

# ПРОГРАММНОЕ СРЕДСТВО ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАСПРОСТРАНЕНИЯ РАДИОНУКЛИДОВ В ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ НА ОСНОВЕ ГАУССОВОЙ МОДЕЛИ

Шамына А. Ю., Ардяко А. Д.

Факультет компьютерных систем и сетей, факультет информационных технологий и управления,  
Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

Минск, Республика Беларусь

E-mail: kloop1996@gmail.com, ardyakon@gmail.com

*Разработана система поддержки принятия экспертных решений в случае инцидента на радиационном объекте. В рамках данной работы в качестве такого объекта выступила БелАЭС. Разработанная система способна строить прогнозы для различных аварийных сценариев, причем каждый из них представляет собой набор данных, отражающих изотопный состав выброса и его активность. Результатом моделирования является полигонизированное покрытие, отражающее плотность радиоактивного загрязнения местности с географической привязкой. С учетом полученных значений плотности и определенных дозовых коэффициентов вычисляется величина дозовой нагрузки, в соответствии с которой система дает рекомендацию о проведении тех или иных профилактических или эвакуационных мероприятий.*

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в мире растет число потенциально опасных объектов, которые представляют угрозу возникновения аварий с радиационным загрязнением окружающей среды. Вместе с этим возникает необходимость создания программного комплекса, который бы мог осуществлять поддержку принятия экспертного решения в случае инцидента на радиационном объекте. В качестве объекта для моделирования была выбрана БелАЭС, первый энергоблок которой будет введен в эксплуатацию в 2019 году. Исходными данными для проведения численного моделирования выбраны аварийные сценарии, которые предусмотрены проектом БелАЭС, а также текущая метеобстановка. При создании программного средства учитывались особенности законодательства РБ в области обеспечения безопасности эксплуатации подобных объектов.

## I. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ МОДЕЛИ РАСЧЕТА

Основой для построения программной модели послужила гауссова модель распространения загрязняющих веществ в атмосфере, которая представляет собой набор эмпирических формул для описания многочисленных экспериментальных данных. Данная модель позволяет рассчитывать распространение загрязняющего вещества на расстояниях не более 10 км от источника и делать ориентировочную экспресс-оценку переноса на расстояниях не более 30 км. Т.е моделирование с использованием данной модели имеет локальный характер.

Концептуально в гауссовых моделях предполагается, что рассеивание в атмосфере неоседающего загрязняющего вещества по горизонтали и по вертикали происходит по нормальному закону распределения при постоянных направ-

лении и скорости ветра и условиях сохранения устойчивости атмосферы в течение времени переноса [1].

В обобщенном формализованном виде расчет приземной концентрации загрязняющего вещества в атмосфере согласно гауссовой модели осуществляется по формуле для источника конечного времени действия (1):

$$q(x, y, z, t) = M * F(x) * G_{con}(x, y, z) * t_s \quad (1)$$

где  $M$  – мощность источника выброса, Бк/с;

$F(x)$  – функция обеднения источника;

$G_{con}$  – фактор разбавления для источника непрерывного времени действия;

$t_s$  – время действия источника, с.

Следует отметить, что данная формула справедлива для нештилевых условий. При скорости ветра меньше 1 м/с расчет приземной концентрации осуществляется по другой методике. Значения приземной концентрации можно использовать для оценки ингаляционных доз облучения.

Используя значение приземной концентрации загрязняющего вещества в атмосфере можно произвести расчет плотности выпадения, обусловленного сухим и влажным фактором выведения. Расчет плотности выпадения в общем виде осуществляется по формуле (2):

$$D(x, y, t) = D_d(x, y, t) + D_w(x, y, t) \quad (2)$$

где  $D_d(x, y, t)$  – плотность выпадения загрязняющего вещества на подстилающую поверхность, обусловленная сухим выведением;

$D_w(x, y, t)$  – плотность выпадения загрязняющего вещества на подстилающую поверхность, обусловленная влажным выведением.

Учет влажного выведения из атмосферы осуществляется только при наличии осадков в

момент аварии, причем каждый вид осадков имеет свою вымывающую способность.

Плотность выпадения рассчитывается точно вдоль оси следа (консервативно предполагается, что ось следа совпадает с направлением ветра) с дискретностью 250 м. Максимальное удаление точек расчета относительно оси следа выброса определяется значением горизонтальной дисперсии. На основе плотности выпадения загрязняющего вещества рассчитывается дозовая нагрузка на население.

## II. КОНСТРУИРОВАНИЕ ПРОГРАММНОГО СРЕДСТВА

При разработке данного программного средства использовался язык программирования C#. Для построения графического интерфейса пользователя была использована технология WPF. Работа с картографическими слоями осуществляется с использованием библиотеки DotSpatial.

Первоочередной задачей при реализации данного программного средства является определение исходных данных для моделирования. Проектные аварийные сценарии определены в [2]. Для их хранения, а также хранения других статичных данных, необходимых для моделирования используется реляционная база данных.

При моделировании учитывается целый ряд фактических метеорологических параметров. На данный момент для их импорта используются открытые API погоды, однако возможно использование данных о погоде с АСКРО (автоматизированная система контроля радиационной обстановки) БелАЭС, а также близлежащих метеостанций для повышения точности расчета.

Для отображения полей концентраций выпадения загрязняющих веществ используется полигонизированное покрытие. Оно строится с использованием интерполяционного метода обратных радиусов, исходными точками для которого служат полученные в результате расчета точечные значения с заданной дискретностью. После чего данное покрытие привязывается к картографической подложке. Слои картографической подложки включают в себя контуры границ районов, областей и государственной границы РБ.

Также отображаются населенные пункты с населением от 100 человек и выше.

Учет влияния рельефа местности при моделировании осуществляется через коэффициент шероховатости подстилающей поверхности, который рассчитывается по методике, определенной в [3].

После получения значений плотности загрязнения для каждого радионуклида из isotopного перечня выброса, выполняется расчет мощности дозы внешнего облучения. Он формируется как сумма вкладов мощностей облучения от каждого дозообразующего радионуклида. На основании полученного значения мощности формируются рекомендации по проведению защитных мероприятий в соответствии с [4].

## III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках создания данного программного средства была разработана программная реализация локальной модели распространения загрязняющих веществ в атмосфере, а также целого ряда вспомогательных модулей и компонентов, необходимых для вычисления параметров моделирования и анализа полученных результатов. Важной особенностью данной программной реализации модели атмосферной диффузии является возможность её использования не только в рамках моделирования последствий радиационных аварий, но и также других аварий с выходом неких загрязняющих веществ в атмосферу, т.к. фракционный состав выброса и его диффузные свойства параметризованы.

1. Методика расчета рассеяния загрязняющих веществ в атмосфере при аварийных выбросах. РД 52.18.717-2009. Обнинск, ООО «ПРИНТ-СЕРВИС» – 2009.
2. Белорусская АЭС. Блок 2. Предварительный отчет по обоснованию безопасности. Глава 15. Анализ аварий. Книга 7. БЛ-02065пм, ОАО «НИАЭП», 2013 г.
3. User's Guide for the Industrial Source Complex (ISC3) Dispersion Models. V. II – Description of Model Algorithms. EPA-454/B-95-003b. US Environmental Protection Agency, September 1995.
4. Санитарные нормы, правила и гигиенические нормативы «Гигиенические требования к проектированию и эксплуатации атомных станций», утвержденные постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь № 39 от 30 марта 2010 г.