

Т. Д. Лев, В. Н. Пискун, В. Д. Виноградская, О. Г. Тищенко

Институт проблем безопасности АЭС НАН Украины, ул. Лысогорская 12, корп. 106, Киев, 03028, Украина

СОЗДАНИЕ И ОРГАНИЗАЦИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КОМПЛЕКСА ПРОСТРАНСТВЕННЫХ БАЗ ДАННЫХ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ОЦЕНКИ РАДИАЦИОННОЙ СИТУАЦИИ В СИСТЕМАХ ПРОТИВОАВАРИЙНОГО РЕАГИРОВАНИЯ

Разработана структура и состав информационного обеспечения, необходимого для численного моделирования и прогноза атмосферного переноса и перераспределения радионуклидов в объектах окружающей среды и оценки радиационной ситуации. Информационное обеспечение состоит из аэросиноптической, радиоэкологической, картографической, нормативной и расчетной баз данных (БД). На базе текущей метеорологической информации, поступающей по каналам Интернета, создана и формируется аэросиноптическая БД для проведения численных расчетов по модели атмосферного переноса радионуклидов LEDI. Определены состав и структура БД картографической информации для проведения модельных расчетов на разных пространственных масштабах - государственном, региональном и локальном. Для превентивной радиоэкологической оценки территории создается БД радиоэкологических данных, включая карты радиоэкологического районирования и превентивной радиоэкологической критичности территории и оценки радиационной ситуации в соответствии с рекомендациями МАГАТЭ.

Ключевые слова: радиоэкологическая ситуация, информационные и картографические базы данных, районирование, численное моделирование.

Постановка задачи

Современные информационно-аналитические системы поддержки принятия решений - европейская система RODOS, система скандинавских стран ARGOS, система RECASS (РФ), NARAC (США), W-SPEEDI (Япония), AERMOD (Канада) [1 - 4] - позволяют оценивать масштабы радиоактивного загрязнения территории вследствие *уже произошедших* крупных радиационных аварий и рекомендовать защитные мероприятия по снижению последствий аварийной ситуации на основе стандартной справочной информации. Основными задачами систем противоаварийного реагирования в острую фазу аварии являются:

оценка и прогноз аварийной ситуации, воздействия на персонал станции, население и окружающую среду;

выдача рекомендаций по организации и проведению противоаварийных и защитных мероприятий и оценка их эффективности.

Существующие системы поддержки принятия решений работают в оперативном режиме с использованием текущей информации мониторинга. Они разработаны с большим разрешением по пространству и требуют дополнительной оптимизации программ для учета актуальных локальных природно-географических и социально-экономических условий.

Создаваемое информационное обеспечение для системы аварийного реагирования направлено не только на оценку радиационной ситуации при аварийных выбросах из АЭС, но и на превентивную радиоэкологическую оценку территории. Это сбор и геостатистическая обработка природно-географической информации на разных пространственных масштабах для выделения специфических условий повышенной миграции радионуклидов по пищевым цепям, проведение радиоэкологического районирования с выделением критически значимых сельскохозяйственных районов, формирующих внутренние дозы у населения.

Для прогнозирования радиационной обстановки при выбросах из АЭС на разных пространственных масштабах и формирования сети радиационного мониторинга и контроля качества продукции в ИПБ АЭС НАН Украины разрабатывается информационная система численного моделирования и прогноза радиационной обстановки в случае аварии на АЭС [5]. Система представляет собой согласованный набор моделей, баз данных и технологических процедур, объединяющих и формирующих потоки информации и выполнение задач прогнозирования и мониторинга радиационной ситуации средствами геоинформационных систем и баз данных (БД). В основу создания системы положен принцип унифицированности: анализ и обработка (препроцессирование) информации проводится на

единой организационной и программной основе. Программой основой являются геоинформационные системы (ГИС) Mapinfo 7.2¹ и ArcGIS 10.2² как интегрирующий и связывающий инструмент при комплексной обработке радиоэкологической информации, а также как средство наиболее наглядного и выразительного отображения анализа и динамики изменений радиоэкологической обстановки в агрофере.

Для реализации численного моделирования аварийной ситуации с последующим прогнозом и оценкой радиоэкологической ситуации в случае аварии необходимы следующие информационные БД:

- аэросиноптических данных - БД «Метео»;
- топографических данных - БД «Топо»;
- радиоэкологических данных - БД «Оценка территории»;
- расчетных (модельных) данных - БД «Расчеты»;
- нормативных данных - БД «Нормативы».

БД «Метео» – оперативные аэросиноптические данные (скорость и направление ветра, температура и давление воздуха, влажность и осадки на 27 уровнях по вертикали атмосферы, параметры пограничного слоя атмосферы) численного прогноза погоды, получаемые с помощью американской модели WRF и оперативных данных с общедоступного сервера (<http://nomads.ncdc.noaa.gov>)³ с использованием открытых пакетов серверного программного обеспечения и методологий OPeNDAP и DODS. Средствами WRF-Portal и программным обеспечением, включающим пакеты обработки, декодирования и интерполяции данных, исходные данные объективно анализируются и интерполируются в узлы регулярной сетки с разным пространственным шагом (27, 9 и 3 км) по горизонтали и по вертикали (27 уровней).

Расчет прогностических полей метеоэлементов проводится с использованием базовой конфигурации модели WRF V 3.1.1с односторонним учетом вложенности сеток, включающей [7,8]:

использование данных глобальной численной модели прогноза погоды США "GFS" на момент времени, равный нулю,

шаг внешней сетки ($dx = dy = 27$ км) и шаг внутренней сетки ($dx = dy = 9$ км),

параметризацию процессов подметочных масштабов: длинноволновой радиации (RRTM-Rapid Radiative Transfer Model), коротковолновой радиации (схема Dudhia), пограничного слоя атмосферы (ПСА) – схема Monin-Obukhov и Carlsion-Boland, поверхностного слоя земли (LSM) - Unified Noah land-surface model, планетарного пограничного слоя - Yonsei University scheme.

Результаты расчетов на 6 - 12 ч прогноза метеоэлементов на определенных временных шагах (1 ч) для двух сеток (поля температуры, скорости и направления ветра, параметры пограничного слоя атмосферы, осадки и т.п.) запоминаются в определенном каталоге, а по окончании счета конвертируются в текстовый формат и передаются в БД «Расчеты» для проведения расчетов по модели атмосферного переноса радионуклидов LEDI. Данные прогноза сформированы по направлению воздушного переноса для разных физических параметризаций ПСА⁴ и в разных форматах ("txt", "NetCDF⁵", "pdf"). Данные прогноза погоды (состояние пограничного слоя атмосферы) передаются в модель LEDI для расчета переноса и осаждения радиоактивных веществ на подстилающую поверхность из АЭС в случае аварии. Выходные результаты в текстовом формате содержат данные для одной из двух областей (территория Украины, тестовая территория) и в названии файла указаны: дата (год, месяц, число) и область расчета.

БД «Топо» – содержит информацию о природно-климатических условиях и карты:

базовые топографические и созданные тематические картографические слои для тестовой территории РАЭС - ЧАЭС с использованием доступной цифровой растровой карты Украины М 1:100000 и БД административно-территориального деления Украины (БД «АдмТер»⁶):

¹ Mapinfo Professional. User's Guide. MapInfo Corporation. Troy, New York. May 2002.

² http://ftp.twaren.net/cpatch/gis/mapinfo/source/mi_ug70.pdf

³ ArcGIS - <http://desktop.arcgis.com/ru/desktop/>

⁴ <http://nomads.ncdc.noaa.gov> ³ Национальный оперативный архив модели и системы распределения данных США (NOMADS - National Operational Model Archive and Distribution System).

⁵ ПСА - пограничный слой атмосферы.

⁶ NetCDF - Network Common Data Format.

⁶ БД «АдмТер» - <http://www.isgeo.com.ua>

границы административных территориальных единиц (областей, районов, сельских советов, населенных пунктов с данными о демографии населения);
 рельеф местности в виде данных SRTM⁷ с шагом 900 и 90 м;
 основные реки с притоками для тестовой территории;
 типы подстилающей поверхности;
 почвенные карты М 1:200000, М 1:350000 [10];
 карты растительности и структуры землепользования с использованием данных космической съемки спутника Landsat⁸ среднего и высокого разрешения, синтезированных в комбинациях среднего и ближнего инфракрасного, а также видимого спектров излучения с использованием модуля Erdas Imagine⁹;

созданные тематические карты на разных пространственных масштабах:
бассейновые карты, созданные с использованием данных рельефа и карт рек;
карты шероховатости для четырех сезонов года;
карты групп почв, сформированные по радиоэкологическим закономерностям перехода радионуклидов из почвы в растения;
карты углов склонов;
ландшафтные карты, построенные на основе данных о рельефе, углов склонов и типов почв;
сценарные карты растительного покрова в зависимости от вегетационного периода.

Основные характеристики местности (почва, принадлежность к бассейну реки, тип растительности, высота местности, угол склона, тип ландшафта, комплексная экологическая оценка) собраны в базовой таблице (регулярная сеть), полученной путем пересечения сетки с шагом 2×2 км (500×500 м, 250×250 м) со всеми указанными картографическими слоями. Объединенная информация в базовых таблицах и в оригинальном виде на трех пространственных уровнях собирается в БД. Это позволяет комплексно анализировать, районировать и критически оценивать территорию по отдельным экологическим показателям и по уникальному коду переходить от одного уровня к другому.

БД «Оценка территории» – предназначена для проведения комплексного анализа и предварительной радиоэкологической оценки территории в случае радиационной аварии на АЭС. Формируется БД на основе методических рекомендаций [11 - 13] и включает в себя:

карты радиоэкологического районирования территории с оценкой степени критичности на трех пространственных уровнях;

сценарные карты растительности в соответствии со временем года, с типами подстилающей поверхности, типами почв и ландшафтов;

карты растительности для локального уровня (М 1:10000), полученные путем дешифрации и классификации космических снимков;

таблицы соответствия между коэффициентами перехода радионуклидов из почвы в растительность в зависимости от почвенных групп и видов растительности для аэрального и корневого загрязнения растений;

таблицы, обеспечивающие расчет аэрального (острая фаза аварии) и корневого загрязнения растений (долгосрочное прогнозирование до 10 лет);

таблицы, обеспечивающие расчет временного хода коэффициента перехода радионуклидов из почвы в растительность;

расчетные карты удельной активности радионуклидов (¹³¹I, ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr) в сельскохозяйственной растительности и основных продуктах питания (молоко, мясо, корнеплоды) при единичном загрязнении и в случае аварийной ситуации;

карты зонирования территории в соответствии с критериями МАГАТЕ (ДУВ1-ДУВ3 по внешней дозе (¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr, ¹³¹I), ДУВ4 – по плотности загрязнения радионуклидами и ДУВ5-ДУВ6 по концентрации отдельных радионуклидов в продуктах питания) и типами аварийной ситуации [13].

БД «Расчеты» – включает в себя наборы расчетных (модельных) данных переноса и осаждения радионуклидов (11 элементов) по типам синоптических ситуаций и моделям параметризации пограничного слоя атмосферы. Таблицы формируются данными о плотности выпадений радионуклидов

⁷ SRTM - Shuttle Radar Topographic Mission с точностью 16 м. (<http://srtm.csi.cgiar.org/>)

⁸ Landsat – http://goto.arcgisonline.com/map/World_Imagery

⁹ ERDAS Imagen – программный пакет для обработки данных космической съемки.

на подстилающую поверхность (растительность), о содержании объемной активности радионуклидов в воздухе и мощности внешней дозы при разных сценариях аварийных ситуаций.

БД «Нормативы» – включает в себя как национальные нормативы, так и международные и представляет собой допустимые, контрольные уровни содержания радионуклидов в объектах окружающей среды, критерии реагирования в случае ядерной или радиологической аварийной ситуации, контрмеры и защитные мероприятия на разных стадиях развития аварии и т.п. В состав БД "Нормативы" входят:

классификатор типов подстилающей поверхности национального и регионального масштабов (М 1:200 000) с параметрами шероховатости для разных сезонов года;

классификаторы группировки типов почв для национального уровня (М 1:3500000), регионального (М 1:200000) и локального (М 1:10000);

классификаторы почвенных параметров: торфянистость, механический состав, признаки оглеения, содержание гумуса и т.д.;

классификаторы бассейнов для национального и регионального уровней;

классификатор типов растительности с фазами вегетационного периода и с коэффициентами пропорциональности для оценки аэрозольного загрязнения продукции в острый период аварии;

классификатор типов растительности и продуктов питания с коэффициентами перехода радионуклидов в системе "почва - растение" для долгосрочной оценки корневого загрязнения продукции; справочник населенных пунктов, принадлежащих тестовой территории;

классификатор сценариев растительности по группам почв и периодам действия для трех радионуклидов (^{131}I , ^{137}Cs , ^{90}Sr);

классификаторы типов землепользования на региональном и локальном уровнях.

Информация описанных Баз данных представлена для ячеек регулярной сетки (2×2 км для государственного масштаба, 500×500 м для регионального масштаба и 250×250 м для локального масштаба) и через уникальный номер ячейки сетки, к которому привязывается вся информация обеспечивается взаимосвязь между Базами данных.

Взаимодействие БД при моделировании и оценке радиационной ситуации

Организация и использование пространственных БД для оценки радиоэкологической ситуации в случае предполагаемой аварии на АЭС представлено на рис.1 – рис.2. Представлена схема взаимодействия БД, начиная с получения оперативной метеорологической информации, численного прогнозирования параметров пограничного слоя для модели LEDI, моделирования атмосферного переноса и осаждения радионуклидов на подстилающую поверхность, оценки внешней дозы и внутреннего поступления радионуклидов по пищевым цепям при аэрозольном и корневом загрязнении продукции. Показаны схемы взаимодействия БД при проведении превентивной радиоэкологической оценки территории, которая может попасть под воздействие радиационной аварии, и пространственном анализе радиоэкологической информации.

Организация взаимодействия БД для обеспечения работы модели LEDI

Модель LEDI для ячеек выбранной регулярной сетки численно прогнозирует атмосферный перенос и осаждение радиоактивных веществ при выбросе из АЭС с использованием оперативной аэросиноптической информации о параметрах переноса (скорость и направление ветра, температура воздуха и давление, влажность и осадки в нижнем и верхнем слоях атмосферы). Для обеспечения LEDI текущей и прогностической аэросиноптической информацией в институте ИПБ АЭС НАНУ была освоена и внедрена американская оперативная модель численного прогноза погоды WRF версия V.3.1. для территории Украины. На рис. 1 показаны информационные потоки текущей и прогностической аэросиноптической информации и состав картографической информации, необходимой для работы модели LEDI.

Технология обеспечения программного комплекса LEDI - WRF текущей аэросиноптической информацией включает в себя три этапа:

получение оперативных данных через доступные погодные сайты в Интернете;

обработка и настройка полученных данных с помощью графического интерфейса WRF-portal¹⁰ для запуска подпрограмм численной модели прогноза погоды WRF;

¹⁰ WRF-portal - <http://wrfportal.org>

препроцессирование данных с помощью программы WPS (раскодирование и горизонтальная интерполяция данных в узлы регулярной сетки) и расчет прогноза по моделям Real (анализ и интерполяция данных по вертикали атмосферы) и WRF (прогноз по времени) с односторонним влиянием (учет боковых граничных условий) вложенных сеток по программе NDOWN.

Настройка и обработка данных и программ осуществляется с помощью графического интерфейса WRF-portal, установленного на локальном компьютере и запускаемого через ОС Linux с официального сайта проекта для удаленной настройки параметров модели и области счета и получения необходимой информации в виде данных анализа и прогноза метеорологических элементов через каждые 6 часов.

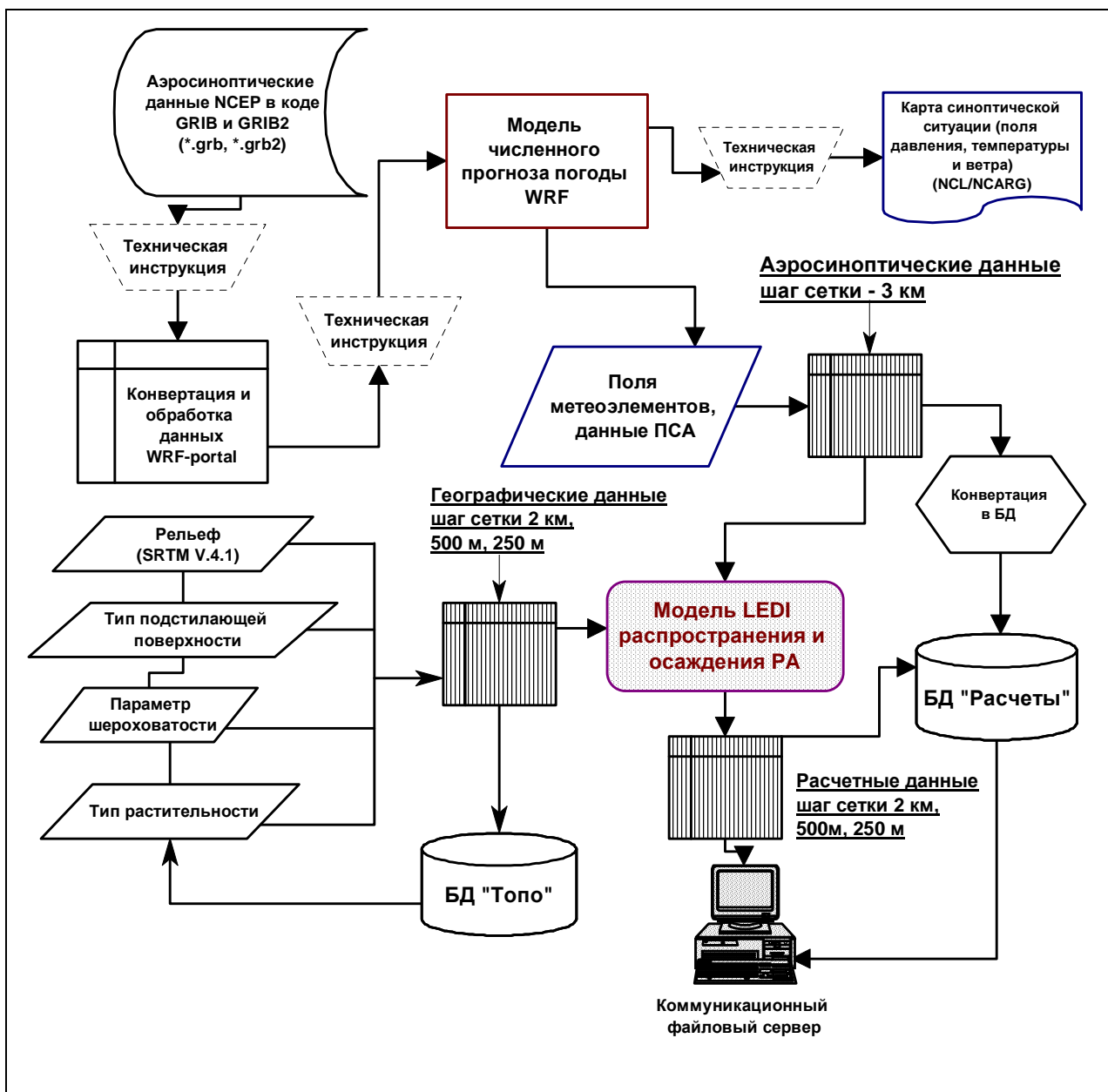


Рис. 1. Схема информационных потоков, обеспечивающих работу модели LEDI (PA – радиоактивные аэрозоли).

Взаимодействие осуществляется через защищенное соединение SSH с указанием имени машины, каталога, где установлена система препроцессирования метеоданных (WPS), географическая БД (GeoData) и каталог сформированных областей с параметрами модели и счетных областей. Выбираются параметры области интегрирования с помощью WRF-portal. Настраиваются параметры модели, указываются директория и имена исходных файлов и запускаются задачи препроцессирования WPS: *geogrid* (формирование географических данных для двух областей в двоичном формате NetCDF), *ungrib* (конвертация метеоданных в обменный формат NetCDF), *metgrid* (горизонтальная интерполяция метеоданных в узлы регулярной сетки). По окончании работы программы WRF-portal

выводятся и сохраняются характеристики сеток (размеры, количество точек, длина шага сетки, система координат и т.п.):

для территории Украины область счета - количество точек 100×70 , $\Delta x = 27$ км;

для тестовой территории РАЭС - ЧАЭС область счета - количество точек 64×49 , $\Delta x = 9$ км.

С помощью запросов из архива или в режиме реального времени через существующие инфраструктуры Интернета получаем доступ к данным модели и наблюдений. Полученные данные поступают в систему обработки и препроцессирования данных WPS, а затем в модельный блок WRF для расчета прогностических полей метеоэлементов на 12 - 24 ч вперед с выдачей прогностических данных через каждый час по времени на выделенных изобарических поверхностях и детально для пограничного слоя атмосферы с соответствующими характеристиками.

Прогностические данные для ячеек сетки с шагом 9 или 3 км в виде текстового файла передаются на вход модели атмосферного переноса LEDI. В качестве географических данных используются построенные для выбранной сетки рельеф, параметр шероховатости для четырех времен года, тип подстилающей поверхности и вид растительности. Используемые географические данные находятся в БД «Топо» в виде таблиц и цифровых карт.

Создание БД «Расчеты»

Для разных аварийных ситуаций и синоптических условий погоды (экстремальных и типовых) создается БД «Расчеты», которая включает следующую информацию: объемная активность (в Бк/м³) и плотность выпадений ¹³⁷Cs, ¹³¹I, ⁹⁰Sr (в Бк/м²), мощность внешней дозы (сумма по 11 нуклидам) (в мкЗв/ч). Формирование БД «Расчеты» проводится по следующему алгоритму:

конвертация расчетных данных в текстовый формат по процедуре ГИС Surfer;

конвертация текстовых данных и геокодирование точечных объектов по соответствующей ГИС-процедуре MapInfo;

конвертация полученных цифровых картографических покрытий в геобазу данных в форматах MapInfo и ArcGIS;

проведение тематического картографирования с построением карт распространения радиоактивного следа и зонирования загрязненной территории по критериям МАГАТЭ [13].

Полученные данные – исходная информация для расчета загрязнения растительности аэральным путем для острого периода аварии и корневым путем для долгосрочного прогнозирования поступления радионуклидов по пищевым цепям.

Схема формирования радиоэкологической БД «Оценка территории»

Радиоэкологическая БД создается с целью проведения превентивной оценки исследуемой территории с использованием «бассейнового» принципа и природных экологических характеристик, отвечающих за радиоэкологические особенности территории - миграцию радионуклидов в системе "почва - растения" и формирование дозовой нагрузки на население. Такими характеристиками являются: тип использования земли (карта подстилающей поверхности), тип преобладающей почвы (карта почв), перепад высот местности в рамках бассейна (карта рельефа), плотность населения в рамках бассейна (административная карта), тип элементарного ландшафта (ландшафтная карта), структура землепользования (локальная карта структуры землепользования), тип растительности (локальная карта растительности по полям).

Указанные параметры, объединенные путем проведения оверлейных операций в базовом сеточном покрытии (регулярная сеть с шагами 2 км, 500 и 250 м), позволяют проклассифицировать и оценить территории бассейнов в критические, умеренно критические и безопасные с использованием метода радиоэкологического районирования [12] на трех пространственных уровнях. Метод основан на том, что выделенный район рассматривается как экологически однородная территория, определяемая типами элементарных ландшафтов, почв, подстилающей поверхности, землепользования, растительности и миграционными характеристиками радионуклидов в системе «почва - растение». Это дает возможность оценить потенциальную радиоэкологическую критичность территории. Использование модельных данных (расчеты по моделям аэрального и корневого загрязнения продукции) позволяет оценить реализованную радиоэкологическую критичность территорий и классифицировать их в соответствии с выбранными критериями, согласно международным и национальным нормативам. Таблицы и тематические карты, содержащие радиоэкологическую оценку территории, входят в со-

став БД «Оценка территории» (рис. 2). На схеме показана технология и взаимодействие БД при формировании радиоэкологической БД «Оценка территории».

Связь картографической информации с атрибутивными данными осуществляется через уникальный номер ячейки сетки и присвоенного унифицированного комплексного кода, характеризующего бассейн, почву, ландшафт, структуру землепользования, административную принадлежность (область, район, сельсовет, населенный пункт).

БД «Оценка территории» формируется с использованием как фактических природно-географических характеристик территории, так и сценарных данных:

сценарии экстремальных синоптических ситуаций (выбор реальных погодных ситуаций для тестовых регионов Украины за последние 2-3 года с сильными ветрами, осадками и характерным выносом загрязняющих веществ на критические регионы или выносом за пределы территории страны);

сценарии аварийных выбросов из АЭС;

сценарии карт растительного покрова с традиционным и типовым набором сельскохозяйственных продуктов, выращиваемых в фермерском хозяйстве и на подворье в населенном пункте.

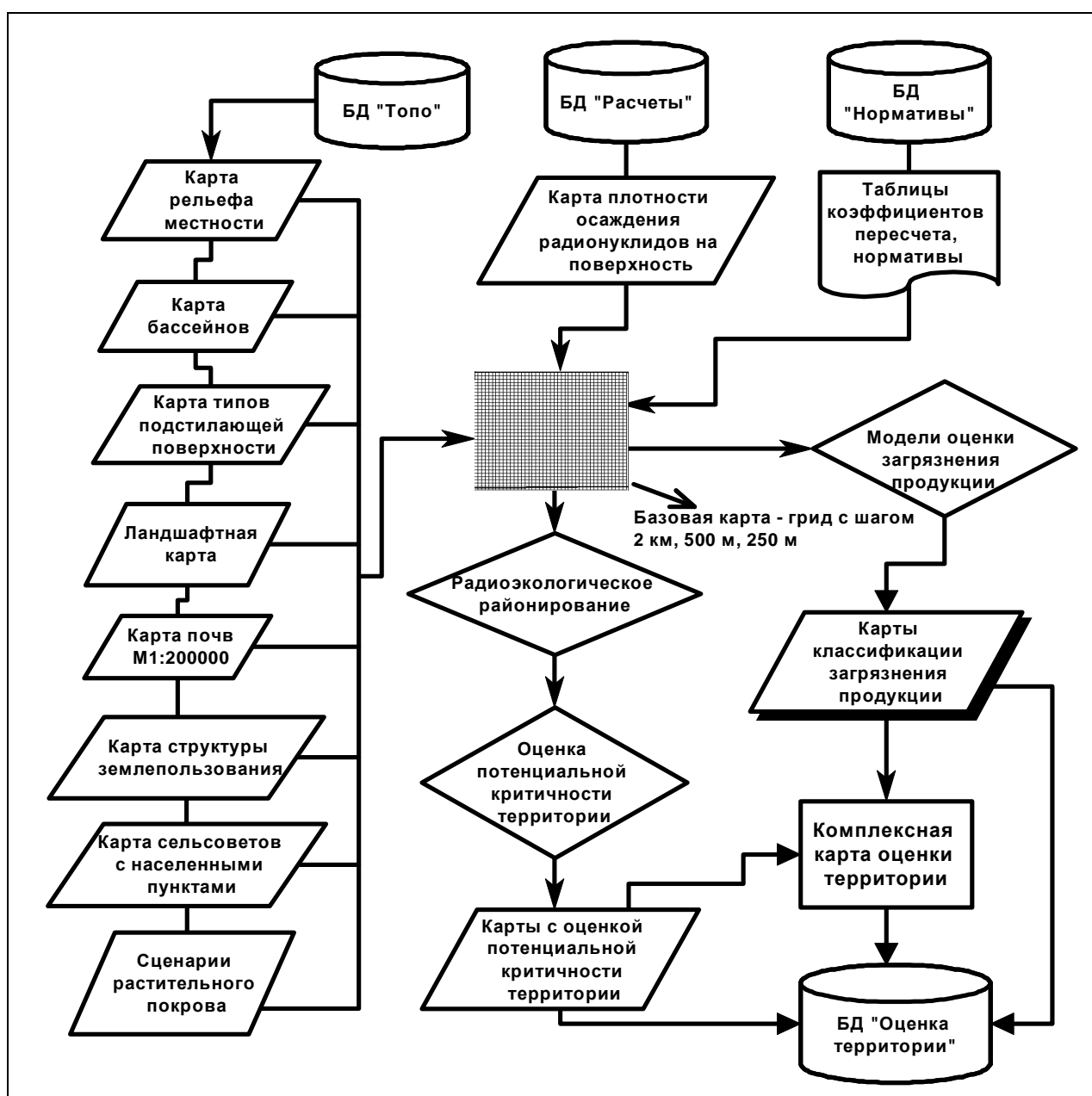


Рис. 2. Схема формирования радиоэкологической БД «Оценка территории».

Интеграция информации в регулярную сетку и ее пространственный ГИС-анализ

Интеграция данных в регулярную сетку обеспечивает согласованную работу всех подсистем и БД и получение результатов для комплексной оценки, анализа и моделирования радиоэкологической ситуации, включая следующее:

анализ и оценка радиационной обстановки на трех пространственных уровнях, зонирование территории с использованием нормативов МАГАТЭ и национальных стандартов, классификация территории в соответствии с требованиями задачи формирования сети и объемов мониторинга и контроля качества продукции.

Комплексный анализ разнообразной информации, полученной по разным программам (мониторинга, моделирования и прогноза) с разной периодичностью как во времени, так и в пространстве возможен при организации информации на единой методологической и программной основе [13]. Создаваемый блок геоинформационного моделирования использует ГИС ArcGIS, MapInfo, ERDAS Imagine, Surfer и СУБД Microsoft Office Access, что позволяет совместно обрабатывать, анализировать модельные данные и подготавливать ситуационные карты и табличные материалы для принятия решений.

Оценка радиационной обстановки на трех пространственных уровнях определяется плотностью загрязнения почвы и уровнями загрязнения продукции в сравнении с международными и национальными нормативами и включает следующие шаги:

1) проведение зонирования территории по результатам численного моделирования в соответствии с критериями МАГАТЭ ДУВ1-ДУВ3 [14] с использованием данных о внешней дозе облучения и данных выпадений на подстилающую поверхность (^{131}I , ^{137}Cs , ^{90}Sr);

2) расчет и оценку аэрального загрязнения растительности и содержания радионуклидов в растительной продукции (природные и сеяные травы, овощи и корнеплоды) и в основных продуктах питания (молоко, мясо, хлеб) в острой фазе аварии (ДУВ6) средствами ГИС MapInfo (пользовательскими программами, написанными на языке MapBasic);

3) расчет и оценку корневого загрязнения продукции на региональном уровне на конец вегетационного периода после первого года аварии и на 10 лет вперед при длительном заражении местности радионуклидами ^{137}Cs , ^{90}Sr (ДР-97, ДР-2006) средствами и технологическими процедурами ГИС MapInfo.

Картографический материал готовится в соответствии с требованиями ГИС и требованиями к тематическим данным: согласованность информации (почвы, ландшафта, подстилающей поверхности, видов растительности) и отдельных картографических слоев между собой и их экспертная оценка. В оценке ситуации были использованы проверенные и статистически проанализированные данные: проведен анализ рельефа, построены профили местности по территории бассейнов, обобщены данные о почве и углах склонов по бассейнам, по типологическим единицам и т.п.

Выводы

Для информационного обеспечения разработанного численного комплекса моделей превентивной оценки территории и прогноза радиоэкологической ситуации в зоне аварийного реагирования были созданы унифицированные картографические и тематические БД на трех пространственных масштабах (государственном, региональном и локальном) с использованием современных ГИС (ArcGIS, Mapinfo, ERDAS Imagine, Surfer) и СУБД Microsoft Access. Картографическая БД содержит информацию о природно-климатических и ландшафтных особенностях тестовой территории, а тематические БД – аэросиноптическую и радиоэкологическую информацию, расчетные и справочно-нормативные данные в соответствии с рекомендациями МАГАТЭ и регламентов радиационного контроля за окружающей средой вокруг АЭС. Представлена схема взаимодействия баз данных на разных пространственных масштабах с использованием унифицированного кодирования информации для решения задач оценки территории и прогноза ситуации. Сформулированы подходы и требования к созданию БД, источникам информации и методам обработки и пространственного анализа данных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ДСТУ 95.1.01.03.024-97. Автоматизовані системи контролю радіаційної обстановки для атомних станцій. Основні положення.

2. *Готовность и реагирование в случае ядерной и радиационной аварийной ситуации*. Серия норм безопасности, № GS-R-2. - Вена: МАГАТЭ, 2004.
3. *Talerko N. Mesoscale modelling of radioactive contamination formation in Ukraine caused by the Chernobyl accident // Journal of Environmental Radioactivity*. - 2005. - Vol. 78. - P. 311–329.
4. *RODOS SYSTEM. User's Guide*. Roskilde, Denmark, Riso National Laboratory, 1996.
5. *Лев Т.Д., Тищенко О.Г., Пискун В.Н.* Информационно-аналитическое и картографическое обеспечение систем аварийного реагирования АЭС // Проблемы безпеки атомних електростанцій і Чорнобиля. - 2011. - Вип. 16. - С. 17 - 26.
6. *WRF-Portal*. <http://esrl.noaa.gov/gsd/wrfportal/> (Earth System Research Laboratory)
7. *WRF-ARW. Version 3.1. Modeling System User's Guide (2008)*. <http://www.mmm.ucar.edu/wrf/users>. User's Guide for the NMM core of the Weather Research and Forecast (WRF) modeling system.
8. *Рассеяние радиоактивных материалов в воздухе и воде и учет распределения населения при оценке площади для атомных электростанций*. Руководство по безопасности № NS-G-3.2. - Вена: МАГАТЭ, 2004.
9. *Интерактивная топографическая карта Украины 1:100000*. <http://maps.vlasenko.net/>
10. *Национальный атлас Украины*. Электронная версия. <http://www.isgeo.com.ua>.
11. *Пристер Б.С., Лев Т.Д., Тищенко О.Г., Виноградская В.Д.* Эколого-ландшафтное зонирование территории влияния АЭС для информационной поддержки принятия решений в организации преодоления последствий аварийных ситуаций // Матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. «Сучасні проблеми створення і використання єдиного геоінформаційного простору України при підготовці і прийнятті управлінських рішень». Київ, 12 - 13 грудня 2007 р. – С. 174 - 175.
12. *Пристер Б.С., Гаргер Е.К., Талерко Н.Н и др.* Радиоэкологическое районирование и модель территории для целей мониторинга агросферы после тяжелой аварии на АЭС // Проблемы безпеки атомних електростанцій і Чорнобиля. - 2015. - Вип. 25. - С. 54 – 65.
13. *Берлянт А.М.* Геоинформационное картографирование. - М., 1997. - 64 с.
14. *IAEA Safety Standards. Criteria for Use in Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency*. No. GSG-2.

Т. Д. Лев, В. М. Пискун, В. Д. Виноградська, О. Г. Тищенко

Інститут проблем безпеки АЕС НАН України, вул. Лисогірська, 12, корп. 106, Київ, 03028, Україна

СТВОРЕННЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ ВЗАЄМОДІЇ КОМПЛЕКСУ ПРОСТОРОВИХ БАЗ ДАНИХ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЗАВДАНЬ ЧИСЕЛЬНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОЦІНКИ РАДІАЦІЙНОЇ СИТУАЦІЇ В СИСТЕМАХ ПРОТИАВАРІЙНОГО РЕАГУВАННЯ

Розроблено структуру та склад інформаційного забезпечення, необхідного для чисельного моделювання та прогнозу атмосферного переносу й перерозподілу радіонуклідів в об'єктах навколишнього середовища та оцінки радіаційної ситуації. Інформаційне забезпечення складається з аеросиноптичної, радіоекологічної, картографічної, нормативної та розрахункової баз даних (БД). На базі поточної метеорологічної інформації, що надходить по каналах Інтернету, створена і формується аеросиноптична БД для проведення чисельних розрахунків із використанням моделі атмосферного переносу радіонуклідів LEDI. Визначено склад і структуру БД картографічної інформації для проведення модельних розрахунків на різних просторових масштабах - державному, регіональному та локальному. Для превентивної радіоекологічної оцінки території створюється БД радіоекологічних даних, включаючи карти радіоекологічного районування та превентивної радіоекологічної критичності території та оцінки радіаційної ситуації відповідно до рекомендацій МАГАТЭ.

Ключові слова: радіоекологічна ситуація, інформаційні та картографічні бази даних, районування, чисельне моделювання.

T. D. Lev, V. M. Piskun, V. D. Vinogradska, O. G. Tischenko

Institute for Safety Problems of Nuclear Power Plants NAS of Ukraine, Lysogirska str., 12, building 106, Kyiv, 03028, Ukraine

DESIGN AND ORGANIZATION OF COMPLEX SPATIAL DATABASES INTERACTION FOR NUMERICAL MODELING AND ASSESSMENT OF THE RADIATION SITUATION FOR EMERGENCY RESPONSE SYSTEM

The structure and content of necessary information support for the numerical simulation and prediction of atmospheric transport and redistribution of radionuclides in the environment and assessment of the radiological situation were elaborated. Information support consists of aerosynoptic, radioecological, cartographical, normative and predicted databases. The aerosynoptic database was created and shaped with current meteorological information received by the

channels of the Internet for numerical calculations by model of atmospheric transport of radionuclides LEDI. The structure and content of cartographical database were defined for modeling calculations on different spatial scales - state, regional and local. The radioecological database for preventive radioecological assessment of territory was created on datasets and maps of radiological zoning, preventive assessment of radioecological criticality and analysis of the radiation situation of contaminated territory in accordance with the IAEA recommendations.

Keywords: radioecological situation, information and cartographic data base, zoning, numerical modeling.

REFERENCES

1. *DSTU 95.1.01.03.024-97* Automated control monitoring system of the radiation situation near Nuclear Power Plants. Basic positions. (Ukr)
2. *IAEA Safety Standards. Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency. Safety Standards Series, № GS-R-2.* - Vienna: IAEA, 2004.
3. *Talerko N.* Mesoscale modelling of radioactive contamination formation in Ukraine caused by the Chernobyl accident // *Journal of Environmental Radioactivity.* - 2005. - Vol. 78. - P. 311–329.
4. *RODOS SYSTEM.* User's Guide. Roskilde, Denmark, Riso National Laboratory, 1996.
5. *Lev T.D., Tischenko O.G., Piskun V.N.* Information-analytical and cartographical support for emergency response system of Nuclear Power Plant // *Problemy bezpeky atomnyh elektrostantsiy i Chornobylya (Problems of Nuclear Power Plants' Safety and of Chernobyl).* - 2011. - Iss. 16. - P. 17 – 26. (Rus)
6. *WRF-portal.* - <http://esrl.noaa.gov/gsd/wrfportal/> (Earth System Research Laboratory).
7. *WRF-ARW. Version 3.1. Modeling System User's Guide (2008)* / <http://www.mmm.ucar.edu/wrf/users>. User's Guide for the NMM core of the Weather Research and Forecast (WRF) modeling system.
8. *IAEA Safety Standards. Dispersion of Radioactive Material in Air and Water and Consideration of Population Distribution in Site Evaluation for Nuclear Power Plants. Safety Guide № NS-G-3.2.* – Vienna: IAEA, 2004. (Rus)
9. *Interactive topographic map of Ukraine M 1:100000.* <http://maps.vlasenko.net/> (Rus)
10. *The National Atlas of Ukraine.* Electronic version. <http://www.isgeo.com.ua>. (Rus)
11. *Prister B.S., Lev T.D., Tischenko O.G., Vinogradskaya V.D.* Ecological and landscape zoning near NPP for information support of decision-making in the organization to overcoming the consequences of emergency situations // International scientific conference. “Modern problems of creating and using a unified geographic information space of Ukraine” Kyiv. 12 - 13 December, 2007. – P. 174 - 175. (Rus)
12. *Prister B.S., Garger E.K., Talerko N.N. et al.* Radioecological zoning and model territory for the purposes of monitoring agrosphere after a heavy accident at the NPP // *Problemy bezpeky atomnyh elektrostantsiy i Chornobylya (Problems of nuclear power plants' safety and of Chernobyl).* - 2015. - Iss. 25. - P. 54 – 65. (Rus)
13. *Berliant A.M.* GIS mapping. – Moskva, 1997. - 64 p. (Rus)
14. *IAEA Safety Standards. Criteria for Use in Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency. No. GSG-2.*

Надійшла 17.03.2016

Received 17.03.2016