

УДК 621:543.53

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ РАДИАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ШТАТНЫХ И ПРОЕКТНЫХ АВАРИЙНЫХ ВЫБРОСОВ

Аверин В.С., д. б. н., Буздалкин К.Н., к. т. н., Нилова Е.К.
Институт радиологии МЧС Республики Беларусь
e-mail: k_nilova@mail.ru

Разработана геоинформационная модель, позволяющая оценить последствия радиационных инцидентов в течение нескольких минут после получения данных о величине выброса радиоактивных веществ и результатов наблюдений за метеорологическими условиями, относящимися ко времени и месту чрезвычайной ситуации. Оценка краткосрочного и долгосрочного радиационного воздействия основывается на оперативном построении прогноза загрязнения радионуклидами приземного слоя атмосферы, сельскохозяйственных земель и продукции, доз внешнего и внутреннего облучения объектов агроэкосистемы. Модель предназначена для оценки воздействия на агроэкосистемы радиоактивных выпадений от штатных и аварийных выбросов из водо-водяных энергетических реакторов АЭС-2006 по оперативным данным службы внешней дозиметрии АЭС. Применение геоинформационных технологий позволяет построить детальный прогноз радиоактивного загрязнения сельскохозяйственных земель, кормовой базы, продовольственного сырья животного происхождения и возделываемых культур, имеющих пищевое значение, для каждого элементарного участка сельхозугодий.

The geoinformation model allowing to estimate consequences of radiating incidents within several minutes after data acquisition about size of emission of radioactive substances and results of meteorological condition observations concerning by time and a place of an emergency situation is developed. The estimation of short-term and long-term radiating impact is based on the operative construction of the forecast of radionuclide pollution of ground layer of an atmosphere, the agricultural lands and production, dozes of an external and internal irradiation of agroecosystem objects. The model is identified for an estimation of influence radioactive losses on agroecosystem from regular and emergency emissions from water-water power reactors of the ATOMIC POWER STATION – 2006 on the operative data of external dosimetry service of the atomic power station. Application of geoinformation technologies allows to construct the detailed forecast of radioactive pollution of the agricultural lands, forage reserve, food raw material of animal origin and the cultivated plants having food value, for each elementary site of farmland.

(Поступила в редакцию 2 июня 2010 г.)

ВВЕДЕНИЕ

Обоснование экологической безопасности атомных станций базируется на современных экологических концепциях ядерной энергетики, в том числе концепции полной радиационной защищенности природных комплексов и населения при нормальной эксплуатации атомной станции и проектных авариях на АЭС.

Из пяти «режимов» строительства и эксплуатации АЭС (строительство, эксплуатация в нормальном режиме, проектные аварии, запроектные аварии и снятие с эксплуатации) наибольшее внимание, как правило, уделяется запроектным авариям. Однако риски запроектных аварий на АЭС для современных типов водо-водяных энергетических реакторов исключительно малы, а возможные сценарии развития соответствующих чрезвычайных ситуаций обладают высокой степенью неопределенности.

Наиболее актуальна надежная оценка радиационного воздействия штатных и проектных аварийных выбросов АЭС.

Опыт ликвидации последствий радиационных аварий и катастроф показал, что в случае ядерных инцидентов наибольший ущерб наносится агропромышленному комплексу, при этом их последствия в основном связаны с радиоактивным загрязнением сырьевой зоны перерабатывающих предприятий. В настоящей работе описана геоинформационная модель, позволяющая выполнять прогноз загрязнения радионуклидами приземного слоя атмосферы, сельскохозяйственных земель и продукции, доз внешнего и внутреннего облучения объектов агроэкосистемы. Модель предназначена для оценки воздействия на агроэкосистемы радиоактивных выпадений от штатных и аварийных выбросов из водо-водяных энергетических реакторов АЭС-2006 по оперативным данным службы внешней дозиметрии АЭС.

Основными целями разработки геоинформационной модели являлись оперативная аналитическая поддержка и оптимизация процесса ликвидации последствий радиационной чрезвычайной ситуации в сельскохозяйственной сфере зоны наблюдения АЭС. На основе разработанной модели нами реализован прототип геоинформационной системы с использованием персонального компьютера (процессор Intel Pentium Dual E2200 с частотой 2,2 ГГц и памятью 2 Гб). Геоинформационная система позволяет решать следующие задачи:

- прогнозировать загрязнение сельскохозяйственных земель радионуклидами с помощью математической модели рассеяния примесей в атмосфере на основе данных о величине выброса радиоактивных веществ, полученных от службы внешней дозиметрии АЭС, и метеорологической сводки;
- оценивать уровни загрязнения сельскохозяйственных земель по данным измерений на контрольных участках;
- выполнять прогнозы радиоактивного загрязнения сельскохозяйственной продукции;
- оценивать радиационное воздействие на объекты агроэкосистемы путем построения прогноза дозовых нагрузок;
- оценивать профессиональные дозы сельскохозяйственных работников;
- прогнозировать коллективные и средние индивидуальные эффективные дозы внутреннего облучения местного населения.

Программное обеспечение реализовано на языке программирования С# [1]. Геоинформационная модель разработана с использованием программного продукта MapInfo Professional 8.5, который позволяет формировать базу цифровых и картографических данных, проводить обработку хранящейся информации и отображать ее в виде тематических карт и таблиц на экране персонального компьютера.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

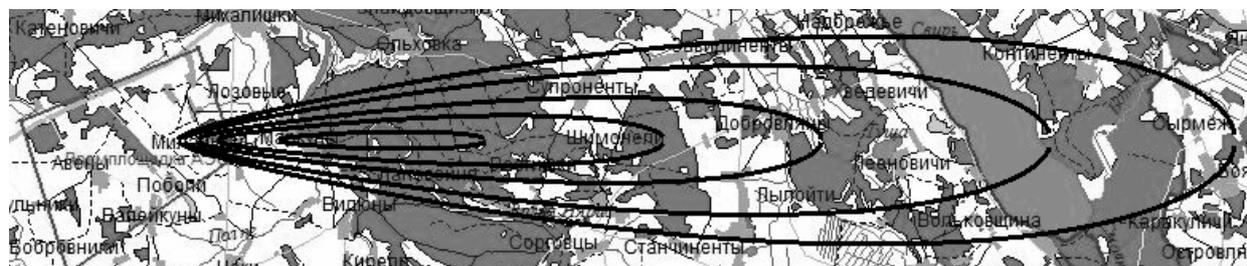
Геоинформационная система имеет архитектуру «сервер-клиент», в которой все компоненты модели взаимодействуют между собой через базу данных. Такая архитектура позволяет практически неограниченно расширять функциональность системы (рис. 1), в том числе с использованием технологий сетевого программирования. В последнем случае возможны организация работы и доступ к сервисным блокам модели, содержанию базы данных через Интернет с реализацией необходимой политики безопасности. В базу данных геоинформационной системы входит картографическая, радиологическая, агрохимическая и экономическая информация о районе повышенного радиационного риска. При разработке геоинформационной модели была использована парадигма объектно-ориентированного программирования [2].

Программное обеспечение модели осуществляет расчет плотности поверхностного загрязнения почвы с использованием гауссовой модели рассеяния примеси в атмосфере [3, 4]. Исходные данные для расчета распределения радионуклидов по территории зоны наблюдения – высоту трубы энергоблока, высоту слоя перемешивания, продолжительность

однофазового выброса, горизонтальные скорости и скорости осаждения радиоактивных аэрозолей, направления ветра, уровень атмосферной устойчивости, дисперсионные и другие параметры устанавливаются пользователем или используются рекомендуемые наиболее вероятные значения (рис. 2, 3).



Рисунок 1 – Структура отношений между блоками геоинформационной системы (организационная диаграмма)



Изолинии рассчитаны для приземных концентраций аэрозоли $0,5$; $0,1$; $1 \cdot 10^{-2}$; $1 \cdot 10^{-4}$ и $1 \cdot 10^{-6}$ Бк·м⁻³ (время, прошедшее после аварийного выброса, – 1,1 часа, высота реципиента – 1,5 м, высота вентиляционной трубы – 80 м, высота выброса – 10 м, скорость ветра – $3 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$, скорость сухого осаждения аэрозолей – $0,001 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$, категория устойчивости атмосферы – F , шероховатость поверхности – 1 м, суммарная активность выброса – 100 МБк, продолжительность выброса – 0,5 часа). Масштаб – 1:165 000

Рисунок 2 – Моделирование рассеяния радиоактивного аэрозоля в пограничном слое атмосферы



Изолинии приземной концентрации аэрозоли $0,1 \text{ Бк}\cdot\text{м}^{-3}$ рассчитаны для моментов времени 0,5; 1; 2; 3 и 4 ч после окончания аварийного выброса (исходные данные приведены на рис. 2). Масштаб – 1:150 000

Рисунок 3 – Моделирование рассеяния радиоактивного аэрозоля в пограничном слое атмосферы

Построение прогноза накопления радионуклидов в сельскохозяйственной продукции выполняется путем умножения значений рассчитанной плотности поверхностного загрязнения почвы на коэффициенты перехода радионуклидов из почвы в растения и далее в продукцию животноводства [5, 6]. Коэффициенты перехода в общем случае являются вероятностными величинами, зависящими как от почвенно-климатических условий местности, так и от случайных погодных факторов, дисперсности почвенных показателей и неопределенности их оценки. В работе использованы коэффициенты перехода, определенные в Институте радиологии МЧС Республики Беларусь путем систематизации данных многолетних наблюдений (в течение 1987–2010 гг.) поступления радионуклидов техногенного происхождения в сельскохозяйственную продукцию [6, 7]. Значения коэффициентов перехода изменяются со временем, в зависимости от процессов фиксации и/или выщелачивания радионуклидов в почве.

Оценка экономического ущерба производится путем автоматического суммирования стоимости урожая с тех элементарных участков сельхозугодий, на которых прогнозируемое содержание радионуклидов в сельскохозяйственной продукции выше установленных допустимых уровней. Результаты расчетов и параметры самой геоинформационной модели представляются в виде таблиц и тематических карт.

Данные агрохимслужбы необходимы для прогноза загрязнения радионуклидами каждого элементарного участка, запись о котором содержит код землепользователя, а также привязку к его картографическому изображению (рис. 4).

Доступ к данным организован с помощью манипулятора «мышь»: по указанию объекта на карте выводится структурированная информация о нем. Таким образом, геоинформационная модель позволяет визуально оценить ситуацию, спрогнозированную в выполненных расчетах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение геоинформационных технологий для оценки радиационного воздействия штатных и проектных аварийных выбросов показало высокую оперативность построения прогноза радиационной обстановки по данным службы внешней дозиметрии АЭС о величине выброса радиоактивных веществ и наблюдений за метеорологическими условиями, относящимися ко времени и месту чрезвычайной ситуации.

Другими потенциальными районами повышенного радиационного риска, на которых может применяться геоинформационная модель, можно считать территории республики, расположенные в непосредственной близости от радиационно-опасных объектов сопредельных государств. Также перспективным направлением применения данной компьютерной геоинформационной системы является полномасштабная имитация последствий радиологических аварий, ядерных терактов, разработка на ее основе сценариев для проведения учений и тренировок.

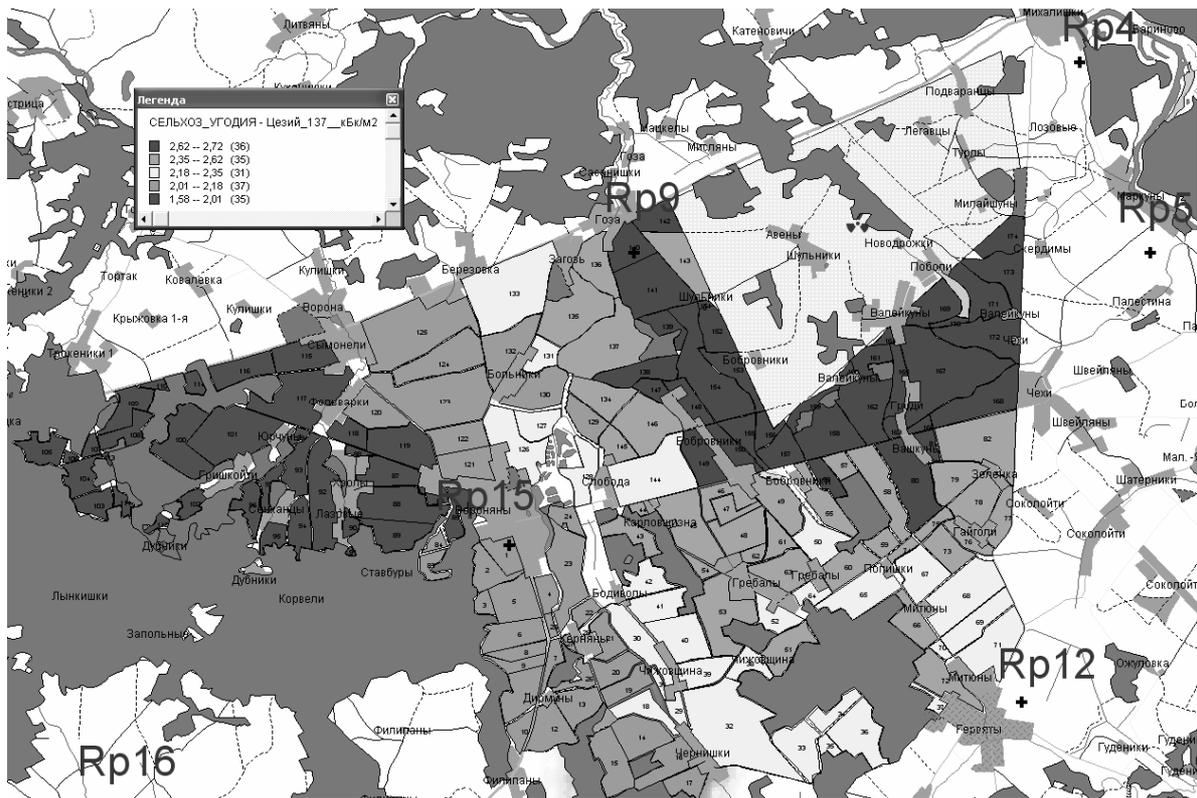


Рисунок 4 – Прогноз загрязнения ^{137}Cs сельскохозяйственных угодий вследствие штатных выпадений на 15 год эксплуатации реактора типа ВВЭР-1000

ЛИТЕРАТУРА

1. Петцольд, Ч. Программирование для Microsoft Windows на С# В 2-х т. / Ч. Петцольд ; пер. с англ. – М. : Русская редакция, 2002. – 576 с.
2. Буч, Г. Язык UML. Руководство пользователя / Г. Буч, Д. Рамбо, А. Джекобсон ; пер. с англ. – М. : ДМК, 2000. – 432 с.
3. Количественная оценка риска химических аварий / В.М. Колодкин [и др.] ; под общ. ред. В.М. Колодкина – Ижевск : Издательский дом «Удмуртский университет», 2001 – 228 с.
4. Гусев, Н.Г. Радиоактивные выбросы в биосфере / Н.Г. Григорьев, В.А. Беляев. – М. : Энергоатомиздат, 1991. – 254 с.
5. Анненков, Б.Н. Основы сельскохозяйственной радиологии. / Б.Н. Анненков, Е.В. Юдинцева. – М. : Агропромиздат, 1991. – 287 с.
6. Правила ведения агропромышленного производства в условиях радиоактивного загрязнения земель Республики Беларусь / И.М. Богдевич [и др.] ; под общ. ред. И.М. Богдевича ; Мин-во сельского хозяйства и продовольствия Респ. Беларусь. – Минск, 2002. – 74 с.
7. Раздел 9. Характеристика окружающей среды и оценка воздействий на нее БелАЭС. Почвы. Сельское хозяйство. Оценка радиационного воздействия на агроэкосистемы: обоснование инвестирования в строительство атомной электростанции в Республике Беларусь / А.Н. Переволоцкий [и др.]. – Гомель : РНИУП «Институт радиологии» МЧС Респ. Беларусь, 2009 – 202 с.