

ОТЗЫВ

Официального оппонента, доктора биологических наук (специальность 03.01.01 радиобиология), профессора, заведующего лабораторией медико-экологической дозиметрии и радиационной безопасности Медицинский радиологического научного центра им. А.Ф. Пыба – филиал Федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Степаненко Валерия Федоровича, на диссертацию Чиждова Константина Алексеевича «Обеспечение мониторинга доз внешнего облучения персонала с помощью информационно-аналитических систем», представленной на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 03.01.01 — радиобиология.

Актуальность избранной темы диссертации

Диссертационная работа Чиждова Константина Алексеевича посвящена вопросам обеспечения радиационной безопасности персонала при реабилитации радиационно опасных объектов на примере отделения гудба Андреева Северо-Западного центра по обращению с радиоактивными отходами «СевРАО» (отделение гудба Андреева СЗЦ «СевРАО») и без сомнения актуальна. В шестидесятые годы прошлого столетия на Северо-западе России на Кольском полуострове в гудбе Андреева и посёлке Гремиха на берегу Баренцева моря были созданы две технические базы Северного Флота. Они были предназначены для обслуживания атомных подводных лодок, осуществляя прием и хранение радиоактивных отходов и отработавшего ядерного топлива. После завершения активной эксплуатации объектов по обслуживанию атомного флота бывшего СССР наступил процесс деградации их инфраструктуры, который привел к радиоактивному загрязнению отдельных участков территории. Вопросы экологической реабилитации ядерного наследия вследствие высокой активности в местах базирования АПЛ – крайне важная проблема для России и прилегающих государств. В 2002 году, на момент начала работ по реабилитации, практически все здания и сооружения объекта были аварийными, находились в процессе деградации и являлись источниками загрязнения окружающей среды. Реабилитация объекта продолжается и в настоящее время, создаётся соответствующая инфраструктура для вывоза отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) и радиоактивных отходов (РАО).

С учетом современных рекомендаций МКРЗ и стандартов безопасности МАГАТЭ, работы в условиях фактической или потенциальной радиационной опасности при проведении восстановительных мероприятий должны планироваться и осуществляться на основании принципов обоснования и оптимизации для предотвращения необоснованного облучения персонала и населения. В основе диссертационного исследования лежит научно-исследовательская работа по разработке методов оптимизации радиационной безопасности персонала в ходе проведения реабилитационных работ и их практической реализации в виде компьютерных программ.

К.А. Чиждовым приведён обзор научной литературы о современном состоянии исследований в области разработки информационно-аналитических систем по радиационной безопасности персонала (ИАС РБП). Проведён анализ документов, нормативов и государственных стандартов по разрабатываемой теме. Систематизируя данные научной литературы, автор обосновал целесообразность применения

ДАТА	28.08.2018
КОЛ-ВО ЛИСТОВ	7
Ф. И. О. П. ОМЦ	
ИМ. А.И. БУДНИКОВ ФГБУН, ФОРСНИ	

информационно-аналитических систем в виде компьютерных программ в практике работы предприятий. К.А. Чижовым предложены принципы построения информационно-аналитических систем по радиационной безопасности персонала для их применения в реальных условиях работы на предприятии.

Степень обоснованности научных положений

Тщательное изучение и анализ отечественной и зарубежной литературы (всего 145 источников) позволили автору диссертации получить объективное представление о состоянии изучаемой проблемы, определить цель, задачи и методы исследования.

Для построения карт РО по данным радиационного контроля и мониторинга использованы методы нелинейной интерполяции данных (Демьянов, 2010), для построения карт плотности поверхностного радиоактивного загрязнения – алгоритм численного решения уравнения Фредгольма 1-го рода методом регуляризации Тихонова (Тихонов, 1965). Оценка неопределённости полученных карт РО и доз облучения, выражена через величину геометрического стандартного отклонения (ГСО) в соответствии с методологией RADRUE (Kryuchkov, 2009). Метод минимизации доз внешнего облучения персонала при передвижении по загрязнённой территории разработан на основе теории графов (Харари, 1973), оценка неопределённости выполнена с применением теории печётких множеств (Chuang, 2005). Для анализа динамики РО использовался метод декомпозиции временных рядов процедурой сезонно трендовой декомпозиции на основе локальных полиномиальных регрессий (Cleveland, 1990). Приведённые методы и алгоритмы реализованы в виде компьютерных программ на современных языках программирования. Для планирования работ по обращению с РАО и ОЯТ с применением технологии динамического трёхмерного моделирования сценариев в виртуальной среде использована компьютерная программа Andreeva Planner (Szyk, 2014).

Научные положения, выносимые на защиту, достаточно обоснованы и четко сформулированы. Выводы полностью соответствуют сформулированным задачам.

Достоверность исследования и научная новизна

Достоверность полученных результатов обусловлена корректным использованием математического аппарата, адекватностью разработанных методов, которые подтверждены результатами сравнений расчётов и компьютерных программах с данными инструментальной дозиметрии сотрудников отделения губа Андреева СЗЦ «СевРАО».

Полученные автором данные обладают высокой степенью научной новизны и представляют важный научный и практический вклад в области радиационной безопасности персонала при проведении ликвидационных и реабилитационных работ на объектах ядерного наследия.

Научная новизна исследования заключается в разработке метода оптимальной локализации точек радиационного контроля и мониторинга, поиском локальных максимумов градиента грида радиационной обстановки и кросс-валидацией для ситуаций существующего облучения, построена тепловая карта распределения коллективной дозы по маршрутам передвижения персонала путём фрагментации маршрутов на элементарные ячейки с определённой дозой облучения, разработан метод минимизации доз внешнего облучения персонала путём нахождения оптимальных маршрутов передвижения персонала. Впервые применение метода декомпозиции временных рядов для анализа

радиационной обстановки позволило выявить трендовую, сезонную и остаточную компоненты временного ряда интеграла МАЭД. На основании анализа существующих методов построения карт плотности поверхностного радиоактивного загрязнения в рабочих помещениях и на промышленной площадке радиационно опасного объекта по результатам измерений МАЭД обоснован оптимальный выбор решения уравнения Фредгольма 1-го рода методом регуляризации Тихонова. Разработана процедура оптимизации радиационной защиты персонала при обращении с РАО и ОЯТ путём динамического трёхмерного моделирования радиационной обстановки в виртуальной среде.

Значимость для науки и практики

Работа выполнена на современном научном уровне. Результаты диссертационного исследования применены при оптимизации радиационного контроля и мониторинга, минимизации доз облучения персонала в Центре по обращению с радиоактивными отходами – отделении губа Андреева Северо-Западного центра по обращению с радиоактивными отходами «СевРАО» – филиале Федерального государственного унитарного предприятия «Предприятие по обращению с радиоактивными отходами «РосРАО».

По результатам, полученным автором лично, проведенных самостоятельно экспериментов, анализа литературных данных разработано и зарегистрировано компьютерное программное обеспечение Rockville (сертификат соответствия ГОСТ Р № 0629667), EasyRAD (сертификат соответствия ГОСТ Р № 1564318) и Andreeva Planner внедрено в отделение губа Андреева СЗЦ «СевРАО», применены при оптимизации радиационного контроля и мониторинга, минимизации доз облучения персонала при проведении работ в рамках Российско-Норвежского сотрудничества на объектах ядерного наследия в Северо-Западном регионе России. Разработанные методы и процедуры, полученные в рамках работы над диссертацией, вошли в методические указания МУ 2.6.5.054–2017 «Оптимизация радиационной защиты персонала предприятий ГК «Росатом» и применяются в работе Аварийного медицинского радиационно-дозиметрического центра ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России. Программное обеспечение Rockville использовалось в эпидемиологических исследованиях Национального института рака, США.

Автором диссертации разработаны оригинальные аналитические методы для решения задач обеспечения мониторинга радиационной обстановки и обеспечения радиационной безопасности персонала. Ценность диссертационной работы состоит в том, что автор не только разработал данные методы, но и реализовал их в виде компьютерных программ, которые применяются при оптимизации радиационного контроля и мониторинга, минимизации доз облучения персонала при проведении работ на объекте ядерного наследия в Северо-Западном регионе России – отделении губа Андреева СЗЦ «СевРАО».

Разработанные методы позволяют проводить комплексную реабилитацию радиационно опасного объекта. Их применение особенно важно на тех объектах, где дозы облучения, получаемые персоналом, близки к установленным пределам доз либо референтным уровням. Это соответствует областям исследования «Принципы и методы радиационного мониторинга. Проблемы радиационной безопасности» и «Последствия

ядерных катастроф. Синдром Чернобыля. Радиэкология» формулы специальности 03.01.01 – «Радиобиология».

Метод оптимальной локализации точек радиационного контроля и мониторинга позволяет получать карты радиационной обстановки с приемлемой точностью, что ведёт к более точной оценке доз внешнего облучения персонала при планировании радиационно опасных работ.

Тепловая карта распределения коллективной дозы персонала, полученная фрагментацией маршрутов на элементарные ячейки с определенной дозой облучения, позволяет находить участки, вносящие максимальный вклад в коллективную дозу.

Метод минимизации доз внешнего облучения, основанный на теории графов, позволяет выявить оптимальные маршруты передвижения персонала на реабилитируемой территории.

Разработанная процедура оптимизации радиационной защиты персонала при обращении с РАО и ОЯТ, основанная на технологии динамического трёхмерного моделирования радиационной обстановки в виртуальной среде, позволяет проводить тренировку персонала перед началом, что вносит значительный вклад в минимизацию доз облучения и повышает эффективность планирования работ.

Таким образом, в исследовании применены современные математические методы обработки данных, соответствующие поставленным задачам, а их корректность подтверждена экспериментальной проверкой.

Достоинства и недостатки в содержании и оформлении диссертации

Работа построена в соответствии с требованиями, предъявляемыми к диссертациям на соискание ученой степени кандидата биологических наук. Диссертационная работа состоит из введения, шести глав, выводов, списка принятых сокращений, списка использованной литературы, трёх приложений. Основное содержание диссертации включает текст, 48 рисунков, 11 таблиц, 29 формул, общим объемом 145 страниц, включая титульный лист и приложения. Список литературы включает 145 библиографических ссылок, в том числе 72 – в отечественных изданиях и 73 – в зарубежных. Приложения занимают 9 страниц.

Во введении обоснована актуальность решаемой проблемы, дана характеристика научной новизны, обоснована практическая значимость работы, представлен личный вклад соискателя. Сформулированы цель и задачи исследования.

В первой главе диссертации приведён обзор научной литературы о современном состоянии исследований в области разработки информационно-аналитических систем по обеспечению радиационной безопасности персонала ИАС РБП. Достоинством данного раздела является широкий обзор публикаций по теме исследования и достаточно глубокая её проработка.

Во второй главе диссертации представлен объём, методология и методы исследования. Обосновано создание ИАС РБП и приведено решение 1-й и 2-й задач диссертации. Недостатком данного раздела является краткость описания базы данных радиационного контроля и мониторинга радиационной обстановки в отделении губа Андреева СЗЦ «СевРАО», по картинке сложно судить о полном функционале

разработанной системы. Во 2-й главе приведены методы, которые затем развиваются в последующих главах, однако это не совсем чётко сформулировано.

В главе 3 для ситуаций планируемого облучения разработан метод минимизации доз внешнего облучения персонала при передвижении по радиоактивно загрязнённой территории. Сформулированы и решены задачи минимизации доз внешнего облучения персонала, как в пределах существующей дорожной сети, так и с построением дополнительных дорог. Достоинство 3-й главы состоит в том, что помимо задачи поиска маршрута передвижения из одного пункта в другой по территории объекта с получением наименьшей дозы внешнего облучения, сформулированы и решены также нетривиальные задачи поиска маршрута обхода точек радиационного контроля и мониторинга с получением минимально возможной дозы внешнего облучения и поиска маршрута обхода всей дорожной сети с получением минимально возможной дозы внешнего облучения. Недостатком главы является то, для экспериментальной проверки выбран пример с достаточно малой дозой внешнего облучения персонала. Однако, применённый математический аппарат не вызывает сомнений в достоверности результата, и эффективности разработанного метода.

В главе 4 приведён детальный анализ динамики РО на промышленной площадке в губе Андреева за период с 01.07.2002 по 06.02.2016. В качестве обобщённого показателя для анализа был использован интеграл МАЭД на промышленной площадке, вычисляемый как объём под двумерной поверхностью карты РО, что показывает оригинальный подход автора. Для анализа был впервые применён метод сезонно-трендовой декомпозиции временного ряда интеграла, который позволил выявить трендовую, сезонную и остаточную компоненты временного ряда интеграла МАЭД на промышленной площадке отделения губа Андреева СЗЦ «СевРАО». В диссертации показано, что реабилитационные мероприятия, проводившиеся в период с 01.01.2009 по 06.02.2016 с применением разработанных в диссертации компьютерных программ, привели к снижению интеграла МАЭД в 7,6, при этом средняя индивидуальная доза внешнего облучения персонала за календарный год была снижена с 1,2 до 0,5 мЗв, а годовая коллективная доза – с 0,07 до 0,03 чел.Зв. Из недостатков можно выделить отсутствие анализа динамики с начала эксплуатации объекта, однако, скорее всего, эти данные либо отсутствуют, либо засекречены.

В главе 5 решена задача построения карты плотности поверхностного радиоактивного загрязнения (ППРЗ) в рабочих помещениях и на промышленной площадке радиационно опасного объекта по результатам измерений МАЭД. Решение задачи оригинально и позволяет применить сложные математические методы на высокопроизводительных компьютерах для решения задач обеспечения радиационной безопасности, дезактивации радиоактивно-загрязнённых территорий. Достоинством 5-й главы является валидация метода по спектрометрическим измерениям для реального случая – ручья, вытекавшего из здания 5 отделения губа Андреева СЗЦ «СевРАО». Интересно дальнейшее развитие метода и его применение для смеси радионуклидов.

В главе 6 предложена процедура оптимизации радиационной защиты персонала при обращении с РАО и ОЯТ, основанная на технологии динамического трёхмерного моделирования в компьютерной программе Andreeva Planner. Достоинством главы является то, что разработанная процедура вошла в методические указания МУ 2.6.5.054 2017 «Оптимизация радиационной защиты персонала предприятий ГК «Росатом». Указания как ограничения на использование компьютерной программы Andreeva Planner так и случаи её применения. Недостатком главы является наличие цветных рисунков, которые трудно понять в чёрно-белой печати.

Оценка личного вклада автора свидетельствует о непосредственном участии автора во всех этапах исследования: постановке цели, определении задач исследования, создании базы данных материалов исследования, выборе методов и процедур, проведении самого исследования и интерпретации его результатов.

Материалы исследования представлены в 15 опубликованных работах, из них – 5 статей в отечественных журналах списка ВАК, 3 статьи – в иностранном журнале, входящем в Scopus и Web of Science. Результаты работы докладывались и обсуждались на международных и российских конференциях.

Автореферат оформлен в соответствии с требованиями и отражает содержание диссертационной работы в полном объеме. Содержание автореферата и научных публикаций соответствует основным положениям диссертационной работы. Диссертация написана хорошим литературным языком и читается с интересом.

Принципиальных замечаний к диссертационной работе Чиждова К.А. нет. Имеется замечание технического характера – в оглавлении работы не указано название главы 6 диссертации. Однако это замечание не влияет на актуальность, ценность, научную и практическую значимость работы и может быть легко учтено автором.

В порядке обсуждения полученных результатов и даваемых автором рекомендаций хотелось бы получить ответы на следующие вопросы:

1. В какой мере результаты исследования могут быть применены к другим предприятиям ядерно-топливного цикла в Российской Федерации и за рубежом?
2. Возможно ли использование разработанной системы для обучения персонала перед выполнением радиационно опасных работ?
3. Возможно ли применение разработанной информационно-аналитической системы в случае радиационной аварии?
4. Возможно ли применение разработанного в 5-й главе метода для смеси радионуклидов?
5. Возможно ли применение метода, разработанного в 3-й главе для решения задачи об эффективной эвакуации населения в случае радиационной аварии?

6. Какие из разработанных методов следует внедрить в практику работы служб радиационной безопасности предприятий?

Заключение

Диссертационная работа Чижова Константина Алексеевича «Обеспечение мониторинга доз внешнего облучения персонала с помощью информационно-аналитических систем», представленная на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 03.01.01 - радиобиология, выполненная под руководством кандидата физико-математических наук, ведущего научного сотрудника Крючкова Виктора Петровича, является самостоятельной, законченной научно-квалификационной работой, содержащей решение важной радиобиологической задачи: обеспечение радиационной безопасности персонала при обращении с РАО и ОЯТ и развитие радиационного мониторинга и контроля радиационной обстановки с помощью информационно-аналитических систем. По актуальности, научной новизне, теоретической и практической значимости диссертация Чижова Константина Алексеевича полностью соответствует требованиям п.9 «Приложения о порядке присуждения учёных степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г., № 842 (в редакции Постановления Правительства РФ от 21.04.2016 г., № 335), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата биологических наук, а её автор заслуживает присуждения искомой степени кандидата биологических наук по специальности 03.01.01 – радиобиология.

Официальный оппонент

Доктор биологических наук (03.01.01 Радиобиология), профессор (03.01.01 Радиобиология), заведующий лабораторией медико-экологической дозиметрии и радиационной безопасности, Медицинский радиобиологический научный центр им. А.Ф. Цыба – филиал Федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации

В.Ф. Степаненко

«23» 08 2018 г.

Подпись доктора биологических, профессора Степаненко В.Ф. заверяю.

Ученый секретарь МРНЦ им. А.Ф. Цыба - филиал Федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации.
Кандидат биологических наук



Печенина Н. А.

«23» 08 2018 г.