
**УПРАВЛЕНИЕ В ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ
(ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ)
MANAGEMENT IN ORGANIZATIONAL SYSTEMS (TECHNICAL)**

УДК: 504.05:621.039.7

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ
ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ
И АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ ФОРМИРОВАНИЙ ПРИ АВАРИЯХ НА АЭС**

О. Г. ЗЕЙНЕТДИНОВА, П. В. ДАНИЛОВ

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
E-mail: zeinet@bk.ru

В статье рассмотрены основы оценки обстановки при авариях на радиационно-опасных объектах в рамках системы поддержки принятия решений с использованием предложенного программно-аппаратного комплекса в условиях необходимости принятия управленческих решений по обеспечению безопасности населения и аварийно-спасательных формирований.

Ключевые слова: радиация, радиационно-опасные объекты, источники радиации, оценка обстановки, радиационная обстановка, управление в ЧС.

**IMPROVING THE DECISION SUPPORT SYSTEM TO ENSURE THE SAFETY
OF THE PUBLIC AND EMERGENCY RESCUE TEAMS IN CASE OF ACCIDENTS
AT NUCLEAR POWER PLANTS**

O. G. ZEYNETDINOVA, P. V. DANILOV

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education
«Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation
for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Ivanovo
E-mail: zeinet@bk.ru

The article discusses the basics of assessing the situation in case of accidents at radiation-hazardous facilities within the framework of a decision support system using the proposed software and hardware complex in the context of the need to make managerial decisions to ensure the safety of the public and emergency rescue units.

Keywords: radiation, radiation hazardous objects, sources of radiation, assessment of the situation, radiation situation, emergency management.

Радиационные катастрофы на АЭС происходят сравнительно редко. За последние 20 лет на российских АЭС не зафиксировано ни одного серьезного нарушения безопасности, классифицируемого выше первого уровня по Международной шкале INES¹. Неуклонно сокращается число внеплановых отключений АЭС от сети и внеплановых остановок работы реакторов. Радиационный фон в районах расположения АЭС не превышает установленных

норм и соответствует природным значениям, характерным для соответствующих местностей. Тем не менее, «мирный» атом по-прежнему представляет значительную угрозу для населения и территорий [1]. Прецедентами для формирования аварийной ситуации на объектах ядерной энергетики могут быть нарушения технологического процесса (Чернобыльская АЭС), природные катастрофы (Фукусима-1). События, развивающиеся в период проведения

Зейнетдинова О. Г., Данилов П. В., 2025

¹ Госкорпорация «Росатом», ядерные технологии, атомная энергетика АЭС, ядерная медицина. Режим

доступа: <https://www.rosatom.ru/production/generation/>
(дата обращения 01.04.2025)

специальной военной операции так, что атомные электростанции могут подвергаться нападениям (Запорожская АЭС), служить объектами шантажа и террористической угрозы (Курская АЭС). Понимание ключевых аспектов комплексной оценки ситуации, возникающей вследствие аварии на радиационно-опасном объекте, приобретает фундаментальную значимость в контексте обеспечения безопасности гражданского населения, территориального пространства и специализированных аварийно-спасательных подразделений, потенциально подверженных воздействию радиологического загрязнения. Это обусловлено необходимостью эффективного принятия оперативных управленческих решений, направленных на разработку и реализацию комплексных мер противодействия распространению радиоактивных веществ и минимизации негативных последствий воздействия ионизирующего излучения на население и окружающую среду.

Исходя из концепции МАГАТЭ, а также с учетом российской нормативно-правовой базы обеспечение безопасности населения и территорий от угрозы радиационного заражения должно включать в себя несколько уровней: предотвращение нарушений технологического процесса и нормальной эксплуатации объекта энергетики, предотвращение проектных аварий системами безопасности, предотвращение за-проектных аварий, управление аварийным процессом и планирование противорадиационных мероприятий на территориях, подвергшихся радиоактивному загрязнению [2].

С целью планирования мероприятий по защите населения и территорий, которые повлияют на эффективность принятия решений по обеспечению безопасности населения, аварийно-спасательных формирований и территорий необходимо разграничение мероприятий по срочности их применения и, соответственно, для разделения зон ответственности структурных подразделений ведомств, участвующих в аварийно-спасательных работах, обеспечивающих порядок и органов власти.

Основной принцип зонирования территорий вокруг АЭС основан на регламентировании возможной дозы радиоактивного облучения персонала и населения относительно как всего организма в целом, так и наиболее чувствительных органов (щитовидная железа, костные ткани, репродуктивные органы).

В соответствии с требованиями МАГАТЭ² для АЭС, как объекта I категории

готовности к радиационной аварийной ситуации, при планировании разрабатываются три группы мероприятий в зависимости от срочности их реализации: неотложные, среднесрочные и иные меры реагирования. Среднесрочные защитные мероприятия, к которым относятся, например, отселение, долговременное ограничение употребления продуктов растениеводства и животноводства, не теряют своей актуальности от нескольких недель до нескольких месяцев. Иные меры реагирования (медицинские обследования и наблюдения, психологические консультации, меры устранения нерациональных последствий аварии) работают на долгосрочную перспективу. Аварийно-спасательные формирования МЧС России как правило привлекаются к этапу неотложных мероприятий по ликвидации последствий ЧС, реализация которых требует наиболее детального планирования и обдуманного подхода, так как он проходит в условиях жесточайшего дефицита времени. Это обусловлено тем, что неотложные защитные меры эффективны только при их незамедлительном (не более 10 суток) проведении [3]. При задержке их исполнения эффективность таких мероприятий сводится к нулю. К неотложным относятся мероприятия, весь спектр действий которых направлен на максимально возможное снижение радиоактивного облучения как персонала объекта, так и населения на прилегающих к АЭС территориях. Принципиальный подход к решению этого вопроса основывается на возможности снижения радиационной нагрузки, используя три основных фактора защиты: защита временем нахождения в радиоактивной зоне, защита расстоянием, защита с использованием средств индивидуальной защиты [4]. К основным неотложным мероприятиям относятся эвакуация, краткосрочное укрытие в защитных сооружениях, йодная профилактика. К вспомогательным способам относится применение медицинских препаратов [5].

Как показала практика проведения аварийно-спасательных работ на «Фукусима-1», необъективное планирование защитных мероприятий, когда фактические зоны необходимости принятия решений значительно превышали зоны, обозначенные при предварительных расчетах, значительно усложнило выполнение ряда задач³.

Овладение методиками моделирования и объективной оценки сложившейся оперативной обстановки в условиях радиационного

² Нормы безопасности МАГАТЭ. Общие требования безопасности № GSR part 7. Готовность и реагирование в случае ядерной или радиологической аварийной ситуации. – МАГАТЭ, Вена, 2016

³ Implementation of Defence in Depth at Nuclear Power Plants Lessons Learnt from the Fukushima Daiichi Accident. NEA, 2016; Авария на АЭС «Фукусима-Дайичи». Доклад Генерального директора. МАГАТЭ, Вена, 2015

риска является неотъемлемым компонентом профессиональной подготовки выпускников образовательных учреждений Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий. Формирование указанных компетенций целесообразно осуществлять посредством организации практических занятий в рамках учебных дисциплин, посвящённых изучению теоретико-методологических основ гражданской обороны, управления в чрезвычайных ситуациях, а также вопросов радиационной, химической и биологической защиты населения и территории. Для совершенствования образовательного процесса и возможности формирования навыков принятия

управленческих решений нами была разработана обучающая программа «Расчет зон принятия решений по защите населения при авариях на радиационно-опасных объектах» [6, 7].

Основным нормативным источником для формирования алгоритма по оценке радиационной обстановки при запроектных авариях на АЭС нами был принят Национальный стандарт РФ ГОСТ Р 22.2.11-2018 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Методика оценки радиационной обстановки при запроектной аварии на атомной станции» (утв. и введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 18 декабря 2018 г. № 1130-ст).

Рис. 1. Общий вид программы ЭВМ «Расчет зон принятия решений по защите населения при авариях на радиационно-опасных объектах»

Вышеуказанный нормативный документ определяет пороговые значения доз облучения, на основании которых формируются решения о применении мер радиационной защиты населения. Исходные данные для построения моделей радиационной обстановки включали следующие ключевые характеристики: тип используемого ядерного реактора, установленная тепловая мощность энергоблока, линейные координаты относительно центра зоны выброса (расстояние вдоль оси распространения радиоактивного шлейфа и поперечное отклонение от неё), определяющие положение расчётной точки поверхности Земли (координаты), а также вид вертикальной устойчивости атмосферы, характеризующий условия рассеивания радиоактивных частиц. Прогностическое моделирование осуществлялось на основании допущений о данных метеоусловий, соответствующих среднестатистическим климатическим параметрам

конкретного региона для заданного сезона и временного интервала суток.

Следует отметить, что методика оценки радиационной обстановки содержит все типы данных по реакторам РБМК и ВВЭР. До последнего времени это было весьма актуально, так как данные типы реакторов являются самыми распространенными не только в России, но и в мире. Из 37 энергоблоков, эксплуатируемых в России, 22 – это энергоблоки ВВЭР, 8 – энергоблоки РБМК. И если энергоблоки РБМК постепенно будут закрываться, то ВВЭР является весьма перспективным реактором. В настоящее время в России помимо представленных действуют 3 энергоблока с реакторами типа ЭГП-6; 2 энергоблока с реакторами на быстрых нейтронах с натриевым охлаждением (БН-600 и БН-800); 2 реакторные установки типа КЛТ-40С электрической мощностью по 35 МВт в составе плавучей атомной тепло-

электростанции (ПАТЭС)⁴. Данных, по крайней мере в открытом доступе, позволяющих планировать мероприятия в рамках аварийно-спасательных работ на стадии неотложных мероприятий при запроектных авариях на электростанциях с последней группой реакторов нет.

При разработке обучающей программы, позволяющей формировать исходные данные для планирования и реализации мероприятий по защите от радиационного поражения, мы ставили перед собой две группы задач.

К первой группе относятся все расчеты, позволяющие определить комплекс мер по защите населения, пребывающего на зараженной территории. При этом, наряду с тем, что программа определяет границы зон принятия решения по йодной профилактике и эвакуации различных категорий населения (взрослое население, дети, беременные женщины), мы ставили в качестве задачи и возможность обоснования данных мероприятий в конкретном населенном пункте на радиоактивно загрязненной территории. К защитным мероприятиям для населения прилегающих к АЭС территорий относится временное укрытие в защитных сооружениях. Мы считаем, что наряду с определением границ зоны, для каждого населенного пункта должны быть разработаны регламенты укрытия населения с определением типа используемых защитных сооружений, а также возможности временного укрытия в строениях с учетом коэффициента ослабления. Наряду с уровнем радиации в конкретной точке зараженной местности принципиальное значение для определения дозы имеет время нахождения в радиоактивной зоне до момента эвакуации, а также доза, полученная в ходе передвижения по зараженной местности. Данные параметры определяются рядом административных и технических факторов: логистикой, наличием и видом эвакуационного транспорта, очередностью эвакуации, временем в пути до безопасной зоны, выбором маршрутов эвакуации. Эти параметры должны дополнительно вводиться в программу.

Основным параметром, определяющим все последующие расчеты, является уровень радиации на открытой местности. В качестве эталонного мы принимали уровень радиации на 1 час после взрыва.

Стандартно снижение уровня радиации на зараженной территории описывается уравнением Вей-Вигнера [8]:

$$P_t = P_0 \left(\frac{t}{t_0} \right)^{-n},$$

где: P_t – искомый уровень радиации на время t ; P_0 – известный уровень радиации на время t_0 ; n – показатель спада уровня радиации.

В сравнении с зонированием территорий в районе ядерного взрыва, расчет параметров радиационной обстановки при запроектной аварии на АЭС имеет свои принципиальные особенности [7].

Прежде всего источником радиоактивного облучения является топливо, прошедшее определенные этапы распада. Наличие долгоживущих радиоактивных элементов определяет длительность радиоактивного заражения территорий [9].

Коэффициент снижения мощности радиоактивного излучения представляет собой переменную величину, зависящую как от конструктивных особенностей реакторной установки, так и продолжительности её эксплуатации. В частности, при возникновении аварийных ситуаций, сопровождающихся разрушением активной зоны ядерных энергетических установок старше двадцати лет службы, коэффициент скорости уменьшения мощности дозы гамма-излучения на протяжении первых пяти месяцев принимается условно равным значению 0,4.

В значительной степени усложняется оценка радиационной обстановки при многократном и растянутом во времени выбросе радиоактивных веществ, что характерно для аварий на радиационно-опасных объектах. И если при ядерном взрыве или однократном выбросе из реактора и устойчивом состоянии атмосферного воздуха движение радиоактивного облака имеет след в форме эллипса, растянутого по направлению среднего ветра, то, как правило, при многократных продолжительных выбросах радиоактивных элементов формируются сложные конфигурации границ зон заражения. Территория на расстоянии более чем 1000 км от реактора характеризуется так называемым очаговым заражением, что необходимо учитывать при планировании защитных мероприятий [3].

Расчеты по методике ГОСТ Р 22.2.11-2018 подразумевают использование таблиц с заранее рассчитанными коэффициентами. Данный метод в значительной степени упрощает расчет, но характеризуется значительными погрешностями, допусками, большими интервалами при выборке показателей расстояния и времени.

Применение вычислительных методов, базирующихся на строгих математических принципах, существенно повышает точность анализа радиационной обстановки и открывает новые перспективы для детальной оценки происходящих процессов. Программирование,

⁴ Госкорпорация «Росатом», ядерные технологии, атомная энергетика АЭС, ядерная медицина. Режим

доступа: <https://www.rosatom.ru/production/generation/> (дата обращения 01.04.2025)

основанное на математическом моделировании, даёт возможность детально исследовать пространственно-временную эволюцию уровней радиации и доз облучения, позволяя рассчитывать эффективные величины внешней дозы за ограниченный временной интервал пребывания в районе максимального радиационного поражения с высокой локализацией относительно конкретной географической позиции в пределах загрязнённой зоны.

В качестве модельной мы принимали зависимость дозы облучения от времени начала и конца облучения:

$$D = 1,7P_0 (t_H^{0,6} - t_K^{0,6})/K_{осл}$$

где: P_0 – мощность дозы на 1 час после взрыва;
 t_H – время начала облучения, часы после взрыва;

t_K – время окончания облучения, часы после взрыва;

$K_{осл}$ – коэффициент ослабления.

Для принятия решений о проведении эвакуационных мероприятий, мероприятий по

йодной профилактике и временному укрытию населения расчет доз радиации за короткие временные промежутки не имеет принципиального значения, так как исходными данными для планирования является доза, полученная за 10 суток нахождения в радиоактивной зоне.

Точный и детальный анализ радиационной обстановки чрезвычайно важен при планировании АСДНР и определении возможных доз облучения для аварийно-спасательных формирований, что представляет собой вторую группу задач, решаемых нами при разработке программного комплекса. Это прежде всего определяется основным условием оказания помощи в любой зоне чрезвычайных ситуаций (природные или техногенные катастрофы, зоны ведения боевых действий, зоны проявления экстремизма и терроризма) для спасателей – обеспечение собственной безопасности. В связи с этим перед нами встал вопрос о разработке программы «Расчет радиационной обстановки при авариях на радиационно опасных объектах» [7, 10], позволяющей отработать на практических занятиях навыки обоснования параметров работы в зоне радиоактивного загрязнения.

Расчет радиационной обстановки при авариях на радиационно опасных объектах

Определение мощности дозы гамма-излучения на оси следа облака на 1 час после аварии

Определение мощности дозы гамма-излучения на оси следа облака на время t после аварии

Определение времени подпада облака радиоактивного загрязнения к объекту

Определение дозы облучения

Определение дозы облучения щитовидной железы

Расчет зоны принятия решения

Определение допустимой продолжительности пребывания людей на радиоактивно загрязненной местности при аварии на АЭС

Определение мощности дозы внешнего гамма-излучения

Укажите вид реактора: РБМК-1000

Укажите степень вертикальной устойчивости атмосферы: Изомерия

Укажите скорость ветра: 5.1 - 7 м/с

Укажите расстояние от реактора: 2

Мощность дозы внешнего гамма-излучения на следе радиоактивного облака составляет: 93,25 мЗв/ч

Укажите удаление от оси следа радиоактивного облака: 1.5

Мощность дозы внешнего гамма-излучения в стороне от следа радиоактивного облака составляет: 0 мЗв/ч

Определение мощности дозы гамма-излучения на оси следа облака на время t п...

Укажите время, на которое определена мощность дозы облучения: 18 ч.

Укажите известную мощность дозы: 124 мЗв/ч.

Укажите время, на которое пересчитывается мощность дозы (прошедшее с момента разрушения реактора): 12 ч.

Мощность дозы гамма-излучения на оси следа облака на время t после аварии составит: 182,28 мЗв/ч.

Расчет зоны принятия решения

Укажите степень вертикальной устойчивости атмосферы: Изомерия

Укажите скорость ветра: 2.1 - 3.9 м/с

Укажите вид реактора: РБМК-1000

Укажите мероприятие: Укрытие населения

Длина зоны принятия мер составляет: 163 км

Ширина зоны принятия мер составляет: 9,78 км

Площадь зоны принятия мер составляет: 1594,14 кв.км

Рис. 2. Общий вид и пример расчетов программы ЭВМ «Расчет радиационной обстановки при авариях на радиационно опасных объектах»

Данная программа ЭВМ разработана для расчета параметров радиационной обстановки при авариях на радиационно опасных объектах. В программе используется методика, позволяющая провести расчет мощности дозы на определенное время после взрыва, расчет дозы облучения, расчет параметров зон принятия решений, допустимое время пребывания на радиоактивно загрязненной территории при различных вариантах начала и условий проведения АСидНР с целью обеспечения безопасности спасательных формирований и населения.

Программный продукт позволяет решить следующие задачи:

1. Определить мощность дозы гамма-излучения на оси следа облака на 1 час после аварии.
2. Определить мощность дозы гамма-излучения на оси (в стороне от оси) следа облака на время t после аварии.
3. Определить время подхода облака радиоактивного загрязнения к объекту.
4. Определить дозу облучения.
5. Определить дозу облучения щитовидной железы.
6. Рассчитать параметры зоны принятия решения.

7. Определить допустимую продолжительность пребывания людей на радиоактивно загрязненной местности при аварии на АЭС.

Решение вышеупомянутых задач позволит сократить время на принятие решений по организации АСидНР в условиях аварий на радиационно опасных объектах.

Программа ЭВМ направлена на использование специалистами служб гражданской обороны и служб МЧС России для проведения расчета регламентов работы в зоне радиоактивного загрязнения.

Программа ЭВМ «Расчет радиационной обстановки при авариях на радиационно опасных объектах» позволяет в кратчайшие сроки рассчитать такие параметры как:

- уровень радиации на прогнозируемое время;
- дозу облучения при пребывании на радиационной территории;
- время и условия нахождения безопасные для жизни и здоровья спасательных формирований при нахождении на зараженной территории;
- параметры зон принятия решений.

Основным безусловным критерием для расчетов по обеспечению радиационной безопасности является доза облучения, полученная в период проведения работ. Параметры облучения в условиях мирного времени от техногенных источников регулируются нормами радиационной безопасности. В условиях

ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций на объектах ядерного топливного цикла принято использовать пороговые значения доз, не приводящих к снижению работоспособности коллектива. В этих случаях могут иметь место однократные и многократные дозы облучения. Однократная эквивалентная доза, полученная в течение 1–4 суток, составляет 0,5 Зв. Многократная доза облучения в течение 1–30 суток составляет 1 Зв, в течение 3-х месяцев – 2 Зв и в течение года – 3 Зв [11]. Данные дозы существенно отличаются от пороговых доз работы в условиях безаварийного технологического процесса, и следует отметить, что с медицинской точки зрения однократная доза 0,5 Зв в условиях напряжения и усталости может привести к необратимым последствиям для организма [12].

Наряду с модулями по выявлению территорий, на которых необходимо проведение неотложных мероприятий по защите населения, мы включили модули по расчету режимов безопасной работы аварийно-спасательных формирований. Для планирования всего комплекса мероприятий по проведению АСидНР необходимо оперировать данными по безопасному времени нахождения в радиоактивной зоне, времени входа и выхода с загрязненной территории, количеству рабочих смен. Представленный спектр расчетов позволит произвести планирование всех мероприятий с максимальной точностью.

Таким образом, используя разработанные нами программы ЭВМ обучающиеся и специалисты смогут обосновать необходимость выполнения ряда задач по защите населения в конкретном населенном пункте на зараженной территории: йодная профилактика, эвакуация, необходимость в использовании средств коллективной защиты с определением времени и вида защитного сооружения или возможности использования для укрытия типовых строительных сооружений.

Также определив объем задач, стоящих перед аварийно-спасательными формированиями, и оперируя данными по значениям мощности дозы на любой момент времени в точках как на следе радиоактивного облака, так на удалении от следа, дозе внешнего облучения за определенный промежуток времени на участке работы и на маршрутах ввода, оптимальной продолжительности работы и, соответственно, времени входа и выхода рабочей смены из зоны радиоактивного заражения, специалист работающий с предоставленным программным обеспечением может сформировать комплекс управленческих решений, обеспечивающий безопасность проведения работ аварийно-спасательными формированиями. Исходя из продолжительности и объема работ можно

рассчитать количество сил и средств, необходимых для проведения АСДНР [7, 13].

На данном этапе разработки и внедрения предложенные нами программы решают несколько задач: 1) зонирование территорий по необходимости проведения неотложных мероприятий по защите населения от радиационной опасности; 2) на основе анализа радиационной обстановки формирование управленческих решений по обеспечению безопасной работы аварийно-спасательных формирований; 3) разработка и практическая реализация организационно-управленческих мероприятий, обеспечивающих защиту населения, находящегося в зоне потенциального радиационного поражения в результате инцидента на атомной

электростанции, путём рационального использования укрытий и объектов инженерной инфраструктуры, а также оперативного осуществления эвакуационных процедур из зон повышенного риска; 4) Определение оптимальных путей вывода населения из зоны радиационного поражения с минимальным риском для здоровья. Перспективы применения представленного программного продукта включают использование его в образовательном процессе для подготовки обучающихся и повышения квалификации сотрудников, а также внедрение в практику деятельности оперативно-диспетчерских центров главных управлений МЧС России субъектов федерации для успешного решения обозначенного круга задач.

Список литературы

1. Зейнетдинова О. Г. Особенности оценки радиационной обстановки при чрезвычайных ситуациях на АЭС // Актуальные вопросы пожаротушения: сборник материалов III Всероссийского круглого стола. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2024. С. 85–87. EDN: XAQNII
2. Курындин А. В., Сорокин Д. В., Шаповалов А. С. О необходимости совершенствования подходов к установлению зон противоаварийного планирования объектов использования атомной энергии // Ядерная и радиационная безопасность. 2021, № 3 (101), С. 26–35 DOI: 10.26277/SECNRS.2021.101.3. 003 EDN: WQANUC
3. Владимиров В. А., Измалков В. И., Измалко А. В. Радиационная и химическая безопасность населения. М.: Деловой экспресс, 2005. 544 с. EDN: TRCNVR
4. Основы обеспечения безопасности населения при авариях на радиационно-опасных объектах / О. Г. Зейнетдинова, Е. С. Титова, К. В. Жиганов [и др.] // Актуальные вопросы пожаротушения: сборник материалов III Всероссийской научно-практической конференции. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2023. С. 52–55. EDN: EKULSR
5. Зейнетдинова О. Г. Медикаментозная профилактика радиационных поражений у спасателей // Совершенствование вопросов антикризисного управления. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2024. С. 14–18.
6. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ 2024691343. Расчет зон принятия решений по защите

населения при авариях на радиационно-опасных объектах / П. В. Данилов, О. Г. Зейнетдинова; № 2024690705; заявл. 11.12.2024; опубл. 20.12.2024, Бюл. № 12. 1 с.

7. Зейнетдинова О. Г., Данилов П. В., Кокурин А. К. Моделирование радиационной обстановки в очаге ядерного поражения // Современные проблемы гражданской защиты. 2024. № 4 (53). С. 126–133. EDN: CTHCQT.

8. Волошин Н. П., Дубасов Ю. В. Ядерные испытания СССР. Мирные ядерные взрывы. Обеспечение общей и радиационной безопасности при их проведении. М.: Изд.АТ. 2001. 519 с.

9. Смирнова А. К. Разработка математической модели выхода радионуклидов из топлива при авариях на РБМК: дис. ... канд. техн. наук: 2.4.9. М., 2024. 151 с. EDN: LWFZTK.

10. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ 2025619668. Расчет радиационной обстановки при авариях на радиационно опасных объектах/ П. В. Данилов, О. Г. Зейнетдинова; № 2025617939 заявл. 07.04.2025; опубл. 17.04.2025, Бюл. № 4. 2 с.

11. Пучков В. А. Гражданская оборона. М.: МЧС России, 2014. 484 с.

12. Руководство по организации санитарно-гигиенических и лечебно-профилактических мероприятий при крупномасштабных радиационных авариях/ под общ. ред. акад. РАМН Л.И. Ильина. М., ВЦМК «Защита», 2000. 244 с.

13. Моделирование ситуационных задач по ликвидации чрезвычайных ситуаций на потенциально-опасных объектах / П. В. Данилов, А. К. Кокурин, А. О. Семенов [и др.] // Современные проблемы гражданской защиты. 2022, № 4 (45). с. 13–20. EDN: IFJMEM

References

1. Zejnetdinova O. G. Osobennosti ocenki radiacionnoj obstanovki pri chrezvychajnyh situacijah na AES [Features of assessing the radiation situation in emergency situations at nuclear power plants] *Aktual'nye voprosy pozharotusheniya: sbornik materialov III Vserossijskogo kruglogo stola*. Ivanovo: Ivanovskaya pozharno-spasatel'naya akademiya GPS MCHS Rossii, 2024, pp. 85–87. EDN: XAQHII
2. Kuryndin A. V., Sorokin D. V., Shapovalov A. S. O neobходимости sovershenstvovaniya podhodov k ustanovleniyu zon protivopavarijnogo planirovaniya ob"ektov ispol'zovaniya atomnoj energetiki [On the need to improve approaches to the establishment of emergency planning zones for nuclear power facilities] *Yadernaya i radiacionnaya bezopasnost'*. 2021, vol. 3 (101), pp. 26–35. DOI: 10.26277/SECNRS.2021.101.3.003 EDN: WQANUC
3. Vladimirov V. A., Izmalkov V. I., Izmalkov A. V. *Radiacionnaya i himicheskaya bezopasnost' naseleniya* [Radiation and chemical safety of the population]. Moscow: Delovoj ekspress, 2005. 544 p. EDN: TRCNVR
4. Osnovy obespecheniya bezopasnosti naseleniya pri avariayah na radiacionno-opasnyh ob"ektah [Fundamentals of ensuring public safety in case of accidents at radiation-hazardous facilities] / O. G. Zejnetdinova, E. S. Titova, K. V. Zhiganov [et al.]. *Aktual'nye voprosy pozharotusheniya: sbornik materialov III Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii*. Ivanovo: Ivanovskaya pozharno-spasatel'naya akademiya GPS MCHS Rossii, 2023, pp. 52–55. EDN: EKULSR
5. Zejnetdinova O. G. Medikamentoznaya profilaktika radiacionnyh porazhenij u spasatelej [pharmacological prevention of radiation damage in rescuers] *Sovershenstvovanie voprosov anti-kriznogo upravleniya*. Ivanovo: Ivanovskaya pozharno-spasatel'naya akademiya GPS MCHS Rossii, 2024, pp. 14–18
6. Danilov P. V., Zejnetdinova O. G. Svidetel'stvo o gosudarstvennoj registracii programmy dlya EVM 2024691343 Raschet zon prinyatiya reshenij po zashchite naseleniya pri avariayah na radiacionno-opasnyh ob"ektah [Calculation of decision-making areas for the protection of the public in case of accidents at radiation-hazardous facilities], № 2024690705, byulleten № 12, 1 p.
7. Zejnetdinova O. G., Danilov P. V., Kokurin A. K. Modelirovanie radiacionnoj obstanovki v ochage yadernogo porazheniya [Simulation of the radiation situation in a nuclear disaster site]. *Sovremennye problemy grazhdanskoj zashchity*, 2024, vol. 4(53), pp. 126–133. EDN: CTHCQT
8. Voloshin N. P., Dubasov Yu. V. *Yadernye ispytaniya SSSR. Mirnye yadernye vzryvy. Obespechenie obshchej i radiacionnoj bezopasnosti pri ih provedenii* [Nuclear tests of the USSR. Peaceful nuclear explosions. Ensuring general and radiation safety during their implementation]. Moscow: Izd. AT. 2001. 519 p.
9. Smirnova A. K. Razrabotka matematicheskoy modeli vyhoda radionuklidov iz topliva pri avariayah na RBMK. Diss. kand. tekhn. nauk [Development of a mathematical model for the release of radionuclides from fuel during accidents at RBMK. Cand. tech. sci. diss.]. Moscow, 2024. 151 p. EDN: LWFZTK
10. Danilov P. V., Zejnetdinova O. G. Svidetel'stvo o gosudarstvennoj registracii programmy dlya EVM 2025619668 Raschet radiacionnoj obstanovki pri avariayah na radiacionno opasnyh ob"ektah [Calculation of the radiation situation in case of accidents at radiation-hazardous facilities], № 2025617939, byulleten № 4, 2 p.
11. Puchkov V. A. *Grazhdanskaya oborona* [Civil defense]. Moscow: MCHS Rossii, 2014. 484 p.
12. *Rukovodstvo po organizacii sanitarno-gigienicheskikh i lechebno-profilakticheskikh mero-priyatij pri krupnomasshtabnyh radiacionnyh avariayah* [Guidelines for the organization of sanitary and hygienic and therapeutic and preventive measures in case of large-scale radiation accidents]. Pod obshch. red. akad. RAMN L. I. Il'ina. Moscow: VCMK «Zashchita», 2000. 244 p.
13. Modelirovanie situacionnyh zadach po likvidacii chrezvychajnyh situacij na potencial'no-opasnyh ob"ektah [Simulation of situational tasks for emergency response at potentially dangerous facilities] / P. V. Danilov, A. K. Kokurin, A. O. Semenov [et al.]. *Sovremennye problemy grazhdanskoj zashchity*, 2022, vol. 4 (45), pp. 13–20. EDN: IFJMEM

Зейнетдинова Ольга Геннадьевна,

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново

Кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры

E-mail: zeinet@bk.ru,

Zeinetdinova Ol'ga Gennad'evna,

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy
of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies
and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,

Russian Federation, Ivanovo

Candidate of biological Sciences, associate Professor, associate Professor of unit

E-mail: zeinet@bk.ru.

Данилов Павел Владимирович,

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

Старший преподаватель кафедры

E-mail: KGZiUii@mail.ru

Danilov Pavel Vladimirovich,

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy
of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies
and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,

Russian Federation, Ivanovo

Senior Lecturer of the Department

E-mail: KGZiUii@mail.ru