

Обучение реагированию на радиационные аварийные ситуации с использованием методов и средств моделирования радиоактивного загрязнения местности

В статье представлены преимущества использования программно-аппаратного комплекса *SimRad* при обучении порядку реагирования на ядерные и радиационные аварийные ситуации. Комплекс позволяет имитировать точечные источники гамма-излучения и радиоактивное загрязнение местности. Описаны функции комплекса и его основные возможности.

Ключевые слова:

источники ионизирующего излучения, программно-аппаратный комплекс, поле мощности дозы, Монте-Карло моделирование.

**Д.И.Комар, В.А.Кожемякин,
Е.В.Быстров, Е.А.Коновалов,
С.В.Прибылев**

(Научно-производственное унитарное предприятие «АТОМТЕХ», г. Минск, Республика Беларусь)

В Республике Беларусь функционирует более 1000 радиационно опасных объектов. В настоящее время завершается строительство первой атомной электростанции. Широкое использование различных источников ионизирующих излучений (далее – ИИИ) обуславливает вероятность возникновения аварийных ситуаций, связанных с выходом радиоактивных веществ за защитные барьеры и радиоактивным загрязнением окружающей среды. Важнейшим фактором обеспечения радиационной безопасности при авариях и инцидентах на радиационно опасных объектах является готовность аварийно-спасательных формирований к осуществлению мероприятий по ликвидации их последствий.

Одним из элементов подготовки сил реагирования на ядерные и радиационные аварийные ситуации является их обучение проведению аварийно-спасательных и других неотложных работ на радиоактивно загрязнен-

ной территории и в условиях наличия ИИИ, вышедших из-под контроля. При этом первоочередными мероприятиями являются: проведение радиационной разведки, зонирование территории, установление контроля над аварийной установкой или источником и выработка соответствующих решений на принятие всесторонних мер по ликвидации последствий подобных аварий. Оработка необходимых умений и навыков в условиях радиоактивно-загрязненной местности и с реальными ИИИ часто трудно реализуема на практике и требует специальных мер по обеспечению радиационной безопасности.

В целях повышения эффективности обучающего процесса в настоящее время находят широкое применение программно-обучающие комплексы. Для совершенствования системы подготовки работников аварийных служб, участвующих в реагировании на чрезвычайные ситуации с наличием ИИИ, специалистами УП «АТОМТЕХ» разработан и предлагается к использованию программно-аппаратный комплекс *SimRad*, позволяющий имитировать точечные источники гамма-излучения, радиоактивное загрязнение местности и оценивать параметры формируемого радиационного поля. Внедрение обучающего процесса в ор-

ганизациях МЧС Беларуси данного комплекса позволило проводить учебные занятия по обучению разведке и оценке радиационной обстановки с помощью приборов радиационного контроля без использования ИИИ, тем самым исключив риск облучения тренируемых, а также исключив ряд организационных проблем.

В аппаратной части комплекс представляет из себя компьютер для тренера и дозиметры-радиометры МКС-АТ1117М с блоками обработки информации на основе карманного планшетного компьютера (КПК) и блоками детектирования гамма-излучения для тренируемых (рис.1).

Программа *SimRad* позволяет имитировать точечные ИИИ и радиоактивное за-

грязнение местности с расчетом распределения мощности гамма-излучения по заданным параметрам источника. На компьютере тренера должна быть установлена программа *SimRad*, а на КПК тренируемых – программа *SimRadMobile* (рис.2).

Возможности и функции программы:

- задание параметров учебной площадки на картах сервисов *OpenStreetMap*, *Google*, *Яндекс*;
- расположение источников гамма-излучения;
- моделирование точечных источников гамма-излучения с радионуклидом ^{137}Cs ;
- моделирование поверхностного загрязнения территории радионуклидом ^{137}Cs ;
- генерирование поля мощности дозы гамма-излучения в зоне учебной площадки;



Рис.1. Внешний вид дозиметра-радиометра МКС-АТ1117М на основе карманного планшетного компьютера (КПК) с блоками обработки информации и блоками детектирования гамма-излучения.

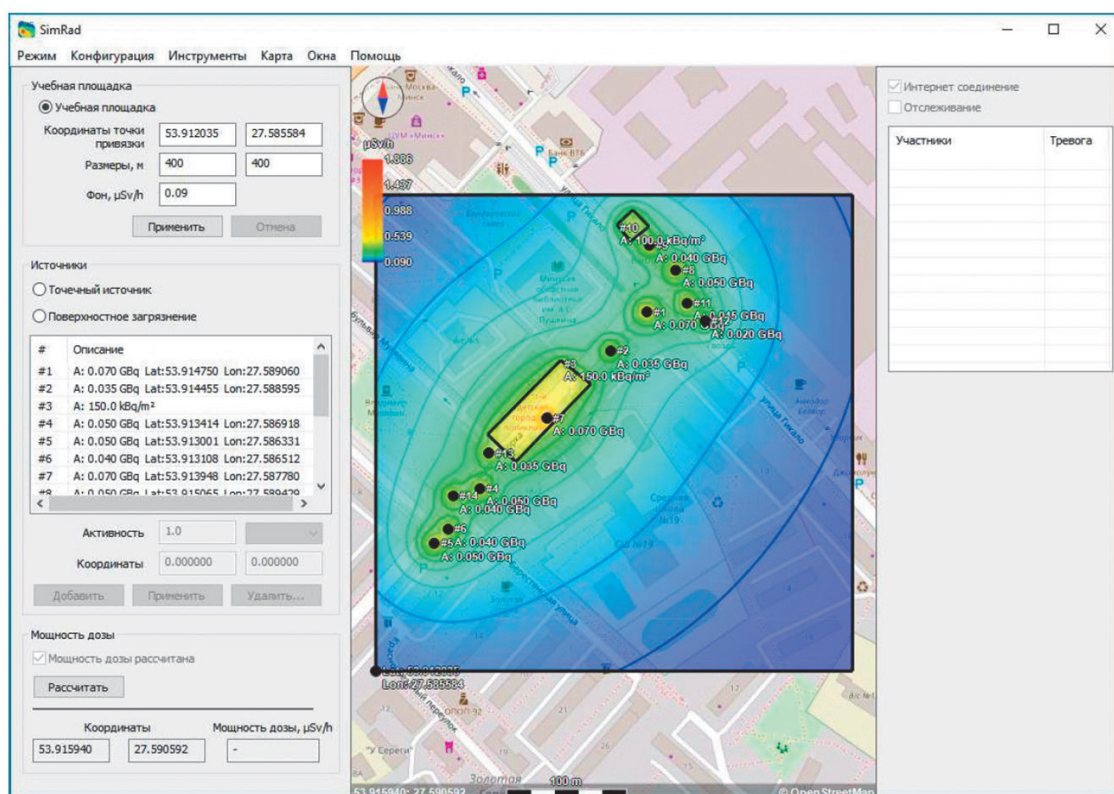


Рис.2. Главное окно программы SimRad на компьютере (ноутбуке) тренера.

- отслеживание положения тренируемых и дозиметрических параметров;
- отслеживание положения знаков ограждения, устанавливаемых тренируемыми.

Время расчета зависит от количества источников и размеров учебной площадки. Корректность расчета результирующего распределения интенсивности излучения от точечных и площадных источников была проверена посредством Монте-Карло моделирования. Программное средство разрабатывалось с использованием эмпирической информации о поверхностных загрязнениях местности радионуклидами [1,2].

Программа *SimRad* позволяет контролировать тренируемых, отображать список участников тренинга и местоположение каждого участника с индикацией значения мощности дозы в точке его нахождения. Программа также визуализирует координаты знаков ограждения, установленных каждым тренируемым (рис.3).

Программа *SimRadMobile* устанавливается на КПК тренируемого и предназначена для имитации работы прибора радиационного контроля из состава дозиметра-радиометра МКС-АТ1117М. Программа позволяет работать в двух режимах: поисковый режим

и режим измерения мощности дозы. Каждый блок детектирования характеризуется индивидуальной чувствительностью и диапазоном измерения мощности дозы по аналогии с реальным прибором.

Пользователь программы *SimRadMobile* получает следующую информацию:

- мгновенную скорость счета импульсов гамма-излучения;
- среднюю скорость счета импульсов гамма-излучения и погрешность;
- мощность дозы гамма-излучения и статистическую погрешность измерения;
- накопленную дозу.

Пользователь имеет возможность устанавливать и

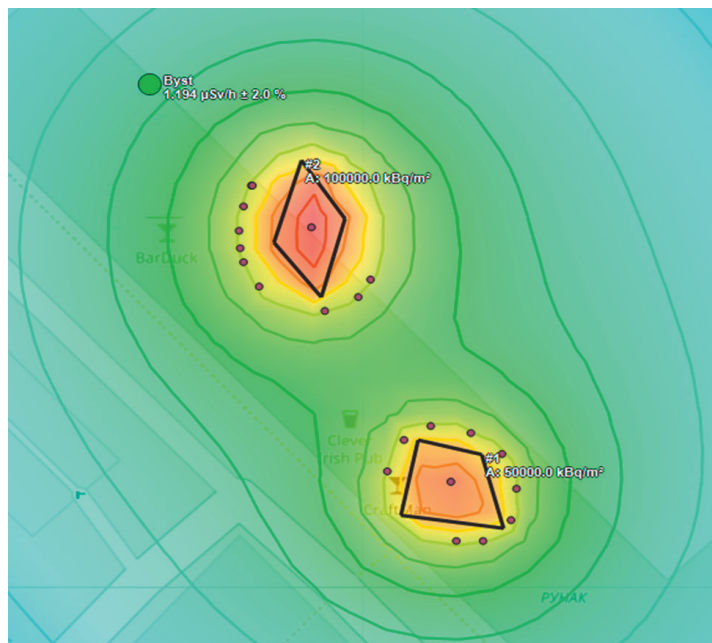


Рис.3. Контроль расстановки знаков ограждения участниками тренировки.



Рис.4. Работа КПК с ПО *SimRad Mobile* во время проведения обучающей тренировки.

удалять виртуальные ограждения.

Координаты местоположения участника определяются с помощью встроенного в КПК GPS-модуля. При движении участника в автоматическом

режиме составляется карта загрязнения местности (рис.4).

Для обеспечения работы комплекса предъявляются следующие требования к учебной площадке и оснащению специальных служб:

- площадь учебной площадки – не более 4 км²;
- размер одной из сторон учебной площадки – не более 2 км;
- количество знаков ограждения на одного тренируемого – до 100 шт;
- защищенный карманный всепогодный компьютер с блоком детектирования гамма-излучения для тренируемого с установленной программой *SimRadMobile* для симуляции работы поискового дозиметра;
- компьютер для тренера с установленной програм-

мой *SimRad* для формирования задания и контроля хода учений;

- связь *3G/LTE* для передачи данных между тренером и тренируемыми.

Проверка корректности генерации программой поля мощности дозы гамма-излучения от заданных источников проводилась посредством Монте-Карло моделирования с помощью кода *MCNP* [3]. Была разработана Монте-Карло модель поверхности почвы для площадки 50×50 метров, на которой размещались источники гамма-излучения ¹³⁷Cs. Результаты сличения значений мощности дозы, рассчитанных с использованием программы *SimRad* со значениями, полученными методом моделирования Монте-Карло, приведены в табл.1.

В массиве данных, приведенных в табл.1, прослеживается хорошая сходимость результатов, полученных с помощью Монте-Карло моделирования и рассчитанных с использованием программы *SimRad*.

Данный программно-аппаратный комплекс может эффективно использоваться при тренировках личного состава специализированных служб, участвующих в реагировании на ядерные и радиационные аварии и инциденты.

Табл.1. Сравнение значений мощности дозы, полученных SimRad и рассчитанных методом Монте-Карло.

Точечный источник ($1 \cdot 10^8$ Бк)				Поверхностная активность ($1 \cdot 10^6$ Бк/м ²) Площадь загрязнения 50×50 м				
Расстояние от источника, м	Мощность дозы, мкЗв/ч		Отклонение, %	Координаты, м		Мощность дозы, мкЗв/ч		Отклонение, %
	SimRad	М.-К.		х	у	SimRad	М.-К.	
0,1	8,99	10,3	-12,7	10	10	1,695	1,903	-10,9
0,2	8,78	10,01	-12,3	20	10	1,787	1,958	-8,7
0,5	7,36	8,38	-12,2	60	10	0,234	0,223	4,9
1	4,6	5,29	-13,0	80	10	0,077	0,068	12,4
1,5	2,83	3,28	-13,7	60	40	0,238	0,220	8,2
2	1,84	2,12	-13,2	80	40	0,077	0,068	13,4
3	0,919	1,05	-12,5	10	55	0,386	0,372	3,8
5	0,353	0,391	-9,7	100	100	0,016	0,014	14,3
10	0,0905	0,0953	-5,0	70	70	0,061	0,052	16,7
20	0,0226	0,0226	0,0	10	50	1,105	1,056	4,6
50	0,0035	0,0032	9,4	10	45	1,590	1,736	-8,4

Литература

1. Комар Д.И., Быстров Е.В., Коновалов Е.А., Прибылев С.В. Программа для симуляции радиационного загрязнения местности «SimRad». Проблемы и перспективы развития территорий, пострадавших в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС, на современном этапе. Материалы Междунар. науч.-практ. конференции. Хойники, 26-27 июля, 2018. ГПНИУ «Полесский государственный радиационно-экологический заповедник»; под общ. ред. Кудрина М.В. Минск: ИВЦ Минфина, 2018. С. 210-212.
2. Комар Д.И., Быстров Е.В., Коновалов Е.А., Прибылев С.В. Программно-аппаратное средство моделирования радиоактивного загрязнения территорий для обучения личного состава подразделений радиационной разведки. 8-я Междунар. науч. конф. по военно-техн. пробл. обороны и безопасн., использованию технологий двойного применения. Минск, 16-17 мая 2019. Сб. науч. статей. В 5 ч. Ч. 1. Государственный военно-пром. комитет Респ. Беларусь. Минск, 2019. С. 72-75.

Training to Respond to Radiation Emergencies Using Methods and Tools for Modeling Radioactive Contamination of the Area

Komar Damian, Kozhemyakin Valery, Bystrov Evgenij, Konovalov Evgenij, Pribylev Sergey
(Scientific Production Unitary Enterprise «ATOMTEX», Minsk, Belarus)

Abstract. The article presents the advantages of using the SimRad software and hardware complex for teaching how to respond to nuclear and radiation emergencies. Complex allows to simulate point sources of gamma radiation and radioactive contamination of the area. Its functions and main features are described.

Key words: ionizing radiation sources, software and hardware complex, dose rate field, Monte-Carlo simulation.

Д.И.Комар (инж.), В.А.Кожемякин (к.т.н., с.н.с., директор), Е.В.Быстров (нач.лаб.), Е.А.Коновалов (вед.инж.), С.В.Прибылев (вед.инж.).

Контакты: тел. +375-17-270-67-53; e-meil: komar_di@atomtex.com.