УТВЕРЖДАЮ
Директор ФГУП Южно-Уральский
институт биофизики
ФМБА России
кандидат биологических наук
_____ С.А. Романов
«20» декабря 2016 г.

М.П.

ОТЗЫВ

ведущей организации – Федеральное государственное унитарное предприятие Южно-Уральский институт биофизики Федерального медико-биологического агентства России – на диссертационную работу Тимофеева Юрия Сергеевича «Гармонизация результатов ЭПР-дозиметрии зубной эмали жителей прибрежных районов реки Теча», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.26.02 – безопасность в чрезвычайных ситуациях
(ядерный топливно-энергетический комплекс)

Диссертация Ю.С. Тимофеева представляет собой печатную рукопись объёмом 114 страниц, состоящую из введения, обзора литературы (глава 1), материалов и методов (глава 2), трех глав собственных исследований (главы 3-5), выводов, списка литературы, включающего 100 источников, и приложения. Работа иллюстрирована 21 рисунком, содержит 19 таблиц.

Диссертационная работа посвящена проблеме радиационной безопасности населения, проживающего вблизи действующих предприятий ядерного топливно-энергетического комплекса, в связи с чем автором решается комплексная задача дозиметрической поддержки ретроспективных исследований отдаленных последствий облучения населения, проживающего на прибрежных территориях р. Теча, загрязненной жидкими радиоактивными отходами ПО “Маяк” в 1949-1956 годах.

В структуре дозиметрических исследований на р. Теча важную роль играет метод ЭПР дозиметрии зубной эмали, который позволяет ретроспективно оценить индивидуальные дозы внешнего гамма-излучения при неконтролируемых радиационных ситуациях.

Актуальность работы обусловлена тем, что многолетние системные исследования с привлечением различных организаций-партнеров, осуществляющих ЭПР измерения, требуют, в конечном итоге, гармонизации накопленного экспериментального материала. Основная проблема гармонизации ЭПР измерений состоит в том, что для этого метода, как и для методов биодозиметрии, не существует метрологического стандарта. Проводимые межлабораторные сравнения позволяют находить систематические различия результатов измерений друг относительно друга, но не относительно стандартизованного значения.

В рамках диссертационной работы предложен подход, позволяющий рассчитать систематические погрешности для различных методов, применявшихся в исследованиях на р. Теча, используя дозу от естественного радиационного фона в эмали зубов. Необходимым этапом в интерпретации ЭПР измерений является также оценка неопределенности реконструированных антропогенных доз, включая погрешность измерений и неисключенную систематическую погрешность, которые связаны с индивидуальной вариабельностью радиационной чувствительности эмали зубов, вариабельностью доз от радиационного фона и возможными дополнительными источниками облучения.

Основные научные результаты, полученные автором, заключаются в следующем:

1. Предложена универсальная схема по оценке показателей качества различных ЭПР методик, используемых разными лабораториями, которая реализована в компьютерной программе, зарегистрированной в госреестре программ ЭВМ.
2. Предложен метод по оценке параметров фонового распределения доз для жителей Уральского региона, согласно которому среднегодовое фоновое облучение лиц изучаемой когорты составляет 1 мГр/год, что согласуется с оценками других авторов.
3. Проведена гармонизация результатов ЭПР измерений образцов зубной эмали жителей прибрежных районов реки Теча, полученных в разных лабораториях. Анализ полученных данных показал, что средние антропогенные дозы облучения эмали зубов жителей, проживающих в районах среднего и нижнего течения, сопоставимы с дозами от естественного радиационного фона (~ 60 мГр). Для жителей верховьев реки средние дозы были на порядок выше. При этом, исключение систематической погрешности позволило избежать переоценки доз.

Новизна исследований состоит не только в том, что разработан алгоритм для оценки показателей качества ЭПР методик при измерении доз в эмали зубов человека, но и впервые с помощью статистического метода реконструировано распределение фоновых доз по экспериментальным данным ЭПР измерений эмали зубов близких к пределу детектирования. Впервые проведен анализ гармонизированных данных ЭПР измерений сельских жителей прибрежных районов реки Теча.

ФГУП Южно-Уральский институт биофизики ФМБА России последние пять лет проводит ретроспективные ЭПР дозиметрические исследования эмали зубов работников ПО «Маяк» и населения г. Озерск, при этом измерения образцов зубной эмали проводятся специалистами различных лабораторий, оснащенных ЭПР оборудованием, в частности и тех, которые упоминаются в диссертационной работе: HMGU (Мюнхен, Германия), ISS (Рим, Италия) и IMP (Институт Физики Металлов, Екатеринбург, Россия). Поэтому методология гармонизации результатов измерений представляет практический интерес и для наших исследований.

Практическая значимость диссертационной работы Тимофеева Ю. С. заключается в том, что предложен единый алгоритм для оценки показателей

качества методики ЭПР дозиметрии, который реализован в компьютерной программе. Доступная в использовании компьютерная программа будет способствовать широкому распространению предложенного алгоритма среди ЭПР лабораторий. Предложен подход к реконструкции распределения фоновых доз по измерениям близким к пределам детектирования ЭПР методик. Полученные результаты используются для валидации Дозиметрической Системы Реки Теча и могут быть использованы в ЭПР-дозиметрических исследованиях других популяций.

При прочтении работы возникли следующие **замечания и вопросы:**

- В литературном обзоре в главе 1.8 «Дозы от фонового облучения для жителей Уральского региона» автор указывает, что помимо естественного радиационного фона, человек подвергается воздействию ионизирующей радиации при прохождении медицинских обследований. Однако, никакой информации по оценке медицинских доз не приводится, хотя сотрудниками УНПЦРМ создан регистр рентгенодиагностических процедур, проведена работа по реконструкции и анализу уровней медицинского облучения для лиц из когорты реки Теча, и полученные результаты широко используются при анализе радиационного риска исследуемой когорты и учета данного источника дополнительного облучения. Есть опубликованные данные по оценке вклада медицинского диагностического облучения в поглощенную дозу в зубной эмали на примере работников ПО «Маяк», о которых тоже не упоминается.
- В разделе «Дозиметрическая система реки Теча» литературного обзора приводятся различные подходы к валидации системы: термолюминесценция, ЭПР на эмали зубов, цитогенетические методы. Если электронный парамагнитный резонанс подробно представлен в диссертации, на цитогенетические методы даны ссылки на литературу, то термолюминесценция остается без ссылок и краткого описания метода, не отмечены преимущества/недостатки ЭПР подхода в сравнении с остальными методами валидации. Какие ещё существуют способы валидации Дозиметрической Системы Реки Теча?
- В разделе «Анализ экспериментальных данных» на рисунке 4 стр.62 параметры линейной регрессии даны без стандартных ошибок, поэтому не совсем ясно насколько статистически значимо найденное уравнение регрессии (аналогичное замечание к регрессионным кривым и по рисунку 16 стр.77).
- В главе 3 при описании программы на стр.69 сказано, что моделирование нормальной случайной величины проводилось с помощью преобразования Бокса-Мюллера, но ранее в главе 2 в разделе «Анализ универсальности аналитической модели» для моделирования нормальной случайной величины использовалась другая формула. Почему?
- Использовалась ли разработанная Вами компьютерная программа в других лабораториях?
- Используются ли в Вашей программе сторонние библиотеки для статистического анализа? Или все необходимые функции реализованы Вами лично?

- В главе 4 «Разделение фоновых и техногенных доз» предлагается подход к реконструкции распределения фоновых доз по ЭПР измерениям необлученных образцов и отмечается, что такие измерения сильно зашумлены, и полученные дозы находятся около пределов детектирования ЭПР методик. Как сильно могут быть зашумлены данные при использовании предложенного Вами метода?
- В разделе 4.3 «Оценка параметров модели» приводится сложная для аналитического решения система уравнений, которая решалась численно в пакете «Mathematica». Какими преимуществами обусловлено использование данного математического пакета?
- В главе 5 описывается метод гармонизации данных, в котором результаты ЭПР измерений были поправлены на систематическую ошибку. Предложенный способ гармонизации кажется неполным и может быть усовершенствован, например, учитывая неопределенность каждой оценки индивидуальной дозы за счет характеристик поля излучения. Планирует ли автор продолжить работу в этом направлении?

Отмеченные недостатки не снижают практическую значимость работы в целом. Замечания носят рекомендательный характер и могут быть учтены автором в дальнейших публикациях по теме исследований.

Таким образом, диссертация Тимофеева Юрия Сергеевича является научно-квалификационной работой, в которой решается несколько актуальных проблем биодозиметрии: предложен единый алгоритм для определения показателей качества ЭПР методик, предложен подход для реконструкции распределения фоновых доз из сильно зашумленных данных (близких к пределу детектирования) и проведена гармонизация результатов ЭПР дозиметрии зубной эмали жителей прибрежных районов реки Теча. Новые научные результаты, полученные диссертантом, имеют существенное значение для практики. Полученные автором выводы достаточно обоснованы.

Работа отвечает требованиям положения «О порядке присуждения учёных степеней», утверждённого Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ему искомой степени кандидата технических наук по специальности 05.26.02 – безопасность в чрезвычайных ситуациях (ядерный топливно-энергетический комплекс).

Отзыв обсужден на заседании ученого совета Южно-Уральского института биофизики 20 декабря 2016 г., протокол № 11.

Составитель отзыва
Старший научный сотрудник
ФГУП ЮУрИБФ, кандидат биологических наук Е.Е. Аладова

Подпись Елены Евгеньевны Аладовой заверяю

начальник группы учета кадров С.Ю. Круглова