях:

- Повышение качества обучения и доступности образования (на 30%) в системе непрерывного профессионального развития медицинских работников, благодаря мобильности разрабатываемого обучающего решения;
- Сокращение смертности пациентов после хирургических вмешательств на 10%;
- Уменьшение послеоперационных осложнений на 12%;
- Повышение качества предоставляемых населению медицинских услуг;
- Внедрение отечественных продуктов, сервисов и платформенных решений, созданных на базе «сквозных» цифровых технологий.

**Список использованных источников:**

1. Каримов Б.Н. Патент «Интерактивный образовательный VR- комплекс для обучения проведению операции аппендэктомии. Свидетельство № 2021662849 от 06.08.2021.

2. Каримов Б.Н. Патент «Виртуальный интерактивный комплекс для студентов медицинских вузов и учащихся медицинских средних специальных заведений, а также слушателей системы медицинского непрерывного профессионального развития». Свидетельство № 2021663013 от 10.08.2021.

3. Данилов Д.В., Плутницкий А.Н., Каримов Б.Н. Патент «Surgery VR (Лапароскопическая правосторонняя гемигепатозэктомия). Свидетельство № 2022660864 от 10.06.2022.

**ОРГАНИЗАЦИЯ И ПРОВЕДЕНИЕ МЕДИЦИНСКОЙ ЭВАКУАЦИИ БОЛЬНЫХ И ПОСТРАДАВШИХ В УСЛОВИЯХ РЕЖИМА ОГРАНИЧЕНИЯ ПОЛЕТОВ**

Н.А. Качанова<sup>1</sup>, П.И. Попов<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, г. Москва

<sup>2</sup> ООО «МЕДАЭРО-СЕРВИС», г. Москва

Ограничение полетов гражданской авиации на внутренних рейсах и международных направлениях, связанное со сложившейся геополитической обстановкой в стране и мире из-за специальной военной операции российских вооруженных сил на

Украине, а также действовавшими профилактическими мероприятиями распространения Новой коронавирусной инфекции Covid-19, привело к необходимости поиска новых альтернативных логистических решений осуществления медицинской эвакуации пациентов наземными видами транспорта. В связи с введенным режимом временного ограничения полетов в российские аэропорты юга и центральной части России (г. Ростов-на-Дону, г. Симферополь, г. Воронеж, г. Краснодар, г. Курск, г. Белгород, г. Брянск, г. Липецк, г. Геленджик, г. Анапа, г. Элиста) в настоящее время авиасообщения либо полностью отсутствуют, либо маршрут полетов воздушных судов построен с учетом необходимости облета зоны ограничения, что в свою очередь увеличивает время авиaperелета. Так, до введенных ограничений время полета г. Сочи – г. Москва составляло около 2 ч 30 мин., в настоящее время – около 4 ч 30 мин.; время перелета из г. Стамбул Турецкой Республики в г. Москву ранее составляло 1 ч 30 мин., в настоящее время – 5 ч 30 мин. Увеличение длительности полетов предполагает осуществление дополнительных промежуточных посадок для дозаправки ближне- и среднемагистральных самолетов, что является важным фактором при планировании санитарно-авиационной эвакуации больных и пострадавших в тяжелом и крайне тяжелом состоянии. В сложившихся условиях наземная транспортировка санитарным автотранспортом предпочтительнее санитарно-авиационной эвакуации в зонах действия ограничительных мер в отношении авиасообщений. Так, медицинскую эвакуацию пациентов из г. Анапы, г. Новороссийска, г. Симферополя, г. Севастополя в г. Москву целесообразно проводить в условиях наземного автотранспорта. Например, медицинская эвакуация пациентов из г. Симферополь в г. Москву на реанимобиле напрямую по временным затратам и организационным мероприятиям эффективнее, чем этапная эвакуация через города с открытыми аэропортами (г. Ставрополь или г. Сочи). В случае если тяжесть состояния пациента не позволяет осуществить его транспортировку в условиях наземного вида транспорта из-за длительности медицинской эвакуации требуется решение вопроса об организации необходимого объема специализированной медицинской помощи в близлежащих федеральных центрах или направлении специалистов соответствующих профилей для оказания медицинской помощи по месту пребывания пациента. Целесообразным является решение вопроса о возможности привлечения ведомственных воздушных судов, имеющих разрешение на полеты в перечисленные российские города, для выполнения попутных медицинских рейсов для тяжелобольных среди гражданского населения, в том числе детей. Значительные трудности в организации и проведении медицинской эвакуации больных и пострадавших отмечаются с территории европейских иностранных государств в связи с санкциями стран Европейского союза, недружественных иностранных государств, как специализированными бортами, так и пассажирскими авиарейсами российских авиапeревозчиков. Использование иностранных авиалиний для санитарно-авиационной

эвакуации проблематично из-за сложности согласования медицинского рейса, установки носилочного места для лежачего пациента и провоза медицинского оборудования. Организация медицинской эвакуации в данных условиях предполагает использование санитарного автотранспорта или комбинированный способ транспортировки (использование авиа- и автотранспорта). Так, для медицинской эвакуации пациента из г. Барселоны Королевства Испании в г. Москву целесообразно выполнить силами местной иностранной санитарной авиацией до г. Риги (Латвийская Республика) или г. Хельсинки (Финляндская Республика) и далее санитарным автотранспортом до пункта назначения. В условиях действовавших профилактических мероприятий распространения Новой коронавирусной инфекции Covid-19, включающих ограничение авиасообщений, соблюдение требований по наличию необходимых документов (сертификат о вакцинации, актуальный результат лабораторного теста на Covid-19 и др.) и иных мероприятий, организация и проведение медицинской эвакуации пациентов имела особенности проработки вопроса транспортировки, том числе при направлении российских граждан за рубеж для прохождения лечения (использование наземных путей сообщений, заблаговременное получение разрешительных документов для перелета и/или трансграничного прохождения пунктов контроля, соблюдение карантинных мер, проработка логистики медицинской эвакуации, отдельное решение вопроса о разрешении сопровождения пациента медицинскими работниками и др.).

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИВИЗНЫ ПРОГИБА РЕШЕТЧАТОЙ МЕМБРАНЫ СКЛЕРЫ КАК НОВЫЙ БИОМАРКЕР В ДИАГНОСТИКЕ ГЛАУКОМЫ**

В.Ю. Ким, В.Е. Ким

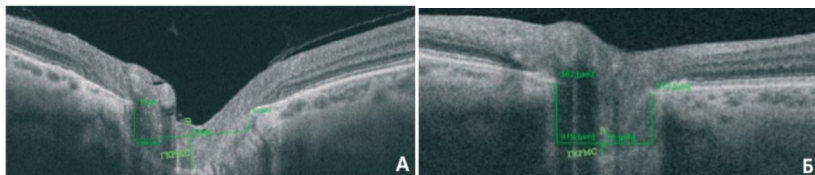
*ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, г. Москва*

Глаукома является ведущей причиной необратимой слепоты. Основным повреждающим фактором для структур глаза при глаукоме выступает повышенное внутриглазное давление (ВГД), что влечет за собой повреждение различных структур, включая аксоны ганглиозных клеток сетчатки, волокна зрительного нерва (ЗН) и ретинальные сосуды. Основные повреждения возникают на уровне склеры, где данные структуры проходят через специальную сеть из соединительной ткани, называемую решетчатой мембраной склеры (РМС) [1]. Известно, что РМС является наиболее уязвимым местом к воздействию повышенного ВГД. Под его влиянием происходят прогиб и деформация РМС, что, в свою очередь, вызывает повреждение находящихся здесь капилляров и аксонов [2]. В итоге развивается ишемический инсульт аксонов,

приводящий к их апоптозу и последующей гибели. По данным литературы, с возрастом эластичность РМС снижается, что делает ее более уязвимой к воздействию ВГД и интракраниального давления.

Современные методы диагностики, такие как оптическая когерентная томография, особенно Swept-Source OCT (SS-OCT), позволяют визуализировать РМС, открывая новые возможности диагностики глаукомы. По сравнению с предыдущими аналогами томографов SS-OCT позволяет получать данные быстрее и измерять более глубокие слои, а также оценивать важнейшие биомаркеры глаукомного поражения, такие как глубину, индекс кривизны РМС (рис. 1), ее форму, толщину, дефекты в структуре самой мембраны, морфологию пор.

Показатель индекса кривизны, по сравнению с параметром толщины решетчатой мембраны, является лучшим маркером истончения слоя нервных волокон сетчатки, а следовательно, и определения прогрессирования глаукомы. Индекс кривизны РМС является показателем деформации и изменения положения решетчатой мембраны по отношению к плоскости мембраны Бруха. Глубина кривизны РМС определяется как расстояние от внешней поверхности решетчатой мембраны до плоскости открытия мембраны Бруха. Индекс кривизны РМС рассчитывается по формуле:  $(В/ГКРМС) \times 100$ , где ГКРМС – глубины прогиба решетчатой мембраны (рис. 1). Увеличение глубины РМС является признаком развития глаукомной оптической нейропатии.



**Рисунок 1** – Определение глубины и кривизны РМС: собственные примеры сканирования РМС больного с начальной стадией глаукомы (А) и здорового обследуемого того же возраста (Б). Глубина прогиба решетчатой мембраны (ГКРМС) на рисунке «Б» значительно меньше, что говорит о нормальной структуре РМС. Сканирование производилось на томографе DRI OCT Triton (Topcon, Япония)

На базе КДО Центра Офтальмологии ФМБА России проведено исследование, целью которого было сравнить индекс кривизны РМС при различных формах и стадиях глаукомы. Исследовав 78 глаз с первичной открытоугольной глаукомой (ПОУГ), 60 глаз с первичной закрытоугольной глаукомой (ПЗУГ), 78 глаз с псевдоэкзофолиативной глаукомой (ПЭГ), авторы пришли к выводу, что в зависимости от стадии и типа глаукомы данные кривизны РМС и ее глубины значимо отличаются друг от друга (табл. 1).

**Таблица 1** – Различия индекса и глубины кривизны РМС в зависимости от стадии и формы глаукомы (статистически значимые различия при  $p < 0,05$ )

		Различие индекса кривизны РМС	Различие глубины кривизны РМС
ПОУГ	Ист. и Пст.	$p=0,006$	$p=0,623$
	Ист. и Шст.	$p=0,000$	$p=0,000$
	Пст. и Шст.	$p=0,000$	$p=0,001$
ПЗУГ	Ист. и Пст.	$p=0,87$	$p=0,01$
	Ист. и Шст.	$p=0,000$	$p=0,009$
	Пст. и Шст.	$p=0,000$	$p=0,000$
ПЭГ	Ист. и Пст.	$p=0,204$	$p=0,999$
	Ист. и Шст.	$p=0,000$	$p=0,01$
	Пст. и Шст.	$p=0,000$	$p=0,000$

### **Заключение**

Полученные в ходе настоящего исследования данные указывают на особенности патогенеза и течения изучаемых форм глаукомы, подчеркивая тяжесть псевдоэкзофиативной глаукомы, особенно в ее продвинутые стадии.

### **Список использованных источников:**

1. Luo H, Yang H, Gardiner SK, et al. Factors Influencing Central Lamina Cribrosa Depth: A Multicenter Study. Invest Ophthalmol Vis Sci. 2018;59(6): 2357–2370. doi: 10.1167/iovs.17-23456.
2. Курышева Н.И. Роль нарушений ретинальной микроциркуляции в прогрессировании глаукомной оптиконеуропатии. Вестник офтальмологии. 2020;136(4): 57–65.

## **ИННОВАЦИОННЫЙ ПОДХОД К ЛЕЧЕНИЮ ПЛОСКОКЛЕТОЧНОГО РАКА КОЖИ**

И.В. Ковалев, А.А. Завьялов, М.Ю. Сухова

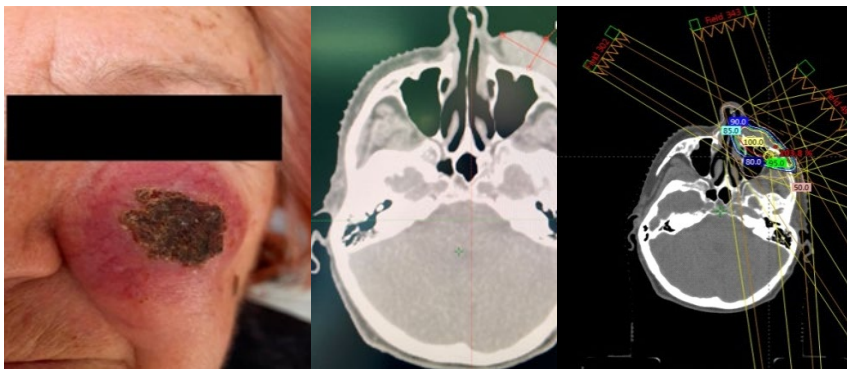
*ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, г. Москва*

**Введение:** Плоскоклеточный рак кожи (ПКРК) является одним из наиболее частых злокачественных новообразований. Высокая вероятность метастазирования, высокая частота рецидивов, а также частое расположение опухоли на коже головы и шеи,

обуславливают необходимость своевременной диагностики и выбора наиболее подходящего метода лечения. Важно добиться не только максимальной эффективности, но и наиболее приемлемого косметического результата. Лучевая терапия (ЛТ) может применяться для лечения рака кожи как самостоятельный метод лечения, так и в схемах комбинированного лечения.

**Материал и методы:** Показана возможность эффективного применения лучевой терапии при раке кожи, после вынужденного перерыва в лечении, в связи с тяжелыми лучевыми реакциями. Для этого использован оригинальный подход, позволяющий сократить общее время лечения, путем увеличения разовой дозы и количества сеансов лечения в неделю.

Большая Р., 84 г. Д-з: Плоскоклеточный рак кожи левой щеки T2N0M0, стадия II (рис.1).



**Рисунок 1** – Внешний вид больной

**Рисунок 2** – КТ лицевого отдела скелета

**Рисунок 3** – Дозное распределение

По данным КТ: опухоль (4,03x1,73 см) с инфильтрацией м. тканей (рис. 2).

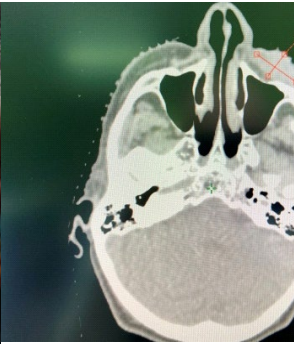
Проведен онкологический консилиум: целесообразно проведение комбинированного лечения – ЛТ на 1 этапе с последующим хирургическим вмешательством. Облучение выполнялось в режиме стандартного фракционирования дозы, 5 раз в неделю, СОД – 50,0 Гр (рис. 3).

На дозе в 30,0 Гр на коже у пациентки появились выраженные лучевые реакции в виде лучевой эритемы и болевого синдрома (рис. 4). С учетом III степени выраженности лучевых реакции, сделан перерыв в лечении.





**Рисунок 4** – Лучевые реакции



**Рисунок 5** – КТ лицевого отдела скелета (30 Гр)



**Рисунок 6** – Через 1 год

После 3-х недельного перерыва, по данным КТ отмечается положительная динамика со стороны опухоли, в виде ее значительного уменьшения опухоли (2,5x1,73 см) (рис. 5). Учитывая выраженный эффект лучевой терапии, решено проведение лечения до радикальной дозы. Для этого было сокращено общее время лечения с учетом количества пропущенных дней и количества оставшихся дней лечения, путем увеличения разовой дозы и количества сеансов лечения в неделю. План лечения был модифицирован – разовая доза 3 Гр, 12 фракций с облучением 6 раз в неделю. За полный курс лучевой терапии была подведена доза – 72 Гр по изоэффекту. Как и предполагалось, лучевые реакции появились после окончания лечения и были приемлемы - II степени выраженности. Через год после проведения лучевой терапии констатирована полная ремиссия (рис. 6).

**Заключение:** На основе данных о негативном влиянии перерывов на эффективность терапии необходимо активно корректировать режим лечения, если он все-таки произошел. Режим облучения был изменен за счет интенсификации процедуры. Использован режим гипофракционирования 6 раз в неделю, для компенсации перерыва и доставки необходимой дозы, существенно не удлиняя общее время терапии, при этом не превысив толерантность нормальных тканей. Наш положительный опыт свидетельствует о том, что необходимо компенсировать перерывы в лечении плоскоклеточного рака кожи, используя наиболее актуальную для конкретного клинического случая модель расчета доз и адаптировать ее для достижения эффекта в лечении.

## К ВОПРОСУ О ЗНАЧЕНИИ РЕЛИГИОЗНОГО ФАКТОРА ДЛЯ ПОСМЕРТНОГО ДОНОРСТВА ОРГАНОВ

А.В. Кочеткова, С.Д. Зудин

*ФБГОУ ВО ПИМУ Минздрава России, г. Нижний Новгород*

Актуальность. На протяжении более десяти лет в Нижегородском регионе осуществляются пересадки органов от посмертных доноров [1]. За это время создана уникальная система, которая позволила осуществлять пересадки почек, печени, поджелудочной железы и сердца, сохраняя жизни десятков нижегородцев [2], при этом существует ряд проблем, связанных с отношением общества к посмертному донорству органов [3], отдельное влияние на которое имеет религиозный фактор [4].

**Цель исследования:** изучение влияния религиозного фактора на отношение населения к развитию программ посмертного органного донорства на примере пациентов городской больницы.

**Материалы и методы:** в исследовании, проведенном на базе хирургического отделения Клинической больницы № 3 ФБУЗ ПОМЦ ФМБА России методом анкетного опроса, были проанализированы ответы 130 пациентов. Проводился поиск взаимосвязи между исповеданием какой-либо религии и отношением пациентов к возможности оформления согласия для донорства органов.

**Результаты исследования.** Среди опрошенных пациентов три четверти (75,4%) заявили о том, что считают себя верующими людьми. При этом мнение представителя религиозной конфессии по вопросу оформления согласия донорства органов оказалось значимым только для 19,2% пациентов.

Не было установлено статистической значимости между самооценкой респондента как верующего и его позицией по вопросу подписания согласия донора ( $p_{\text{value}} \geq 0,05$ ). Кроме того, среди лиц, заявивших себя верующими, доля выразивших готовность к подписанию согласия на посмертное органное донорство оказалась значимо ниже, чем у остальных респондентов ( $p_{\text{value}} \leq 0,05$ ).

**Заключение:** подавляющее большинство мировых конфессий высказывается в поддержку донорства органов [5]. Результаты исследования свидетельствуют о более низком уровне готовности пациентов, считающих себя верующими, оформить согласие на донорство органов, что, возможно, связано с отсутствием четкого понимания респондентами личного отношения к понятию исповеданию религии.

### **Список использованных источников:**

1. Романов С.В., Смирнова Г.Ю., Абаева О.П. Организация посмертного органного донорства в нижегородской области: к десятилетнему опыту работы Приволжского

координационного центра органного и тканевого донорства. Медицинский альманах. 2019. № 1 (58). С. 7-10.

2. Романов С.В., Абаева О.П., Смирнова Г.Ю. Пути совершенствования использования донорского ресурса в Нижегородской области. Трансплантология. 2018. Т. 10. № 1. С. 15-22.

3. Романов С.В., Абаева О.П., Александрова О.Ю., Смирнова Г.Ю. Проблемы и перспективы построения системы органного донорства в регионе (на примере Нижегородской области). Вестник трансплантологии и искусственных органов. 2019. Т. 21. № 1. С. 57-63.

4. Абаева О.П., Романов С.В., Смирнова Г.Ю., Присяжная Н.В., Дубоград Е.В. Участие религиозных организаций в формировании у населения отношения к трансплантации органов и тканей. Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. 2019. Т. 27. № 5. С. 831-835.

5. Reshetnikov V.A., Romanov S.V., Abaeva O.P. Rationale for religious denominations in Russia to participate in organ donation promotion. The European Proceedings of Social & Behavioural Sciences (см. в книгах). 2019. № 1. С. 1.

## **РАЗРАБОТКА И ОБОСНОВАНИЕ ПРОГРАММ НАГРУЗОЧНОГО ТЕСТИРОВАНИЯ СПОРТСМЕНОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭРГОМЕТРИИ С СУБМАКСИМАЛЬНОЙ ИЛИ МАКСИМАЛЬНОЙ НАГРУЗКАМИ СООБРАЗНО С ВИДОМ СПОРТА И ЭТАПОМ СПОРТИВНОЙ ПОДГОТОВКИ**

Н.С. Богоявленских, П.С. Меркулова, А.А. Петров,  
П.А. Шулепов, Д.А. Сапов

*ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, г. Москва*

В условиях современного профессионального и любительского спорта от спортсменов требуется не только близкие к идеальным техническая и тактическая подготовка, но также высочайшая работоспособность организма, позволяющая переносить максимальные физические нагрузки во время соревновательного периода. При этом неизбежна индивидуализация тренировочного процесса. Для точного расчета тренировочных нагрузок необходимо установить индивидуальную способность спортсмена переносить нагрузку.

В спортивной медицине эргоспирометрия обеспечивает объективное неинвазивное измерение функциональной способности кардиореспираторной системы, а также точное определение индивидуального аэробного/анаэробного порога.

Согласно приказу Министерства здравоохранения и социального развития РФ от 23 октября 2020 г. N 1144н «Об утверждении порядка оказания медицинской помощи при проведении физкультурных и спортивных мероприятий», вступившего в силу с 01 января 2021 года и действующего до 01 января 2027 года, спортсмены-члены сборных команд РФ обязаны два раза в год проходить углубленное медицинское обследование (УМО) в соответствии с программой медицинского осмотра.

Основной задачей функциональной диагностики в спорте является определение физической работоспособности спортсмена, его адаптационных и резервных возможностей, как одной из составляющих общего функционального состояния.

Унифицирование адекватных протоколов и типов нагрузочного тестирования, в зависимости от вида спорта и половой принадлежности, позволит обеспечить преемственность результатов обследования спортсменов сборных команд Российской Федерации в ходе динамического наблюдения и контроля, как в рамках одной медицинской организации, так и в разных учреждениях, проводящих эргоспирометрические тесты.

На сегодняшний день существует 2 варианта проведения нагрузочного тестирования – максимальный (до отказа от работы) и субмаксимальный (до достижения рабочих пульсовых значений/до момента наступления порога анаэробного обмена), в зависимости от вида спорта. Тестирование «до отказа» предусмотрено у спортсменов циклических и игровых видов спорта, до субмаксимального уровня нагрузки – у спортсменов скоростно-силовых, сложно-координационных видов спорта, спортсменов-единоборцев, спортсменов, не требующих физических нагрузок в своей области (шахматы, дартс). Стоит отметить, что зачастую спортсмены, которым регламентированы субмаксимальные нагрузки и уже достигшие необходимых показателей и значений, сами изъявляют желание продолжать тест «до отказа» для более полного понимания картины собственного потенциала.

Необходимо учитывать, что лишь эргоспирометрическое тестирование с газоанализом позволяет получать прямые показатели (потребление кислорода и выделение углекислого газа, частота сердечных сокращений, частота дыхания, объем легочной вентиляции, дыхательный объем, степень закисления мышц по дыхательному коэффициенту, мощностные характеристики) в тот или иной промежуток времени при нагрузке или на аэробном и анаэробном порогах, а также в момент максимальной (пиковой) работы, и, соответственно, адекватно оценивать степень напряжения организма спортсмена при выполнении теста, соотнося его с привычной работой на тренировках или соревнованиях.

Критерием прохождения нагрузки «до отказа» является выход кривой зависимости потребления кислорода от времени на «плато», достижение пульсовых значений до максимальных – 180-200 уд/мин, достижение дыхательного коэффициента до уровня не

менее 1,11 отн. ед., неспособность поддерживать заданный темп эргометра на соответствующей ступени.

Для выполнения теста с субмаксимальными нагрузками критерием выполнения работы является достижение порога анаэробного обмена и частоты сердечных сокращений не менее 140-150 ударов в минуту.

Целесообразность четкого подбора оборудования и протокола заключается в том, что лишь при максимальном вовлечении активных в специфической работе, а значит хорошо развитых и тренированных мышц, мы можем увидеть достоверно высокие показатели максимального потребления кислорода и максимальные значения частоты сердечных сокращений (при условиях выполнения тестирования «до отказа»). Нередко именно при пиковых нагрузках, и соответственно, на максимальных пульсовых значениях, регистрируются те или иные нарушения на ЭКГ. Именно подобные «находки» позволяют специалистам не пропустить состояния перетренированности или возможность возникновения критических ситуаций, которые могут произойти вследствие этого, и вовремя направить спортсмена на дообследование, например, на холтеровское мониторирование или стресс-ЭХО.

В такие моменты становится очевидным целесообразность проведения тестов с максимальными нагрузками и у врача отпадает желание «входить в положение» и сочувствовать спортсменам, которые эту нагрузку зачастую не хотят выполнять.

В сфере компетенции и задач врача, проводящего тест, входит объяснение и донесение до спортсмена информации о необходимости и значимости таких тестирований. Выполнение нагрузки должно проводиться не для получения «допуска», как считают многие, если это проходит в рамках УМО, а для исключения опасных для жизни и здоровья ситуаций, которые могут случиться со спортсменом, как с любым человеком, выполняющим предельные нагрузки. Слаженность взаимодействия специалистов функциональной диагностики, которые проводят кардиореспираторные тесты и кардиологов, а еще лучше, спортивных кардиологов, является залогом здоровья тех спортсменов, которые выходят на соревновательные и тренировочные старты в своем виде спорта и физически готовы к порой изнуряющим высокоинтенсивным нагрузкам.

Таким образом, проведение нагрузочного тестирования у спортсменов является универсальным методом оценки уровня физической работоспособности (как общей, так и специфической), а также выявления снижения толерантности к физической нагрузке, как предвестника развития переутомления. Трудно переоценить роль нагрузочных тестов в оценке текущего функционального состояния спортсмена и переносимости тренировочной или соревновательной нагрузки; способности организма адаптироваться к изменяющимся условиям внешней среды; в поиске предикторов развития дезадаптационных процессов.

## ПАРАДОКСАЛЬНЫЙ ОТВЕТ НА ОВАРИАЛЬНУЮ СТИМУЛЯЦИЮ В РАЗЛИЧНЫХ ГРУППАХ ПАЦИЕНТОК ПРОГРАММ ЭКСТРАКОРПОРАЛЬНОГО ОПЛОДОТВОРЕНИЯ

С.Я. Острина<sup>1,2</sup>, О.Ф. Серова<sup>1,2</sup>, Е.Б. Рудакова<sup>1,2</sup>,  
Е.А. Федорова<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, г. Москва*

<sup>2</sup> *ГБУЗ МО МОПЦ, г. Балашиха*

Наиболее эффективным методом преодоления бесплодия является экстракорпоральное оплодотворение (ЭКО). В 2019 году в России по данным Российской ассоциации репродукции человека (РАРЧ) в программах ЭКО частота наступления беременности составила на цикл – 32,3%, на пункцию – 33,3%, на перенос эмбрионов – 38,5%.

Ключевым звеном программы ЭКО является овариальная стимуляция. В одном цикле стимуляции требуется обеспечить адекватный фолликулогенез и получить достаточное количество зрелых ооцитов, а также снизить риск осложнений. Это составляет определенные трудности, в связи с тем, что до сих пор четко не выделены основные группы пациенток программ ЭКО, требующие персонализированного подхода к овариальной стимуляции, и не изучены предикторы парадоксального ответа на стимуляцию суперовуляции, который встречается у части пациенток, и требует коррекции дозы, применяемых гонадотропинов.

Овариальный ответ на стимуляцию суперовуляции зависит от многих факторов, таких как возраст, овариальный резерв, гормональный статус, эндогенные и экзогенные факторы, в том числе и от полиморфизма генов рецепторов гонадотропинов.

С целью прогнозирования успеха протокола ЭКО, а также подбора препарата для стимуляции и его дозы, возможно применять генетическое исследование полиморфизмов генов FSHR и LHCGR, которые являются перспективными маркерами ответа яичников. В настоящее время определено, что существует связь между некоторыми аллелями генов гонадотропинов, их рецепторами и результатами овариальной стимуляции (консенсус Delphi, 2022 г). Однако необходимы дальнейшие исследования.

Основным прогностическим критерием ответа яичников на овариальную стимуляцию является овариальный резерв, который определяется уровнем антимюллера гормона (АМГ), фолликулостимулирующего гормона (ФСГ) и количества антральных фолликулов (КАФ). Выделяют несколько типов овариального ответа: гиперергический (более 16 ооцитов), оптимальный (10-15 ооцитов), субоптимальный (4-9 ооцитов) и «бедный» или гипоответ (1-3 ооцита).

При ожидаемом оптимальном ответе яичников рекомендованы протоколы овариальной стимуляции с ант-ГнРГ и а-ГнРГ. Стартовая доза рекомбинантного ФСГ составляет 150-225 МЕ, а при риске развития СГЯ – 100-150 МЕ. У пациенток с

прогнозируемым «бедным» ответом протоколы до конца не оптимизированы и обсуждаются в профессиональном сообществе – общепринятые дозы варьируется от 200 до 300 МЕ.

На данном этапе, в отделении вспомогательных репродуктивных технологий ГБУЗ МО МОПЦ проведено ретроспективное наблюдательное исследование. В анализ включено 500 медицинских историй пациенток, прошедших программы ЭКО с января по декабрь 2021 года. Все пациентки были обследованы согласно приказу МЗ РФ N 803н от 31.07.2020 г. Овариальную стимуляцию проводили по стандартному протоколу стимуляции суперовуляции а-ГнРГ и ант-ГнРГ с различными гонадотропинами с индивидуально подобранной стартовой дозой с учетом клинико-anamnestических данных пациенток. Анализ проводили по клиническим и эмбриологическим критериям, основой которого являлся прогноз овариального ответа на овариальную стимуляцию. Было рассмотрено три параметра: возраст, гормональный статус (АМГ и ФСГ) и КАФ на 2-3 день менструального цикла по данным УЗИ. В соответствии с эффективностью проведенных программ ЭКО, рассчитанной на цикл, было выделено три возрастные группы: I группа – пациентки до 35 лет (эффективность 25,7%), II группа – пациентки 36-39 лет (эффективность 20,1%), III группа – пациентки старше 40 лет (эффективность 12,1%).

В каждой группе определены подгруппы: 1 подгруппа – «бедный» ответ, 2 подгруппа – оптимальный ответ, 3 подгруппа – гиперергический ответ. В каждой возрастной группе определялся удельный вес пациенток с парадоксальным ответом на овариальную стимуляцию в сравнении с прогнозом.

В ходе исследования, были охарактеризованы три возрастные группы и подгруппы пациенток, прошедших программу ЭКО, с целью выявления клинических особенностей, связанных с возрастом (табл. 1).

**Таблица 1 – Основные группы пациенток программ ЭКО**

	I группа (298 человек) – до 35 лет эффективность – 25,7%			II группа (142 человека) – 36-39 лет эффективность – 20,1%			III группа (60 человека) – старше 40 лет эффективность – 12,1%		
	59,6%			28,4%			12%		
Подгруппы	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	«бедный» ответ	оптималь- ный ответ	гиперер- гический ответ	«бедный» ответ	оптималь- ный ответ	гиперер- гический ответ	«бедный» ответ	оптималь- ный ответ	гиперер- гический ответ
	11,4%	47,98%	40,6%	28,9%	45,1%	26,05%	36,7%	53,3%	10,0%
Возраст, лет	32,8±1,75	31,7±2,3	31,45±2,2	37,4±1,1	37,3±1,1	37,3±1,03	41,6±,35	41,5±1,28	41,5±0,83
АМГ, нг/мл	0,86±0,23	2,36±0,58	6,54±2,4	0,75±0,28	2,08±0,62	6,1±2,03	0,78±0,2	1,95±0,95	5,08±0,87
ФСГ, МЕд/мл	6,79±1,9	8,04±2,15	6,3±1,33	8,5±2,9	7,1±5,6	5,3±3,9	7,75±2,5	7,19±1,7	7,96±1,26
КАФ	6±1,05	8,06±1,57	10±2,15	5,4±0,7	7,7±1,9	10,4±2,87	5,45±0,56	7,1±1,23	9,5±2

При изучении клинико-анамнестических данных и результатов проведенных программ ЭКО, у 47 пациенток с ожидаемым оптимальным количеством ооцитов наблюдался парадоксальной ответ яичников на овариальную стимуляцию (табл. 2).

**Таблица 2 – Группы пациенток программ ЭКО с парадоксальным овариальным ответом**

I группа – до 35 лет 59,6%		II группа – 36-39 лет 28,4%		III группа – старше 40 лет 12%	
2 – оптимальный ответ 47,98%		2 – оптимальный ответ 45,1%		2 – оптимальный ответ 53,3%	
2а Неожиданно «бедный» ответ	2в Неожиданно гиперергический ответ	2а Неожиданно «бедный» ответ	2а Неожиданно «бедный» ответ	2в Неожиданно гиперергический ответ	2а Неожиданно «бедный» ответ
11,8%	8,4%	6,4%	11,8%	8,4%	6,4%

В I возрастной группе с ожидаемым оптимальным ответом из 173 пациенток у 12 наблюдалось развитие гиперергического ответа яичников, и как следствие, риск развития СГЯ, что составило 8,4%. У 18 пациенток из 173 с ожидаемым оптимальным ответом, наблюдался неожиданно «бедный» ответ – 11,8%, соответственно.

Во II возрастной группе с ожидаемым оптимальным ответом из 75 пациенток у 2 наблюдалось развитие гиперергического ответа яичников, и как следствие, риск развития СГЯ, что составило 1,6%. У 9 пациенток из 75 с ожидаемым оптимальным ответом, наблюдался неожиданно «бедный» ответ – 6,4%, соответственно.

В III возрастной группе у пациенток с ожидаемым оптимальным ответом из 38 пациенток у 2 наблюдалось развитие гиперергического ответа яичников, и как следствие, риск развития СГЯ, что составило 16,6%. У 5 пациенток из 75 с ожидаемым оптимальным ответом, наблюдался неожиданно «бедный» ответ – 15,6%, соответственно.

Основные группы пациенток стратифицируются по возрасту на основании результатов эффективности программ ЭКО: I группа – пациентки до 35 лет, II группа – пациентки 36-39 лет, III группа – пациентки старше 40 лет.

Оптимальный ответы составили абсолютное большинство во всех группах, соответственно 47,98% в I возрастной группе, 45,1% во II возрастной группе и 53,3 в III возрастной группе пациенток. «Бедный» ответ преобладал в III возрастной группе. Гиперергический ответ преобладал в I возрастной группе.

Парадоксальный ответ при прогнозе оптимального ответа выявлен у 47 пациенток и составило 9,4%, из них в I группе – 30 человек с парадоксальным овариальным ответом, во II группе – 11 человек, в III группе – 6 человек, что составило 20,9%, 17,2% и 18,7% соответственно. Максимальное количество парадоксальных ответов наблюдается в I возрастной группе – 20,9%.



В выделенных основных группах пациенток программ ЭКО, требующих персонализированный подход к овариальной стимуляции, по данным исследования, у 3% пациенток необходимо снижение дозы применяемых гонадотропинов в протоколе овариальной стимуляции, а у 6,4% необходимо ее повышение.

Полученные данные свидетельствуют о том, что для получения расчета оптимального количества лекарственных препаратов, необходимо учитывать изменение требуемой дозы гонадотропинов на цикл, согласно удельному весу парадоксальных ответов на овариальную стимуляцию в каждой возрастной группе.

Дальнейшие исследования в этом направлении следует связывать с изучением полиморфизмов генов рецепторов гонадотропинов.

## **ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ АКТИВНОГО ВЫЯВЛЕНИЯ ПРОЛАПСА ТАЗОВЫХ ОРГАНОВ У ЖЕНЩИН ПРИ ПРОФИЛАКТИЧЕСКИХ ОСМОТРАХ**

О.А. Паузина

*ФБУЗ ПОМЦ ФМБА России, г. Нижний Новгород*

Удовлетворенность пациентов при прохождении медицинских осмотров складывается из многих факторов, не всегда непосредственно связанных с качеством работы врача [1]. Вышеизложенное актуально в том числе и для осмотров пациенток врачом акушером-гинекологом, поскольку большинство жалоб пациенток при контакте с данным специалистом традиционно не связаны с оказанием гинекологической помощи в амбулаторных условиях [2]. Основной акцент при проведении осмотра врачи акушеры-гинекологи делают на выявление онкопатологии и воспалительных заболеваний, в связи с чем проблемы связанные с пролапсом тазовых органов часто выявляются в стадии, требующей хирургического лечения.

**Целью** исследования был анализ наличия симптомов, которые являются маркерами пролапса тазовых органов, у женщин, регулярно проходящих медицинские осмотры и не имеющих данного диагноза.

**Материалы и методы.** Исследование проводилось по материалам анкетного опроса 317 женщин, являющихся работниками промышленного предприятия г. Нижнего Новгорода и регулярно проходящих профилактические осмотры. Анкета была составлена в соответствии с требованиями для проведения медико-социологических исследований [3], чтобы иметь возможность оценить не только наличие, но частоту проявления наиболее распространенных симптомов, характеризующих признаки возможного пролапса тазовых органов, таких как непроизвольное подтекание мочи, ощущение

выпадения инородного тела из влагалища, неприятные ощущения при половом контакте, наличие прерывистой струи или слабый напор при мочеиспускании, чувство сухости, дискомфорта во влагалище.

**Результаты исследования.** Результаты показали, что у значимой части опрошенных женщин присутствуют симптомы, характерные для пролапса тазовых органов: непроизвольное подтекание мочи несколько раз в месяц беспокоило 29,5±2,5% участниц опроса, несколько раз в неделю – 7,9±1,5%. 20,0±2,2% участниц опроса отметили, что несколько раз в месяц они отмечают слабый напор или прерывистую струю при мочеиспускании. Неприятные ощущения во время полового акта возникают несколько раз в месяц у 12,9±1,8% женщин, несколько раз в неделю – у 7,0±1,4% участниц опроса. Чувство сухости и дискомфорта беспокоит несколько раз в месяц 13,6±1,9% женщин.

**Заключение.** Результаты свидетельствуют о необходимости активного выявления у женщин ранних признаков пролапса тазовых органов при проведении профилактических осмотров.

**Список использованных источников:**

1. Романов С.В., Дзюбак С.А., Абаева О.П. Пути повышения удовлетворенности пациентов при обслуживании в регистратуре поликлиники медицинской организации системы ФМБА России. Медицина экстремальных ситуаций. 2017. Т. 61. № 3. С. 47-50.
2. Филиппов Ю.Н., Абаева О.П., Филиппов А.Ю., Щельина Н.Ю. Удовлетворенность пациента как один из критериев качества акушерско-гинекологической помощи (по результатам анализа письменных обращений населения г. Н. Новгорода). Акушерство и гинекология. 2013. № 7. С. 67-71.
3. Павлов С.В., Абаева О.П. Социология медицины: тенденции и векторы развития. Социология медицины. 2019. Т. 18. № 2. С. 128.

**ХОРИОИДАЛЬНОЙ КАВЕРНЫ В СОЧЕТАНИИ С ГЛАУКОМОЙ.  
КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ**

Н.И. Курышева<sup>1,2</sup>, О.А. Перерва<sup>1</sup>, В.Ю. Ким<sup>1</sup>,  
В.Е. Ким<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, г. Москва  
<sup>2</sup> АПО ФГБУ ФНКЦ ФМБА России, кафедра офтальмологии, г. Москва

Хориоидальные каверны (ХК) – редкая находка при оптической когерентной томографии (ОКТ). Как правило, они ассоциируются с пахихориоидальным

заболеваниями. По данным литературы, у 52% пациентов с пахихориоидом встречаются ХК, что связано с нарушением ангиоархитектоники сосудистой оболочки [1]. ХК ассоциированы также с дистрофическими заболеваниями сетчатки, что связано с дисфункцией хориокапилляров и нарушением трофики сетчатки [2]. Принимая во внимание тот факт, что хориокапилляры одновременно участвуют в питании преламинарного и решетчатого отделов зрительного нерва [3], наличие указанной патологии представляет собой интерес при ее сочетании с глаукомой. В литературе мы не обнаружили ни одного описания подобного сочетания.

Пациент Д., 63 года, обратился с жалобами на постепенное снижение остроты зрения правого глаза в течение нескольких лет, из анамнеза было известно о наличии глаукомы правого глаза. По данным обследования было установлено, что причиной снижения зрения явилась частичная атрофия наружных слоев сетчатки, ассоциированная с ХК (рис. 1), локализованной в верхне-назальном секторе перифовеа и в фовеа. Предположительно, сформированная ХК явилась исходом хронической центральной серозной хориоретинопатии, так как имелись признаки пахихориоидального состояния в обоих глазах пациента: неравномерное утолщение хориоидеи, расширение сосудов слоя Галлера, истончение слоя хориокапилляров, наличие пахихориоидальной пигментной эпителиопатии в левом глазу.

По результатам обследования острота зрения правого глаза составила 0,2 н/к, ВГД Icare 19 мм рт.ст. Стандартная автоматизированная периметрия: MD-0,17dB, PSD1,4 dB, глаукомный гемиполярный тест - пограничные с нормой изменения. Данные периметрии левого глаза – в норме. Офтальмоскопия: перераспределение пигмента в фовеа и парафовеа сверху назально и экскавация ДЗН 0,7 с истончением невралью ободка сверху. В левом глазу также была замечена ЭДЗН, но меньшего размера (0,6) с нарушением пропорции невралью ободка (сужение снизу с височной стороны). Изменений в макулярной области не наблюдалось.

При проведении спектральной ОКТ (Optovue RTVue-100), а также SS-OCT (DRI OCT Triton Plus) правого глаза в фовеа на уровне всех слоев обнаружены гиперрефлективные включения. В парафовеа выявлена зона атрофии наружных слоев сетчатки и гипорефлективная зона в области хориоидеи, расцененная как ее каверна (рис. 1). Анализ сканов ДЗН, перипапиллярной сетчатки и ее внутренних слоев в макуле выявил глаукомные изменения, в том числе и в левом глазу, однако более выражены они – в правом глазу, причем преимущественное поражение заметно во внутренних слоях перифовеа.

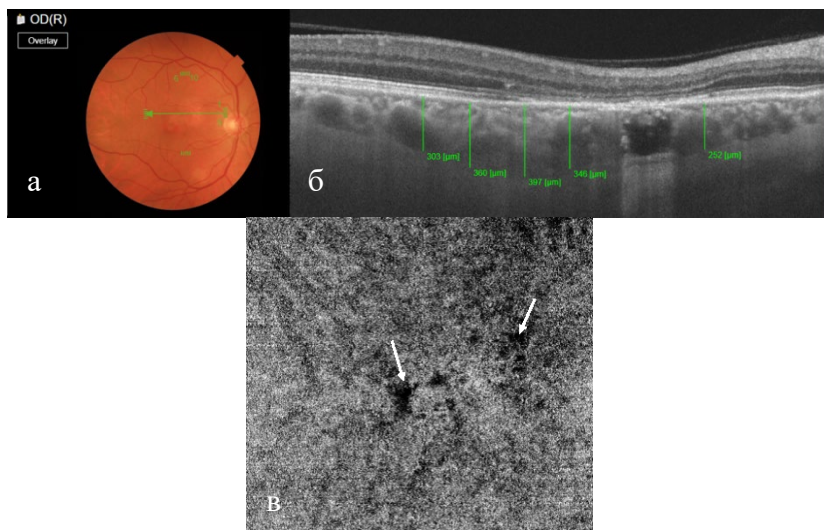
Дефицит хориокапиллярного кровотока, маркером которого явилась ХК, был расценен как неблагоприятный прогностический фактор развития глаукомы у данного

пациента, что подтверждалось более выраженным глаукомным процессом именно в глазу с ХК по сравнению с парным глазом.

В связи с отсутствием признаков неоваскуляризации и экссудации пациенту было рекомендовано динамическое наблюдение с ОКТ-ангио контролем и соблюдением гипотензивного режима (Латанопрост 0,005% 1 раз на ночь) по поводу первичной открытоугольной глаукомы правого глаза.

### Заключение

Таким образом, приведенный клинический случай, демонстрирует непростой диагностический поиск. Наличие каверны сосудистой оболочки могло быть проявлением и/или последствием различных патологических процессов, но в итоге так или иначе приведшим к поражению хориокапилляров и дефициту трофики РПЭ, наружной сетчатки и зрительного нерва.



**Рисунок 1** – Данные ОКТ и ОКТА сетчатки и хориоидеи правого глаза

а – на фундус-изображении сетчатки в верхне-назальном секторе перифовеа очаг светло-желтого цвета, скопление пигмента в фовеа; б – ОКТ: в срезе, проходящем через верхне-назальный сектор перифовеа, имеется зона атрофии наружных слоев сетчатки и наружного ядерного слоя с проседанием глубжележащих слоев. В хориоидее под зоной атрофии: 1 – гипорефлективная квадратная полость (каверна). Толщина хориоидеи в парафовеа – 397 мкм; в – ОКТ-ангиография: в слое хориокапилляров гипорефлективные очаги в проекции фовеа и в зоне хориоидальной каверны (стрелки)

#### **Список использованных источников:**

1. Sakurada Y. et al Association between choroidal caverns and choroidal vascular hyperpermeability in eyes with pachychoroid diseases. *Retina*. 2018;38(10):1977-1983.
2. Carnevali A. et al Choroidal caverns: a previously unreported optical coherence tomography finding in best vitelliform dystrophy. *Ophthalmic Surg Lasers Imaging Retina*. 2018;49(4):284-287.
3. Курышева Н.И. Глазная гемоперфузия и глаукома. М.: ГРИНЛАЙТ. 2014;128.

### **КТ-КОНТРОЛЬ ЗОНЫ КОНТАКТА КОРОНОК НА ДЕНТАЛЬНЫХ ИМПЛАНТАТАХ**

Ю.А. Повстанко, Н.В. Попова, П.И. Махортова,  
И.В. Дедков

*ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, г. Москва*

В настоящее время керамические искусственные коронки в основном изготавливаются с использованием CAD/CAM технологий в централизованных специализированных лабораториях. При этом востребованы керамические (стандартные или индивидуально изготовленные) абатменты. Проведенные с использованием компьютерной рентгеновской микрофотографии исследования узла соединения «имплантат-абатмент» выявили достаточную прецизионность.

**Цель исследования:** измерение величины и симметричности зазора соединения искусственных коронок с индивидуальными керамическими абатментами.

**Материал и методы:** испытания проводили методом компьютерной рентгеновской микрофотографии (micro-CT) на рентгеновском микрофотографе Heliscan microCT в лаборатории «Системы для микроскопии и анализа» технопарка Сколково. Изучены 5 образцов керамических коронок на разных керамических абатментах (стандартных и индивидуальных). Объектом анализа являлась область соединения имплантата, покрывающей коронки и абатмента на уровне платформы имплантата, а также по контакту коронки вдоль абатмента (соответственно точки 1-4).

**Результаты исследования:** установлено, что величина зазора между коронкой и абатментом гораздо больше, чем между абатментом и имплантатом. Велик разброс между минимальной и максимальной величиной зазора: в важнейшей части – по краю коронки – зазор колеблется от 18 мкм до 92 мкм; по переходу уступа абатмента в его вертикальную часть зазор еще больше увеличивается (от 18 мкм до 101 мкм). (табл. 1). По показателю прецизионности края коронки несъемные конструкции на имплантатах можно разместить в ряд по убыванию прецизионности: циркониевая коронка на стандартном титановом

основании, вклеенном в коронку; винтовая фиксация; циркониевая коронка на комбинированном абатменте NobelProcera ASC (стандартное титановое основание, соединённое с циркониевой частью за счёт защёлкивания тремя захватами); цементная фиксация коронки; циркониевая коронка на стандартном цельно-керамическом абатменте; цементная фиксация коронки; циркониевая коронка на стандартном комбинированном абатменте (стандартное титановое основание, вклеенное на заводе в циркониевую часть); цементная фиксация коронки; циркониевая коронка на индивидуальном комбинированном абатменте (стандартное титановое основание, вклеенное в циркониевую часть в зуботехнической лаборатории); цементная фиксация коронки.

**Таблица 1** – Таблица сравнения зазора между коронкой и дентальным имплантатом (МКМ)

		Сечение А				Сечение В			
	Точка	1	2	3	4	1	2	3	4
Образец 1	Левая часть	27	78	33	52	27	76	49	55
	Правая часть	22	87	60	28	44	83	37	42
Образец 2	Левая часть	26	56	31	50	18	93	55	14
	Правая часть	72	81	30	13	77	88	82	59
Образец 3	Левая часть	92	96	85	64	38	87	77	77
	Правая часть	60	72	30	33	60	101	71	78
Образец 4	Левая часть	27	18	1.7	19	29	18	18	35
	Правая часть	26	22	1.7	1.7	29	27	1.7	1.7
Образец 5	Левая часть	38	49	77	–	38	60	70	–
	Правая часть	30	95	98	–	38	63	100	–

По симметричности зазора вдоль края коронки их можно сформировать в ряд по убыванию симметричности: циркониевая коронка на стандартном титановом основании, вклеенном в коронку; винтовая фиксация; циркониевая коронка на комбинированном абатменте NobelProcera ASC (стандартное титановое основание, соединённое с циркониевой частью за счёт защёлкивания тремя захватами); цементная фиксация коронки; циркониевая коронка на стандартном цельно-керамическом абатменте; цементная фиксация коронки; циркониевая коронка на стандартном комбинированном абатменте (стандартное титановое основание, вклеенное на заводе в циркониевую часть); цементная фиксация коронки; – циркониевая коронка на индивидуальном комбинированном абатменте (стандартное титановое основание, вклеенное в циркониевую часть в зуботехнической лаборатории); цементная фиксация коронки.

При интегральной оценке обоих показателей лучшими характеристиками обладают: циркониевая коронка на стандартном титановом основании, вклеенном в коронку; винтовая фиксация; циркониевая коронка на комбинированном абатменте NobelProcera ASC); цементная фиксация коронки; циркониевая коронка на стандартном цельно-керамическом абатменте; цементная фиксация коронки.

## **АСПЕКТЫ РАЗРАБОТКИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ МЕТОДОВ ФОРМИРОВАНИЯ ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННЫХ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ЗДОРОВЬЕСБЕРЕЖЕНИЮ, УЧИТЫВАЮЩИХ ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ И ЗАБОЛЕВАНИЯ**

И.А. Прудников, В.В. Петрова, П.А. Шулепов,  
Д.А. Сапов

*ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И.Бурназяна ФМБА России, г. Москва*

Переход к электронному здравоохранению в России предполагает широкое использование систем искусственного интеллекта, создаваемых на основе знаний и с использованием методов машинного обучения для поддержки принятия медицинских и организационных решений. Так пандемия коронавирусной инфекции продемонстрировала важность анализа медицинских изображений с помощью нейросетей. Работа врачей с консультативной поддержкой систем искусственного интеллекта на основе больших массивов информации на различных этапах оказания помощи становится гораздо более

эффективной. Все большее развитие будут получать интеллектуальные системы профилактического плана с персонализированными рекомендациями врачам и пациентам. Они позволят мониторить ситуации в состоянии здоровья людей на основе многообразной, собираемой из различных источников информацией (электронные медицинские карты пациентов, специализированные опросники, носимые и бесконтактные устройства для постоянного съема физиологической информации).

Хронические заболевания в настоящее время являются одной из ключевых по актуальности проблем сохранения здоровья. По данным Всемирной организации здравоохранения ежегодно от хронических неинфекционных заболеваний (ХНИЗ) в мире умирает 41 млн человек (71% всех случаев смертей), наибольшая доля приходится на сердечно-сосудистые заболевания (ССЗ), что составляет 17,9 млн человек, в том числе постоянно увеличивается доля людей молодого и среднего возраста. Факторы риска (ФР) развития этих заболеваний в значительной степени носят наследственный и поведенческий характер (низкий уровень физической активности, курение, нездоровое питание и чрезмерное употребление алкоголя). Еще более осложняет ситуацию наличие различных профессиональных болезней. Спортсмены не являются исключением, так как они имеют большое количество хронических и профессиональных заболеваний, что подтверждают данные проведенных УМО (углубленных медицинских обследований).

Решением проблемы является создание рекомендательных систем здоровьесбережения, ориентированных на борьбу с факторами риска таких болезней, на уменьшение их отрицательного влияния.

В настоящее время и на ближайшие десятилетия, на наш взгляд, перспективным в данном направлении является разработка следующих методов:

1) методы сбора, хранения, накопления, интеграции и анализа информации о состоянии здоровья и образе жизни спортсмена, и формировании цифрового профиля состояния его здоровья на ее основе;

2) методы динамического анализа цифрового профиля состояния здоровья спортсмена с целью выявления признаков физиологических и психоэмоциональных изменений и рисков возникновения заболеваний;

3) алгоритмы формирования и динамической коррекции персональных рекомендаций по устранению или уменьшению воздействий факторов риска;

4) система безразмерных (относительных) величин биологических данных, полученных с применением методов компьютерного моделирования, как основа для планирования и разработки мероприятий, направленных на сохранение и укрепление здоровья;



5) прототип программного обеспечения для расчета риска возникновения хронических заболеваний и рекомендаций по их предотвращению / замедлению развития;

6) методы и средства дистанционной (бесконтактной) оценки физиологического и психоэмоционального состояния спортсмена;

7) методы безопасности личных данных спортсмена.

Таким образом, интеллектуальные методы формирования персонализированных рекомендаций по здоровьесбережению, учитывающих индивидуальные особенности и заболевания позволят создать цифровой двойник спортсмена (с точки зрения управления здоровьем), то есть виртуальную модель спортсмена, позволяющую анализировать и прогнозировать отклонения в состоянии его здоровья и риски развития заболеваний.

## **ВЫЯВЛЯЕМОСТЬ КОНСТРУКЦИОННЫХ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ ЗУБНЫХ ПРОТЕЗОВ В РОТОВОЙ ЖИДКОСТИ**

А.В. Рагулин, А.В. Курников, П.В. Кашенко,  
А.А. Попов, В.А. Рыкова

*ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, г. Москва*

Несмотря на доказанную биосовместимость титановых имплантатов, в многолетней клинической практике стоматологов-ортопедов иногда встречаются случаи реакции организма на протетические конструкции с использованием имплантатов, напоминающие «синдром гальванизма».

**Цель исследования:** анализ содержания в ротовой жидкости микроэлементов конструкционных материалов несъемных протезов на имплантатах в сравнении с пользователями протезов без имплантатов и с лицами без зубных протезов.

**Материал и методы:** обследованы 98 пациентов, составивших 3 группы сравнения: пользователи несъемными протезами на имплантатах (основная группа), с несъемными протезами без имплантатов (группа сравнения 1), без зубных протезов (группа сравнения 2). Все протезы представляли собой металлокерамические конструкции с металлическим каркасом из хромкобальтового сплава. Анализу подвергалось содержание в ротовой жидкости обследованных микроэлементов, входящих в состав хромкобальтового сплава и титановых имплантатов: титан (Ti), кобальт (Co), хром (Cr), алюминий (Al), ванадий (V), молибден (Mo), вольфрам (W), марганец (Mn), никель (Ni), железо (Fe). Использовался метод масс-спектрометрии с применением масс-спектрометра ICP-MS 7500 Series («Agilent Technologies Inc.», США). Забор и подготовку ротовой жидкости (нестимулированной слюны) выполняли по общепринятой методике.

**Результаты исследования:** ионы металлов, входящие в состав хромкобальтовых сплавов и имплантатов, регистрируются в ротовой жидкости лиц без зубных протезов. У пользователей металлокерамическими протезами с хромкобальтовыми каркасами выявляется более значительное содержание в ротовой жидкости ионов металлов из состава каркасов в сравнении с лицами без зубных протезов. Наличие металлокерамических протезов на имплантатах увеличивает выявляемость ионов металлов в ротовой жидкости в сравнении с пользователями несъемными протезами без имплантатов (табл. 1).

Как видно, по содержанию микроэлементов из состава хромкобальтового сплава и титановых имплантатов можно констатировать увеличение количества большинства микроэлементов у лиц с несъемными металлокерамическими протезами в сравнении с лицами без протезов, а также у пациентов с протезами на имплантатах в сравнении с лицами с протезами без имплантатов. Исключение составляет содержание ванадия при сравнении лиц с металлокерамическими протезами и без протезов, а также содержание марганца у пользователей протезами на имплантатах и без таковых.

**Таблица 1** – *Содержание в ротовой жидкости микроэлементов из состава хромкобальтового сплава и титановых имплантатов у лиц с протезами на имплантатах, с протезами без имплантатов и без протезов*

Микроэлементы	Основная группа мкг/л	Группа сравнения 1 мкг/л	Группа сравнения 2 мкг/л
Ti	11,9	8,3	7,2
Co	2,0	1,6	0,7
Cr	20,1	14,0	11,2
Al	158,0	106,1	66,3
V	2,3	1,7	1,9
Mo	0,9	0,9	0,1
W	0,5	0,3	0,1
Mn	60,0	63,3	45,7
Ni	15,8	12,1	7,2
Fe	76,8	64,2	56,0

Результаты исследования можно трактовать как следствие диффузии ионов металлов из каркасов протезов и имплантатов.

Получены данные об активизации диффузии ионов металлов при наличии несъемных протезах на имплантатах в сравнении с протезами без имплантатов.

## КЛИНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ СПОСОБА ПРОФИЛАКТИКИ ПЕРИИМПЛАНТИТА

А.С. Романов, И.С. Махнёва, Е.В. Глазкова,  
А.Н. Синяков, Р.Д. Каирбеков

*ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, г. Москва*

Недостаточная мотивация пациентов обуславливает невысокие гигиенические показатели рта у лиц с дентальными имплантатами, что обуславливает поиск новых средств индивидуальной гигиены. Вызывают интерес возможности хвесоодержащих субстанций, в частности, производства фирмы «Солагифт» (г. Томск). Предварительные микробиологические исследования показали явное бактериостатическое воздействие ряда хвесоодержащих субстанций на пародонтопатогены в клеточной культуре, включая «Биоэффективный клеточный сок пихты сибирской».

**Цель исследования:** клиническая апробация ополаскивателя рта, содержащего «Биоэффективный клеточный сок пихты сибирской».

**Материал и методы.** В течение 18 месяцев прослежено состояние периимплататных тканей у 54 пациентов, применявших в качестве ополаскивателя рта при проведении индивидуальной гигиены рта водные растворы 1:5 «Биоэффективного клеточного сока пихты сибирской» или «Стоматофита». Сравнение эффективности профилактики воспаления проводилось ежеквартально до проведения профессиональной гигиены рта с использованием гигиенических и пародонтальных показателей, выявляемости мукозита и периимплатита, ПЦР-диагностики периимплататных пространств. Проводилось анкетирование пациентов с оценкой ополаскивателей.

**Результаты исследования.** Индексные гигиенические и пародонтальные показатели на протяжении 18 месяцев наблюдения хуже у лиц с дентальными имплантатами при наличии пародонтита и при использовании ополаскивателя рта на основе «Стоматофита» по сравнению с содержащим «Биоэффективный клеточный сок пихты сибирской».

Выявляемость пародонтопатогенов у лиц с протезами на имплантатах на протяжении полутора лет увеличивается от 22,2% при наличии пародонтита до 38,9%, от 11,1% до 33,3% – при наличии гингивита; при использовании хвесоодержащего ополаскивателя рта выявляемость пародонтопатогенов менее выражена в сравнении с ополаскивателем на основе «Стоматофита» (табл. 1).

**Таблица 1 – Динамика ПЦР-выявляемости пародонтопатогенов после фиксации протезов на имплантатах у пациентов, использующих ополаскиватели рта на основе «Биоэффетивного клеточного сока пихты сибирской», и «Стоматофита» (%)**

Начало пользования протезами				6 месяцев				12 месяцев				18 месяцев			
1		2		1		2		1		2		1		2	
Х	С	Х	С	Х	С	Х	С	Х	С	Х	С	Х	С	Х	С
11,1	11,1	16,7	16,7	11,1	22,2	22,2	27,8	22,2	22,2	27,8	33,3	22,2	33,3	33,3	38,9

Примечание: 1 – исходное наличие гингивита или здорового пародонта,

2 – исходное наличие пародонтита,

Х – хвоесодержащий ополаскиватель рта,

С – стоматофитсодержащий ополаскиватель рта

Через полтора года после завершения протезирования на имплантатах перимплантит регистрируется в единичных количествах у лиц с наличием пародонтита: мукозит – от 11,1% при наличии гингивита до 22,2% – пародонтита с меньшей выявляемостью при использовании хвоесодержащего ополаскивателя рта.

Субъективная оценка пациентами с имплтатами хвоесодержащего ополаскивателя рта характеризуется более высокой оценкой в сравнении с ополаскивателем на основе «Стоматофита» по профилактике развития воспаления и запаха изо рта.

Результаты исследования показали преимущества ополаскивателя с «Биоэффетивным клеточным соком пихты сибирской» по гигиеническим и пародонтальным индексам, выявляемости пародонтопатогенов как у пациентов с имплантатами с исходно здоровым пародонтом, так и на фоне воспалительных заболеваний пародонта.

## **ПРИВЕРЖЕННОСТЬ ЛЕЧЕНИЮ ПАЦИЕНТОВ ПОСЛЕ ТРАНСПЛАНТАЦИИ РОГОВИЦЫ**

С.Н. Светозарский

*ФБУЗ ПОМЦ ФМБА России, г. Нижний Новгород*

*ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, г. Москва*

Приверженность лечению – это мера соответствия действий человека рекомендациям врача в отношении соблюдения диеты и других изменений образа жизни, а также приема лекарственных препаратов и посещения специалиста. Особую

актуальность проблема приверженности к лечению имеет в контексте ведения пациента после трансплантации органов и тканей [1, 2], поскольку даже незначительное отступление от назначений специалиста существенно повышает риск отторжения трансплантата и смерти пациента, а также негативно сказывается на затратах пациента и государства на оказание медицинской помощи [3].

**Цель исследования:** определение распространенности, предикторов и ассоциированных исходов приверженности российских пациентов, перенесших сквозную кератопластику (СКП), к посещению лечащего врача.

**Материалы и методы:** в ретроспективном исследовании, проведенном на базе офтальмологического отделения ФБУЗ ПОМЦ ФМБА России, были проанализированы результаты предоперационного обследования и послеоперационного наблюдения за пациентами, перенесшими СКП. В качестве потенциальных предикторов приверженности анализировали ряд демографических, медико-социальных и офтальмологических факторов. В качестве исхода анализировали соблюдение назначений в отношении посещений лечащего врача в послеоперационном периоде. Также исследовали зависимость клинического исхода от приверженности к лечению. Статистический анализ выполняли с применением пакета статистических программ SPSS 22.0 (IBM, USA). Непрерывные переменные представлены как  $M \pm SD$ , где  $M$  – среднее арифметическое,  $SD$  – стандартное отклонение, в скобках указаны минимальные и максимальные значения. Связь независимых переменных с изучаемым исходом осуществляли с применением бинарной логистической регрессии, вычисляя отношение шансов (ОШ) и доверительный интервал (ДИ) для каждого параметра по отдельности. Сравнение частоты встречаемости полной и неполной приверженности в исследуемых группах проводили с применением точного критерия Фишера. Принятый уровень значимости 5% ( $p < 0,05$ ).

**Результаты исследования.** Анализу были подвергнуты данные 82 пациентов, прооперированных методом СКП. В группу «высокого риска» были отнесены 54 пациента, «низкого риска» – 28 пациентов. Пациенты из группы «низкого риска» на 43% более склонны к полному следованию рекомендациям по сравнению с пациентами из группы «высокого риска» ( $p = 0,0001$ ). Значимым предиктором неполной приверженности к лечению в группе «высокого риска» явились когнитивные нарушения, выявленные у пациента до операции (ОШ=8,89;  $p = 0,007$ ). Неполная приверженность статистически значимо повышает риск неблагоприятного исхода СКП по итогам 12 месяцев наблюдения у пациентов из группы «высокого риска» (ОШ=4,31;  $p = 0,045$ ).

**Заключение:** в ходе исследования были впервые установлены закономерности приверженности к лечению российских пациентов после СКП. Значимая роль когнитивных нарушений определяет перспективность разработки персонализированных

мероприятий обучающей и поведенческой направленности для улучшения приверженности.

**Список использованных источников:**

1. Абаева О.П., Романов С.В., Рябова Е.Н. Качество жизни пациентов, перенесших операцию по трансплантации почки и печени. Профилактическая медицина. 2020. Т. 23. № 1. С. 121-126.
2. Абаева О.П., Романов С.В., Рябова Л.Н. Особенности модели взаимоотношения пациентов, перенесших пересадку органов, и врачей центра трансплантации. Национальное здоровье. 2019. № 1. С. 23-26.
3. Романов С.В., Жуков С.Н., Абаева О.П. Анализ экономической эффективности оказания медицинских услуг по трансплантации почки и печени от прижизненных доноров в центре трансплантации (на примере ФБУЗ ПОМЦ ФМБА России). Главврач. 2020. № 1. С. 8-22.

**ПРИМЕНЕНИЕ PRP-ТЕРАПИИ ПРИ ПАТОЛОГИИ ХРЯЩА КОЛЕННОГО СУСТАВА У СПОРТСМЕНОВ**

Р.А. Симонов, Н.В. Рылова

*ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна» ФМБА России, г. Москва*

**Актуальность**

Показатели травмы коленного сустава занимают первое место по частоте среди спортивных травм [1, 2]. Этиология поражений хряща многообразна, наиболее частыми причинами являются дегенеративные заболевания и травматические повреждения (в том числе в результате хронической травматизации и повышенной профессиональной нагрузки).

Обогащенная тромбоцитами плазма (англ. Platelet rich plasma – PRP) – это аутологичная сыворотка, содержащая высокие концентрации тромбоцитов, которые содержат в своих альфа-гранулах большое количество факторов роста. Данные вещества концентрируют в процессе центрифугирования, а затем вводят внутрисуставно [3]. PRP индуцирует множество биологических эффектов, обладает противовоспалительным, обезболивающим, пролиферативным, регенеративными свойствами [4].

**Цель исследования:** определение современной доказательной базы эффективности и особенностях применения обогащенной тромбоцитами плазмы в лечении патологии хряща коленного сустава у спортсменов.

### **Материалы и методы:**

Обобщен мировой опыт использования PRP в травматологии и спортивной медицине при патологии хряща коленного сустава. Поиск литературы проводился с использованием электронных баз данных Pubmed, MEDLINE, Embase, eLIBRARY за период с 2001г. по 2021 г. Для поиска мы использовали ключевые слова и их сочетания: «обогащенная тромбоцитами плазма», «патология хряща», «остеоартрит коленного сустава», «спортсмены».

### **Результаты исследования:**

Опыт применения PRP-терапии Остеоартроза (ОА) в исследованиях для внутрисуставного введения в коленный сустав показывает эффективность использования различных схем лечения: 2 инъекций с интервалом в 3 недели или 3 инъекции с интервалом в 1 неделю через латеральный срединно-надколенниковый доступ в положении разгибания коленного сустава [5].

Отмечается, что при внутрисуставном введении необходимо применять исключительно LP-PRP (англ. Leukocyte-PoorPlatelet-RichPlasma – LP-PRP), так как при введении LR-PRP значительно увеличивается количество медиаторов воспаления TNF- $\alpha$ , IL-6, интерферона- $\gamma$  и IL-1 $\beta$ , что может усилить симптомы воспаления в суставе [6]. Было предложено использовать биологические активаторы для стимуляции тромбоцитов к высвобождению их зернистого содержимого, что привело к созданию богатой фактором роста плазмы PRGF [8]. Фактически, PRGF является конечным продуктом PRP, не содержит лейкоцитов и воспалительных цитокинов. Это делает PRGF более эффективным и уменьшает его побочные эффекты, такие как боль и отек, по сравнению с PRP [7].

PRP и PRGF показывают лучшие результаты лечения ОА коленного сустава в долгосрочной перспективе по сравнению с внутрисуставными инъекциями озона (через 6 мес. наблюдения) и гиалуроновой кислоты (ГК) (через 12 мес. наблюдения) [9].

Sanchez и его группа были первыми, кто описал хирургическое использование PRP при лечении отрыва хряща у 12-летнего футболиста: фрагмент был повторно прикреплен на месте с локальным введением PRP. Клинический результат продемонстрировал полное функциональное восстановление и хорошие результаты MPT [10].

### **Выводы:**

1. При внутрисуставном введении необходимо применять исключительно плазму с низким содержанием лейкоцитов LP-PRP;
2. Биологические активаторы для получения PRGF повышают эффективность методики и уменьшает его побочные эффекты в лечении ОА коленного сустава;
3. Современные исследования показывают большую эффективность PRP в лечении патологии суставного хряща в долгосрочной перспективе в сравнении с альтернативными инъекционными методиками лечения.
4. Необходимы дальнейшие исследования, чтобы прояснить некоторые фундаментальные аспекты, такие как наилучшие схемы применения PRP, а также эффективность PRP для лечения очаговых травматических остеохондральных дефектов.

#### **Список использованных источников:**

1. Chahla J., Stone J., Mandelbaum B.R. How to Manage Cartilage Injuries? // *Arthroscopy*. 2019. Vol. 35, N 10. P. 2771–2773.
2. Ding C., Cicutinni F., Scott F. [et al.]. Natural history of knee cartilage defects and factors affecting change // *Arch. Int. Med.* 2006. Vol.166, N 6. P. 651–658.
3. Le A. D. K., Enweze L., DeBaun M. R., Drago J. L. Platelet-RichPlasma // *ClinicsinSportsMedicine*. 2019. Vol. 38, № 1. P. 17–44. doi:10.1016/j.csm.2018.08.001.
4. Everts P., Onishi K., Jayaram P., Lana J. F., Mautner K. Platelet-RichPlasma: NewPerformanceUnderstandingsandTherapeuticConsiderationsin 2020 // *International Journal of Molecular Sciences*. 2020. Vol. 21, № 20.
5. Wang-Saegusa A, Cugat R, Ares O, Seijas R, Cuscó X, Garcia-Balletbó M. Infiltration of plasma rich in growth factors for osteoarthritis of the knee short-term effects on function and quality of life. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2011;131(3):311–7.
6. Carballo C. B., Nakagawa Y., Sekiya I., et al. Basicscienceofarticularcartilage // *ClinSportsMed* 2017. Vol. 36, № 3. P. 413–425.
7. Filardo G, Di Matteo B, Di Martino A, Merli ML, Cenacchi A, Fornasari P, Marcacci M, Kon E. Platelet-rich plasma intra-articular knee injections show no superiority versus viscosupplementation: a randomized controlled trial. *Am J Sports Med*. 2015;43(7):1575–82.
8. Gato-Calvo L, Magalhaes J, Ruiz-Romero C, Blanco FJ, Burguera EF. Platelet-rich plasma in osteoarthritis treatment: review of current evidence. *Therapeutic Adv Chronic Dis*. 2019;10:2040622319825567.
9. Raeissadat, S.A., Ghazi Hosseini, P., Bahrami, M.H. et al. The comparison effects of intra-articular injection of Platelet Rich Plasma (PRP), Plasma Rich in Growth Factor (PRGF), Hyaluronic Acid (HA), and ozone in knee osteoarthritis; a one year randomized clinical trial. *BMC Musculoskelet Disord* 22, 134 (2021). <https://doi.org/10.1186/s12891-021-04017-x>.
10. Sánchez M, Azofra J, Anitua E, et al. Plasma rich in growth factors to treat an articular cartilage avulsion: a case report. *Med Sci Sports Exerc*. 2003.

#### **РЕЗУЛЬТАТИВНОСТЬ УСТРАНЕНИЯ МИОФАСЦИАЛЬНОЙ БОЛИ У ВЗРОСЛЫХ ПАЦИЕНТОВ С ОРТОДОНТИЧЕСКОЙ ПАТОЛОГИЕЙ**

Т.А. Фазылова, А.А. Ильин, Е.Е. Олесов,  
Б.М. Радзишевский, В.Г. Мовсесян

*ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, г. Москва*

На приеме врача–ортодонта нередко пациенты с болями в челюстно-лицевой области и внутренними нарушениями височно-нижнечелюстного сустава (ВНЧС). Сочетание указанных патологических состояний характеризуется сложностью междисциплинарной терапии и частым рецидивированием.



**Цель исследования:** анализ выявляемости и эффективности лечения миофасциальных болевых расстройств и внутренних нарушений височно-нижнечелюстного сустава у взрослых пациентов с зубочелюстными аномалиями.

**Материалы и методы:** Проведен ретроспективный анализ историй болезни 300 взрослых пациентов с зубочелюстными аномалиями, которые проходили обследование и лечение в условиях многопрофильной стоматологической клиники. Анализ касался пациентов с не менее пятилетним сроком с начала ортодонтического лечения. Произведена оценка распространённости и структуры внутренних нарушений височно-нижнечелюстного сустава и миофасциальных болевых расстройств и анализ результатов их коррекции. Пациенты распределены на 2 группы: 1 – внутренние нарушения ВНЧС и миофасциальные болевые расстройства с вправляемым, невправляемым смещением суставного диска и гипермобильностью головок нижней челюсти; 2 – миофасциальные болевые расстройства без внутренних нарушений ВНЧС с миофасциальной болью и миофасциальным болевым синдромом. Ортодонтическое лечение проводилось с использованием современных брекет-систем, внутриротовых аппаратов, ортоимплантатов в зависимости от вида и тяжести зубочелюстных аномалий.

**Результаты исследования:** В ортодонтическом лечении чаще нуждались пациенты с миофасциальной болью (71,5%), затем (28,3%) – с миофасциальным болевым синдромом лица. У этих пациентов чаще выявляются внутренние нарушения ВНЧС и зубочелюстные аномалии II класса по Энгло с односторонней дистальной окклюзией, глубоким прикусом, а также I класса со скученностью зубов. Внутренние нарушения ВНЧС с сопутствующими миофасциальными болевыми расстройствами в виде миофасциальной боли наблюдались у 82,4% пациентов; миофасциальные болевые расстройства без внутренних нарушений ВНЧС регистрировались у 17,4% пациентов.

В проведённом исследовании общая эффективность лечения внутренних нарушений ВНЧС и миофасциальных болевых расстройств составила 46,4%; стойкого улучшения не наблюдалось в 35,7%; ухудшение регистрировалось в 17,8%. Рецидивы отмечены в 60,7%. При лечении миофасциальных болевых расстройств без внутренних нарушений ВНЧС общая эффективность лечения составила внутренних 5,5%, стабилизация –50,0% и ухудшение 44,4%. Общая эффективность лечения внутренних нарушений ВНЧС, включая вправляемое и невправляемое смещение суставного диска и миофасциальная боль, приближается к 50%, стойкого улучшения не наблюдалось у трети пациентов, а у остальных регистрировалось ухудшение; рецидивы отмечены более, чем у половины пациентов. При лечении миофасциальных болевых расстройств без внутренних нарушений ВНЧС общая эффективность лечения у стоматолога невысока: у половины пациентов достигнута стабилизация, а более чем у 40% происходило ухудшение. Миофасциальная лицевая боль с большим трудом поддаётся лечению и требует привлечения продолжительной медикаментозной терапии у невролога.

Таким образом, зубочелюстные аномалии у более, чем половины взрослых пациентов на ортодонтическом приеме сочетаются с миофасциальными болевыми расстройствами. В ортодонтическом лечении чаще нуждаются пациенты с миофасциальной болью, в три раза реже – с миофасциальным болевым синдромом лица. У этих пациентов чаще выявляются внутренние нарушения ВНЧС и зубочелюстные аномалии, относящиеся ко II классу по Энглю (с односторонней дистальной окклюзией и глубоким прикусом) и к I классу со скученностью зубов.

Проведенный ретроспективный анализ обследования и лечения взрослых пациентов с зубочелюстными аномалиями демонстрирует высокую частоту сочетания ортодонтической патологии с заболеваниями ВНЧС и миофасциальными болевыми расстройствами, а также недостаточную эффективность ортодонтического лечения, что обуславливает необходимость в разработке новых подходов и способов ортодонтического лечения в условиях патологии височно-нижнечелюстного сустава.

## **СУБЪЕКТИВНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ ПАЦИЕНТАМИ, СТРАДАЮЩИМИ ПАТОЛОГИЕЙ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ, ПО ДАННЫМ КОНТЕНТ-АНАЛИЗА**

И.А. Фролова

*ФБУЗ ПОМЦ ФМБА России, г. Нижний Новгород*

**Актуальность.** Пандемия коронавирусной инфекции нового типа оказала огромное влияние на работу системы здравоохранения: объем работы врачей, и без того традиционно высокий [1, 2], увеличился, что потребовало упростить процедуру допуска медицинских работников к работе в госпиталях и поликлиниках [3]. Изменения затронули и систему подготовки кадров [4], организацию получения студентами практических навыков [5, 6].

Не смотря на принятые меры, уровень доступности населению медицинской помощи по поводу хронических заболеваний не мог не измениться, в связи с чем **целью** нашего исследования стало изучение субъективной удовлетворенности пациентов, страдающих патологией сердечно-сосудистой системы, терапией в период снижения показателей заболеваемости COVID-19.

**Материалы и методы.** Исследование проводилось системой мониторинга средств массовой информации и соцмедиа «Медialogия», период исследования – три месяца 2022 года. В качестве ключевых были выбраны слова, связанные с лекарственной терапией заболеваний сердечно-сосудистой системы. При построении дизайна руководствовались правилами проведения медико-социологических исследований [7].

**Результаты исследования.** Общее количество сообщений по теме исследования составило 4791. Показатели вовлеченности и СМ индекс (соответственно 28625 и 34450) оказались достаточно высокими для подобных исследований [8]. Сообщения преимущественно создавались в социальных сетях (87,1%).

В гендерном аспекте авторами были преимущественно женщины (82,3% сообщений). Распределение по возрасту показало интерес к теме исследования у лиц старших возрастных групп – от 40 до 60 лет – 41,4%, старше 60 лет – 44,1% постов.

Результаты показали, что практически все сообщения за небольшим исключением (96,4%) имели нейтральный характер, авторы обсуждали показания к назначению тех или иных препаратов, побочные эффекты, а также проблемы организации медицинской помощи, в том числе и кадровые.

**Заключение.** Результаты контент-анализа свидетельствуют об оптимальном уровне удовлетворенности пациентов, страдающих патологией сердечно-сосудистой системы, проводимой лекарственной терапией.

**Список использованных источников:**

1. Романов С.В., Абаева О.П., Хазов М.В. Современные проблемы нормативно-правового регулирования труда медицинских работников по совместительству. Медицинское право. 2017. № 1. С. 46-49.

2. Хазов М.В., Романов С.В., Абаева О.П., Мурыгина М.М. Мотивация врачебного персонала многопрофильной больницы к работе сверх нормативов одной ставки. Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. 2015. Т. 23. № 2. С. 35-37.

3. Мурыгина М.М., Абаева О.П. Актуальные вопросы допуска медицинских работников к выполнению должностных обязанностей в период эпидемии коронавирусной инфекции нового типа. Главврач. 2020. № 7. С. 40-47.

4. Абаева О.П. Отношение студентов и преподавателей к дистанционному обучению в период эпидемии коронавирусной инфекции нового типа. Главврач. 2020. № 6. С. 36-43.

5. Ведунова М.В., Абаева О.П. Организация практической подготовки студентов медицинских специальностей в условиях пандемии COVID-19. Главврач. 2020. № 9. С. 39-44.

6. Романова Т.Е., Родина А.А., Романов С.В., Абаева О.П. Оценка качества подготовки студентов медицинских вузов в период пандемии covid-19 для будущей работы в практическом здравоохранении ОРГЗДРАВ: новости, мнения, обучения. Вестник ВШОУЗ. 2022. Т. 8. № 1 (27). С. 75-81.

7. Романов С.В., Абаева О.П. Проблемы органного донорства и трансплантации в русскоязычных социальных сетях. Социология медицины. 2019. Т. 18. № 1. С. 24-27.

8. Павлов С.В., Абаева О.П. Социология медицины: тенденции и векторы развития. Социология медицины. 2019. Т. 18. № 2. С. 128.

## СОВРЕМЕННЫЙ ПОДХОД К РЕАБИЛИТАЦИИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ СПОРТСМЕНОВ ПОСЛЕ ПЛАСТИКИ ПЕРЕДНЕЙ КРЕСТООБРАЗНОЙ СВЯЗКИ КОЛЕННОГО СУСТАВА. НЕОБХОДИМОСТЬ УЧЕТА РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ И ИНДИВИДУАЛЬНОГО ПОДХОДА ДЛЯ КАЧЕСТВЕННОГО ВОЗВРАТА В СПОРТ

М.Н. Величко, Е.О. Храброва, А.В. Штурмин,  
Е.В. Лукашик

*ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, г. Москва*

**Введение.** Профессиональный спорт является значительным фактором риска травм опорно-двигательного аппарата. По некоторым данным за трехлетний период травмируется 9 из 10 спортсменов [1]. В определенных видах спорта, например, горных лыжах, частота травм составляет до 36,7 на 100 спортсменов за сезон [2]. Частота встречаемости травм различных областей тела и определенных структур варьируется в зависимости от вида спорта. Одной из самых часто-повреждаемых областей является коленный сустав. Например, риск разрыва только одной передней крестообразной связки (далее “ПКС”) коленного сустава среди спортсменов может составлять 2,8% [3]. Возврат же к соревновательной активности после хирургического лечения подобной травмы колеблется от 49 до 92% [4]. Соответственно возврат к спортивному уровню до травмы еще более низкий. Повторный разрыв ПКС происходит в 9,6-25% случаев [4].

**Основная часть.** Согласно результатам первого Всемирного Конгресса Физической Терапии в Спорте было определено само понятие безопасного возврата в спорт, обсуждались модели стратегической оценки рисков, а также необходимость учета биопсихо-социальных факторов для коррекции восстановительного процесса, что нашло отражение в соответствующей работе [5]. Важным постулатом являлся тот факт, что решение о возврате в спорт не должно приниматься изолированно по окончании временного срока реабилитации: то есть должны учитываться разные факторы, специфика спорта и спортсмена, а также решение должно быть коллегиальным.

Важно отметить такие находки авторов как повышенный в 4 раза риск повторной травмы ПКС у спортсменов, которые выходят в спорт без соблюдения критериев допуска, включающих кластер функциональных, силовых и др. тестов. [6]. Логерштед и соавт. [7] обнаружили повышенный риск (в 3,9 раз) повторной травмы ПКС у представителей видов спорта, где часто встречаются резкие смены направления движения. Согласно работе Гриндема и соавт. [8], возврат в спорт должен осуществляться в срок не ранее чем через 9 месяцев после операции. Перечисленные и многие другие важные факторы должны

находить свое отражение в процессе восстановления спортсменов с травмой ПКС для успешного и качественного возврата в спорт.

На настоящий момент существуют различные зарубежные гайдлайны по реабилитации после пластики ПКС [7]. Не существует единого мнения и относительно критериев возврата к соревновательной активности, подкрепленных достаточной научно-статистической базой [9]. Российские же клинические рекомендации касательно реабилитации после реконструкции ПКС (Ассоциации травматологов-ортопедов России и Союза Реабилитологов России) являются спорными и зачастую не находят отражение в современной клинической практике.

**Заключение.** Таким образом, определение наиболее значимых аспектов в современной реабилитации спортсменов после пластики ПКС является актуальной задачей врачебного сообщества. На качественный возврат в спорт после хирургического лечения разрыва ПКС влияет множество факторов. Наиболее значимые из них это: выполнение критериев допуска как для соревновательной нагрузки, так и для промежуточных этапов реабилитации; учет особенностей хирургического вмешательства, сопутствующего повреждения других структур коленного сустава и их лечения; учет фактора времени и сроков биологического заживления тканей; учет специфики спорта и индивидуальных особенностей спортсмена, его психологическую готовность; работа в связке хирург-реабилитолог-тренер-спортсмен. Все это нас подводит к тому, что процесс реабилитации должен быть максимально персонифицирован.

**Список использованных источников:**

1. Stanek, Aleksandra & Berwecki, Arkadiusz & Stanek, Paulina. Types and frequency of the injuries and their preventive treatment in some combat sports. 2017. *Physical Activity Review*. 5. 60-73.
2. Tarka MC, Davey A, Lonza GC, O'Brien CM, Delaney JP, Endres NK. Alpine Ski Racing Injuries. *Sports Health*. 2019 May/June;11(3):265-271.
3. Montalvo AM, Schneider DK, Yut L, Webster KE, Beynonn B, Kocher MS, Myer GD. "What's my risk of sustaining an ACL injury while playing sports?" A systematic review with meta-analysis. *Br J Sports Med*. 2019 Aug;53(16):1003-1012.
4. Mayer SW, Queen RM, Taylor D, Moorman CT 3rd, Toth AP, Garrett WE Jr, Butler RJ. Functional Testing Differences in Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Patients Released Versus Not Released to Return to Sport. *Am J Sports Med*. 2015 Jul;43(7):1648-55.
5. Ardern CL, Glasgow P, Schneiders A, Witvrouw E, Clarsen B, Cools A, Gojanovic B, Griffin S, Khan KM, Moksnes H, Mutch SA, Phillips N, Reurink G, Sadler R, Silbernagel KG, Thorborg K, Wangenstein A, Wilk KE, Bizzini M. 2016 Consensus statement on return to sport from the First World Congress in Sports Physical Therapy, Bern. *Br J Sports Med*. 2016 Jul;50(14):853-64.

6. Kyritsis P, Bahr R, Landreau P, Miladi R, Witvrouw E. Likelihood of ACL graft rupture: not meeting six clinical discharge criteria before return to sport is associated with a four times greater risk of rupture. Br J Sports Med. 2016 Aug;50(15):946-51.

7. Logerstedt DS, Scalzitti D, Risberg MA, Engebretsen L, Webster KE, Feller J, Snyder-Mackler L, Axe MJ, McDonough CM. Knee Stability and Movement Coordination Impairments: Knee Ligament Sprain Revision 2017. J Orthop Sports Phys Ther. 2017 Nov;47(11):A1-A47.

8. Grindem H, Snyder-Mackler L, Moksnes H, Engebretsen L, Risberg MA. Simple decision rules can reduce reinjury risk by 84% after ACL reconstruction: the Delaware-Oslo ACL cohort study. Br J Sports Med. 2016 Jul;50(13):804-8.

9. Andrade R, Pereira R, van Cingel R, Staal JB, Espregueira-Mendes J. How should clinicians rehabilitate patients after ACL reconstruction? A systematic review of clinical practice guidelines (CPGs) with a focus on quality appraisal (AGREE II). Br J Sports Med. 2020 May;54(9):512-519.

## **СУБЪЕКТИВНОЕ ОТНОШЕНИЕ ПАЦИЕНТОВ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОПЕРАЦИИ ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИЯ ТАЗОБЕДРЕННОГО СУСТАВА (ПО МАТЕРИАЛАМ ДАННЫХ ИНТЕРНЕТ-ПЛАТФОРМ)**

Н.А. Худошин, И.А. Худошин

*ФБУЗ ИОМЦ ФМБА России, г. Нижний Новгород*

Тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава в настоящее время является наиболее широко распространённым высокотехнологичным медицинским вмешательством [1], выполняемым с целью улучшения качества жизни пациентов [2]. Вместе с тем, существует группа пациентов, у которых выполнение операции не позволило достичь ожидаемых результатов [1]. Важно отметить, что анализ субъективной оценки удовлетворенности пациентов оказанными медицинскими услугами представляет собой достаточно сложную проблему, требующую комплексного подхода [3], поскольку только проведение анкетного опроса не дает возможности исследователю получить полную информацию [4]. В связи с чем в настоящее время распространение получает выполнение контент-анализа информационного массива, собираемого на интернет-платформах [5].

**Целью** исследования стало проведение анализа удовлетворенности пациентов результатами операции тотального эндопротезирования тазобедренного сустава на основании информации в сети Интернет.

**Материалы и методы.** Исследование проводилось при помощи системы мониторинга средств массовой информации и соцмедиа «Медиалогия».

**Результаты исследования.** Общее количество сообщений в течение двух месяцев 2022 года составило 545, вовлеченность (число реакций пользователей на информацию) составила 2999, СМ индекс (интегральный показатель информационной активности) - 12115, что, по сравнению с аналогичными исследованиями интереса населения, свидетельствует о низкой актуальности темы [5]. Сообщения преимущественно создавались в социальных сетях (61,8%), на платформах средств массовой информации (15,6%) и в блогах (15,2%). Ведущими площадками выступили Одноклассники, YouTube и Facebook. Респондентами в 68,2% случаев были женщины, распределение по возрасту показало преимущественный интерес к теме исследования у лиц старших возрастных групп – от 40 до 60 лет (38,7%), старше 60 лет (32,2%), 25-39 лет (22,7%). Около половины (52,0%) авторов сообщений имели высшее образование.

Подавляющее большинство сообщений (93,0%) имело нейтральный характер и описывали организационные и клинические аспекты, связанные с выполнением операции и последующим выздоровлением. 3,85% сообщений имели тональность выраженного позитива от успеха лечения, а 3,12% – наоборот были вызваны негативными последствиями эндопротезирования тазобедренного сустава.

**Заключение.** Контент-анализ удовлетворенности пациентов результатами операции тотального эндопротезирования тазобедренного сустава показал нейтральное отношение респондентов к данной теме, что свидетельствует о том, что результаты операции совпадают с ожиданиями.

**Список использованных источников:**

1. Худошин Н.А., Абаева О.П., Романов С.В. Динамика качества жизни пациентов после тотального эндопротезирования тазобедренного сустава. Саратовский научно-медицинский журнал. 2021. Т. 17. № 4. С. 760-764.
2. Худошин Н.А., Абаева О.П., Романов С.В. Качество жизни пациентов после тотального эндопротезирования тазобедренного сустава (обзор литературы). Социология медицины. 2019. Т. 18. № 2. С. 106-109.
3. Павлов С.В., Абаева О.П. Социология медицины: тенденции и векторы развития. Социология медицины. 2019. Т. 18. № 2. С. 128.
4. Романов С.В., Дзюбак С.А., Абаева О.П. Пути повышения удовлетворенности пациентов при обслуживании в регистратуре поликлиники медицинской организации системы ФМБА России. Медицина экстремальных ситуаций. 2017. Т. 61. № 3. С. 47-50.
5. Романов С.В., Абаева О.П. Проблемы органного донорства и трансплантации в русскоязычных социальных сетях. Социология медицины. 2019. Т. 18. № 1. С. 24-27.

## **СПОСОБ УДАЛЕННОГО КОНТРОЛЯ ТРЕНИРОВОЧНЫХ И ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ НАГРУЗОК У СПОРТСМЕНОВ ВЫСОКОЙ КВАЛИФИКАЦИИ**

М.Н. Величко, А.В. Штурмин, Е.О. Храброва,  
А.В. Бодров

*ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, г. Москва*

### **Введение**

Данная работа посвящена оценке возможностей программного обеспечения смартфона (далее ПО) для удаленного контроля за реабилитационным процессом спортсменов. Представлен анализ литературы по данному вопросу и личный опыт авторов в создании приложения для мобильных устройств.

### **Цель**

Выполнение литературный обзор по теме удаленной реабилитации с помощью мобильных приложений. С учетом опыта, протестировать авторскую архитектуру программного обеспечения для контроля за восстановительным процессом профессиональных спортсменов и пациентов, активно занимающихся спортом.

### **Материалы и методы**

Проведен поиск статей в электронных базах данных MEDLINE, Embase, Scopus, Web of Science, eLibrary, Science Direct за период с 2012 по 2022 год, по ключевым фразам: Mobile applications for rehabilitation of athletes, smartphone applications for athlete rehab review article, rehabilitation application for smartphone in professional athletes review, athlete rehabilitation using application for smartphone. Согласно заданным условиям найдено 140 статей. Непосредственно изучаемому вопросу были посвящены 10 из них. В период с 06.01.2020 по 08.2022 выполнено тестирование работоспособности приложений Sportix и SportixPRO, установленных у 550 спортсменов и 146 инструкторов.

### **Результаты исследования**

Удаленный контроль за тренировками стал привычным методом в практике специалистов по реабилитации и фитнесу. В частности, методика уже рутинно применяется в практике врачей диетологов (анализ рациона спортсмена, обучение спортсменов правильному питанию, оценка состава тела) [1].

Мобильное приложение DoctUp® (Healing SAS, Шассье, Франция) было предоставлено 46 пациентам, проведена оценка степени приверженности с помощью мобильного приложения после реконструкции передней крестообразной связки в сочетании с сеансами физиотерапии в послеоперационном периоде (до 6 недель). В группе пациентов где пользовались приложением наблюдалась тенденция к уменьшению сгибательной контрактуры, уменьшению болевого синдрома, а также более ранней активизации четырехглавой мышцы бедра [2]. Использование приложения во время карантина по COVID-19 ограничило неблагоприятные последствия заочной реабилитации



пациентов. Результаты за 6 месяцев были аналогичны результатам амбулаторной очной реабилитации. Результаты исследования демонстрируют пользу удаленной реабилитации при помощи ПО после операции по реконструкции ПКС [3].

Систематический обзор подтвердил пользу использования приложений для смартфонов и носимых устройств после тотального эндопротезирования коленного сустава. Было отмечено, что коммерчески доступные приложения для смартфонов и носимые устройства помогают контролировать физическую активность и увеличивают вовлеченность пациентов после тотального эндопротезирования коленного сустава. Пошаговые цели, платформы взаимодействия с пациентами на основе приложений и конкретные критерии восстановления для пациента, могут повысить эффективность [4].

Исследование Dittrich F. и соавт. посвящено анализу программ реабилитации на основе приложения «mobile health» (mHealth) у пациентов с повреждением связок голеностопного сустава. Авторами обсуждаются наиболее частые проблемы, возникающие в процессе разработки медицинского приложения, а также связанные с этим риски. Полученные данные продемонстрировали, что программы реабилитации на основе mHealth являются полезным инструментом обучения пациентов и анализа данных. Достигнутые (пользовательские) оценки MARS-G подтверждают высокое качество протестированного приложения [5]. Muhammad Tariq Rafiq и соавт. изучали эффективность протокола реабилитации нижних конечностей с использованием приложения «mHealth» в отношении боли в колене, подвижности, функциональной активности у пациентов с остеоартритом коленного сустава с избыточным весом и ожирением. Они пришли к выводам, которые подтверждают уменьшение боли в колене, улучшение подвижности, увеличение функциональной активности среди пациентов, которые использовали данное приложение, по сравнению с теми пациентами кто его не использовал [6].

Приложения для мультимодальной предоперационной реабилитации перед серьезными операциями также продемонстрировало удобство использования и потенциальную пользу в снижении предоперационных рисков [7].

Было проведено рандомизированное исследование с 2-летним наблюдением для оценки эффективности реабилитации на основе приложения «GenuSport» пациентов после тотальной артропластики коленного сустава. В краткосрочной перспективе различия между пациентами которые использовали приложение и контрольной группой в тесте 10 метровой ходьбы оказались значительными. Кроме того, пациенты, которые использовали приложение нуждались в меньшем количестве обезболивающих [8]

Была проведена оценка влияния приложения для смартфона на соблюдение выполнения упражнений, увеличение объема движений по сравнению со стандартной реабилитацией после восстановления сухожилий сгибателей пальцев кисти. Результатом данного исследования является отсутствие улучшений в увеличении диапазона движений и приверженности по сравнению со стандартной реабилитацией. [9] Отсутствие разницы в

реабилитации при помощи приложения в сравнении с очной реабилитацией не является плохим результатом.

В то время как универсальный гониометр является наиболее часто используемым клиническим инструментом для измерения амплитуды движений в суставах, развитие технологий и приложений для смартфонов предоставляет специалисту больше возможностей для измерения. Согласно систематическому обзору Justin W L Keogh и соавт. [10] допустимо использовать смартфоны с установленными на них приложениями в качестве гониометра.

Доступ к опытным тренерам и инструкторам, особенно для граждан отдаленных регионов нашей страны может быть ограничен. В связи с этим, представляется целесообразным создание электронной платформы для тренеров и фитнес-инструкторов, к которой будет иметь доступ любой обладатель смартфона или компьютера. Платформа должна содержать одобренную экспертами в сфере спорта и медицины информацию о построении тренировок в различных видах спорта с комментариями профессиональных спортсменов. С учетом геополитической обстановки программное обеспечение должно быть российским.

Проанализировав рынок мобильных приложений для спорта и реабилитации, а также используя опыт зарубежных коллег, мы разработали приложение «Sportix». Через приложение инструкторы могут общаться со спортсменами и оперативно изменять программу реабилитации, делать ее максимально индивидуальной. Приложение не является изделием медицинского назначения и не заменяет очные консультации и занятия. Его роль вспомогательная и контролирующая. Основная задача на данном этапе разработки снизить риск перегрузок. За все время проведения тестирования приложения с 06.01.2020 по 01.08.2022 было зафиксировано лишь 51 сбой в работе приложения. После устранения ошибок в 2020г. сбои не фиксировались. В ближайшее время будет вестись тестирование работоспособности предложенной архитектуры программного обеспечения для контроля за восстановительным процессом профессиональных спортсменов и пациентов, активно занимающихся спортом.

### **Выводы**

Обзор литературы демонстрирует потенциальные преимущества использования программного обеспечения для удаленной реабилитации и наблюдения за пациентами. Наше приложение разработано с учетом имеющихся наработок и предложенная архитектура позволяет работать без сбоев. Для оценки эффективности приложения и записанных курсов в плане снижения количества перегрузок требуются дальнейшие исследования.

### **Список использованных источников:**

1. Peart, D. J., Briggs, M. A., & Shaw, M. P. (2022). Mobile applications for the sport and exercise nutritionist: a narrative review. *BMC sports science, medicine & rehabilitation*, 14(1), 30. <https://doi.org/10.1186/s13102-022-00419-z>.

2. Foissey, C., Thauinat, M., Bondoux, L., Sonnery-Cottet, B., & Fayard, J. M. (2021). Self-Rehabilitation Guided by a Mobile Application After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Leads to Improved Early Motion and Less Pain. *Arthroscopy, sports medicine, and rehabilitation*, 3(5), e1457–e1464. <https://doi.org/10.1016/j.asmr.2021.07.007>.
3. Bauwens, P. H., Fayard, J. M., Tatar, M., Abid, H., Freychet, B., Sonnery-Cottet, B., & Thauinat, M. (2022). Evaluation of a Smartphone Application for Self-Rehabilitation after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction during a COVID-19 Lockdown. *Orthopaedics & traumatology, surgery & research : OTSR*, 103342. Advance online publication. <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2022.103342>.
4. Constantinescu, D., Pavlis, W., Rizzo, M., Vanden Berge, D., Barnhill, S., & Hernandez, V. H. (2022). The role of commercially available smartphone apps and wearable devices in monitoring patients after total knee arthroplasty: a systematic review. *EFORT open reviews*, 7(7), 481–490. <https://doi.org/10.1530/EOR-21-0115>.
5. Dittrich, F., Back, D. A., Harren, A. K., Jäger, M., Landgraaber, S., Reinecke, F., & Beck, S. (2020). A Possible Mobile Health Solution in Orthopedics and Trauma Surgery: Development Protocol and User Evaluation of the Ankle Joint App. *JMIR mHealth and uHealth*, 8(2), e16403. <https://doi.org/10.2196/16403>.
6. Muhammad Tariq Rafiq, Abdul Hamid, M. S., & Hafiz, E. (2021). The effect of rehabilitation protocol using mobile health in overweight and obese patients with knee osteoarthritis: a clinical trial. *Advances in rheumatology (London, England)*, 61(1), 63. <https://doi.org/10.1186/s42358-021-00221-4>.
7. Miriam van der Velde, Valkenet, K., Geleijn, E., Kruisselbrink, M., Marsman, M., Janssen, L. M., Ruurda, J. P., van der Peet, D. L., Aarden, J. J., Veenhof, C., & van der Leeden, M. (2021). Usability and Preliminary Effectiveness of a Preoperative mHealth App for People Undergoing Major Surgery: Pilot Randomized Controlled Trial. *JMIR mHealth and uHealth*, 9(1), e23402. <https://doi.org/10.2196/23402>.
8. Bäcker, H. C., Wu, C. H., Schulz, M., Weber-Spickschen, T. S., Perka, C., & Hardt, S. (2021). App-based rehabilitation program after total knee arthroplasty: a randomized controlled trial. *Archives of orthopaedic and trauma surgery*, 141(9), 1575–1582. <https://doi.org/10.1007/s00402-021-03789-0>.
9. Svingen, J., Rosengren, J., Turesson, C., & Arner, M. (2021). A smartphone application to facilitate adherence to home-based exercise after flexor tendon repair: A randomised controlled trial. *Clinical rehabilitation*, 35 (2), 266-275. <https://doi.org/10.1177/0269215520962287>.
10. Keogh, J., Cox, A., Anderson, S., Liew, B., Olsen, A., Schram, B., & Furness, J. (2019). Reliability and validity of clinically accessible smartphone applications to measure joint range of motion: A systematic review. *PloS one*, 14(5), e0215806. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0215806>.