

О. Г. Тищенко*Институт проблем безопасности АЭС НАН Украины, ул. Лысогорская 12, корп. 106, Киев, 03028, Украина***ТЕХНОЛОГИЯ РАЗРАБОТКИ БАЗ ДАННЫХ ГЕОПРОСТРАНСТВЕННОЙ ИНФОРМАЦИИ
ДЛЯ ЦЕЛЕЙ РАДИАЦИОННОГО МОНИТОРИНГА И АВАРИЙНОГО РЕАГИРОВАНИЯ**

Представлен способ формирования базы данных геопространственной информации и картографического банка для целей радиационного мониторинга в зонах повышенного риска воздействия АЭС и аварийного реагирования. Изложены требования к входной информации и программному обеспечению. Определены структура, совокупность объектов и их атрибуты, а также информационные потоки, обеспечивающие целевые задачи радиэкологического мониторинга объектов окружающей среды. Предложен способ использования данных дистанционного зондирования для актуализации и детализации пространственных атрибутов объектов радиэкологического мониторинга и создания картографических слоев. Показана технология, основанная на анализе геопространственных данных, с целью создания функциональных информационных слоев и последующего использования в модели поведения радионуклидов в системе «почва - растение». Такая технология позволяет получать оценки уровней загрязнения объектов окружающей среды по заданным критериям реагирования, а также разрабатывать предложения для оптимизации сети мониторинга с использованием актуальной информации о пространственных характеристиках территории.

Ключевые слова: радиационный мониторинг, данные дистанционного зондирования, реагирование на аварийные ситуации

Введение

Существующая система мониторинга обеспечивает оценку радиационной обстановки и информационную поддержку принятия решений в случае аварийных ситуаций на АЭС Украины, однако не в полной мере соответствует международным и национальным требованиям по радиационной безопасности и аварийному реагированию. Система на данный момент не может предоставить необходимый объем информации для обоснования мероприятий по защите населения в случае возникновения аварийных ситуаций на АЭС [1, 2].

Одним из недостатков существующей системы является отсутствие единой методологической основы для анализа локальных особенностей территории и прогноза уровней загрязнения сельскохозяйственных культур в агроландшафтах. Это приводит к грубой оценке уровней удельной активности радионуклидов и, как следствие, величины дозы внутреннего облучения населения на загрязненной территории. Уровни загрязнения сельскохозяйственной продукции зависят не только от пространственного распределения радиоактивного загрязнения, но и от природных и структурных особенностей территории. Выделение их позволяет выявлять пути формирования дозы радиационного облучения. Информация, получаемая по существующей сети наблюдений, разобщена и не организована таким образом, чтобы ответить на все важные вопросы при проведении оценки радиационной обстановки [3]. Поэтому необходимо организовать информационное пространство с набором исходной информации, выстроенное по определенной структуре с учетом необходимых преобразований, анализа информации и потоков данных. В результате появляется возможность для анализа причинно-следственных связей, обуславливающих формирование уровней загрязнения объектов окружающей среды.

Уровень развития технологий дистанционного зондирования Земли и современных программных средств позволяет превентивно, еще до возникновения аварийных ситуаций на АЭС, дифференцировать территорию по условиям, влияющим на распространение и перераспределение загрязняющих веществ в объектах окружающей среды. Такая дифференциация помогает определять «критические» с точки зрения формирования дозовых нагрузок на население участки и использовать прогнозный расчет уровней загрязнения территории. В качестве инструментария для сбора, обработки и анализа данных об особенностях территории и данных мониторинга загрязнения окружающей среды используются специализированные ГИС системы, с помощью которых разрабатывается информационное обеспечение для задач радиационного мониторинга [4 - 7].

С целью информационной поддержки принятия решений о приоритетности и своевременности проведения мероприятий по защите населения в случае аварии на АЭС и их оптимизации на основе оценки радиационной ситуации разработаны требования и технология организации информационного пространства мониторинга радиационного загрязнения агроландшафтов с использованием методов геопространственного анализа. [4 - 7].

© О. Г. Тищенко, 2013

Обоснование создания базы геоданных и банка картографических материалов для систем радиационного мониторинга

Одним из направлений использования баз геоданных и картографического банка радиозэкологической информации средствами ГИС приложений является разработка схем мониторинга окружающей среды в зоне потенциального радиационного загрязнения АЭС в штатной и аварийной ситуации. Для этой цели предлагается технология анализа рельефа и создания векторных карт по данным космической съемки, что позволяет типизировать объекты землепользования, создать карты бассейнов водных объектов и районировать территорию с учетом критичности по радиационному фактору в цепи «почва - растение». Эти данные являются входной информацией при прогнозировании возможного уровня загрязнения сельскохозяйственной продукции. Задача радиозэкологического районирования заключается в разделении территории на однородные участки по условиям формирования внутренней дозы облучения. Эти участки рассматриваются в качестве «экологических координат» [3]. Таким образом, «экологическая координата» – это территория, описанная набором параметров, с минимальным разбросом значений, определяющих формирование уровней загрязнения объектов окружающей среды [3]. В качестве критических рассматриваются территории, где потенциальное загрязнение продукции растениеводства и животноводства выше, чем на других участках с таким же уровнем загрязнения. В аварийных условиях ситуация осложняется за счет неоднородного распределения плотности выпадения радионуклидов.

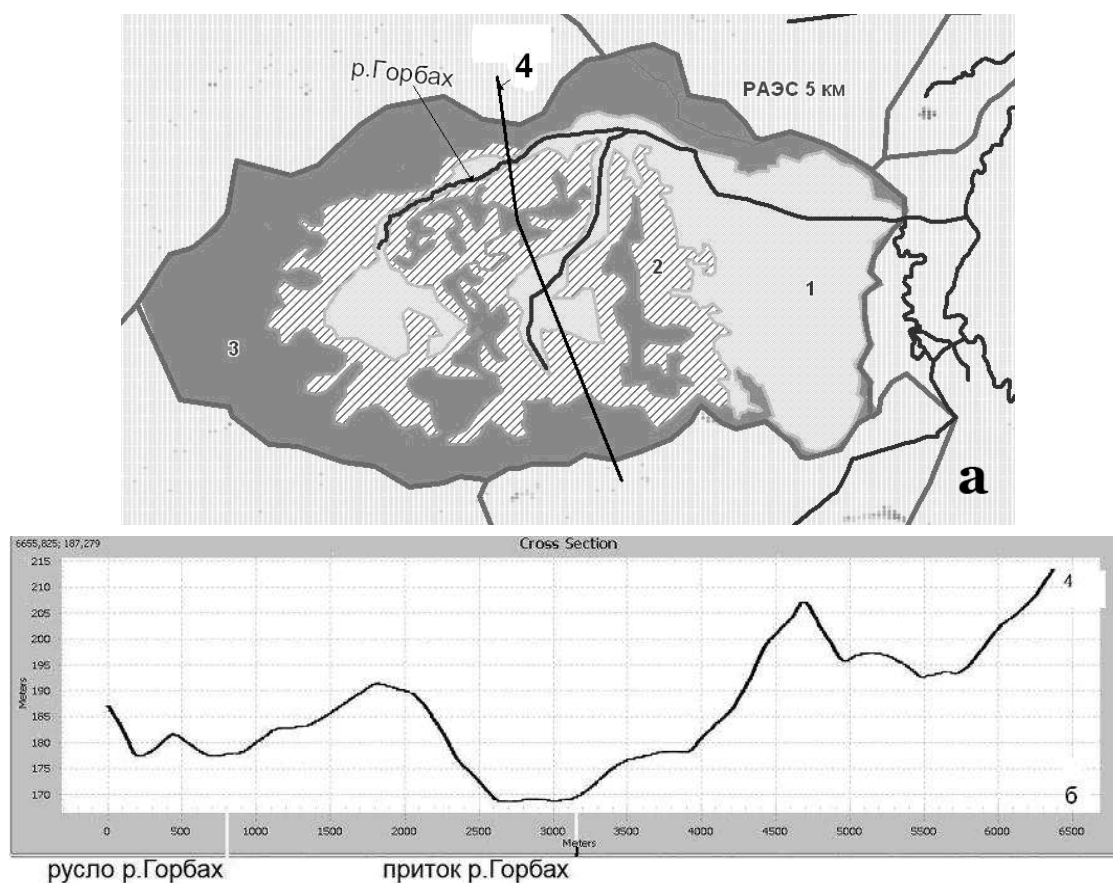


Рис. 1. Структура бассейна малой р. Горбах в пределах 10-километровой зоны РАЭС (а):
1 - пойма р. Горбах; 2 - склоновая часть; 3 - водораздельная часть.
Пример вертикального разреза по профилю рельефа (б).

С целью выделения характерных зон протекания процессов механической, физико-химической, техногенной, биогенной миграции предлагается использовать бассейново-ландшафтный принцип дифференциации территории. При выделении элементарных структурных единиц бассейнов выбраны категории, приведенные в работах известных ландшафтоведов Б.Б. Польшова, М.А. Глазвской и др. С учетом этого бассейн делится на важные с точки зрения радиозэкологии типы ландшафтов: элювиальный, трансэлювиальный, супераквальный и аквадный. В этих ландшафтах процессы вертикальной и горизонтальной миграции протекают с различной скоростью. Такую структуру тер-

ритории можно получить в результате анализа характеристик рельефа. Пример анализа рельефа показан на рис. 1, где внутри бассейна обозначена пойменная склоновая и возвышенная водораздельные части. На этих территориях скорость поверхностного стока зависит от величины склона, типа почвы и плотности растительного покрова.

Геоморфологическая неоднородность земной поверхности обуславливает различия в процессах почвообразования и формирования плодородия почв. Эти же условия определяют характер поведения радионуклидов в почве и коэффициенты перехода из почвы в растения [3]. Таким образом, в результате анализа природных и хозяйственных условий территории формируются информационные наборы для картографического банка данных. В соответствии с требованиями к электронным картам в качестве документов для информационного обмена в банке хранятся картографические векторные слои, которые могут быть трансформированы в экспортные форматы без потери данных в информационных таблицах. Кроме интегрированных данных системы мониторинга потенциально-опасных объектов, картографический банк данных должен содержать набор специальных слоев, полученных с применением методов геопространственного анализа.

Специальные слои формируются с использованием данных дистанционного зондирования изучаемой территории. Этот прием обеспечивает объективность и точность цифровых карт. В ходе работы были исследованы наборы геопространственной информации разного масштаба и установлена их информативность и степень достаточности для задач глобального, регионального и локального уровней радиоэкологического мониторинга (см. таблицу). На основании этого были отобраны источники необходимой информации и установлены требования к разрешению входной пространственной и детализации атрибутивной информации.

Источники входной информации и требования к ней

На рис. 2 приведены источники информации для формирования картографических слоев и их атрибутивной информации для задач оценки радиационного загрязнения агроландшафтов.

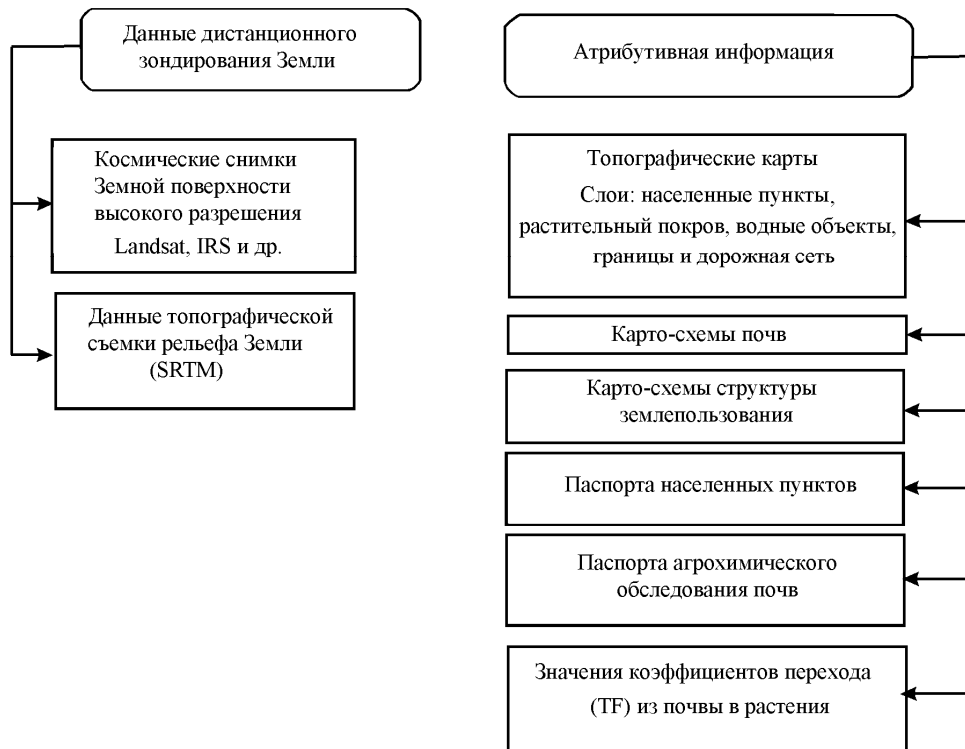


Рис. 2. Источники входной информации для создания электронных карт для локального уровня.

Точность и современность данных о локальных условиях территории при формировании электронных карт обеспечивается данными дистанционного зондирования Земли: мультиспектральными данными космических снимков и цифровыми данными съемки рельефа Земной поверхности (SRTM).

В качестве основной математической модели при построении карт предлагается использовать Мировую геодезическую систему WGS-84 (ГС WGS). Эта система введена в действие в Украине для

задач картографирования территории постановлением № 2359 Кабинета Министров Украины [8]. Применение ГС WGS-84 позволяет:

использовать данные космической съемки для анализа особенностей территории исследования;

вести регистрацию геопространственных радиоэкологических данных с использованием навигационных приемников GPS;

создавать картографические покрытия по космическим снимкам территории;

осуществлять обмен данными при проведении международных научных исследований.

Применение ГС WGS-84 позволяет использовать данные SRTM (The NASA Shuttle Radar Topographic Mission) с шагом в пространстве 900 и 90 м для анализа рельефа и построения цифровых моделей рельефа, а также создания бассейновых карт территории (рис. 3).

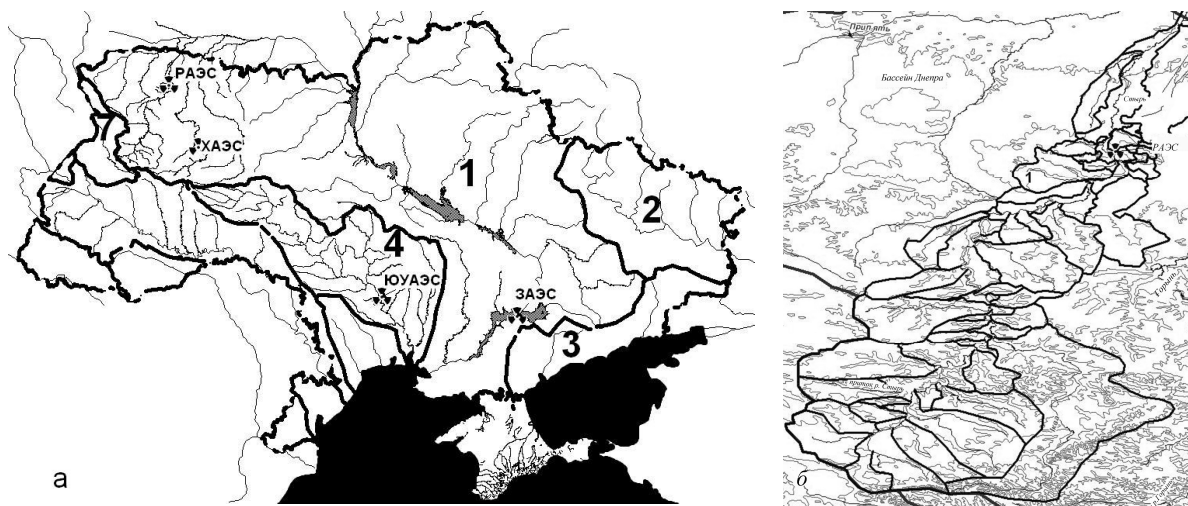


Рис. 3. Карты бассейнов рек Украины (а): 1 - Днепра, 2 - Сиверского Донца, 3 - рек со стоком с Приазовской возвышенности, 4 - Южного Буга и т.д.; 1 – бассейн р. Стырь (приток Днепра 2-го порядка); бассейн р. Горбах (приток 3-го порядка) (б).

Учитывая, что в настоящий момент в Украине структура сельскохозяйственных земель претерпела значительные изменения, для создания и актуализации карт землепользования были использованы данные космической съемки земной поверхности [4]. На рис. 4, б приведен пример цифровой векторной карты землепользования 10-километровой зоны Ровенской АЭС (РАЭС), созданной по мультиспектральному снимку Landsat 7 с разрешением 15 м (см. рис. 4, а).

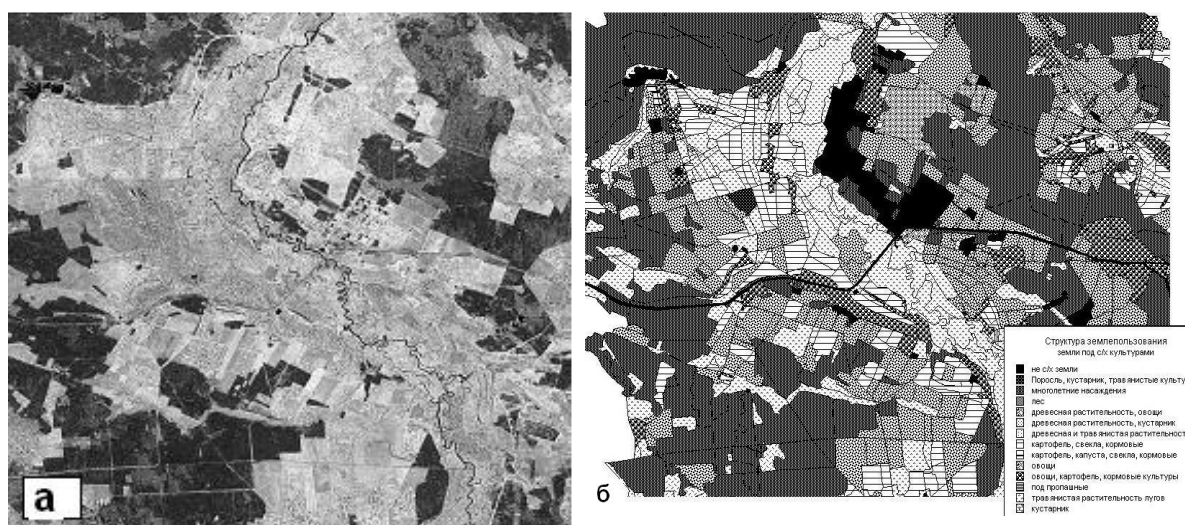


Рис. 4. Мультиспектральный снимок Landsat 7 (а); векторная карта структуры землепользования в пределах 10-километровой зоны РАЭС (б).

При создании, идентификации и наполнении картографических слоев атрибутивной информацией использовались мелкомасштабные и среднemasштабные растровые и векторные топографи-

ческие карты. Для крупного масштаба привлекались картосхемы структуры землепользования территориальных органов самоуправления, паспорта сельских советов по населенным пунктам и агрохимического обследования земель, а также специализированная тематическая информация о коэффициентах перехода радионуклидов из почвы в сельскохозяйственные культуры.

К входной информации, необходимой для оценки радиационной ситуации на разных уровнях аварийного реагирования, сформулированы требования, представленные в таблице.

Требования к входной информации для различных уровней аварийного реагирования на АЭС

Уровень аварийного реагирования	Целевое использование картографических материалов	Масштаб загрязнения	Разрешение информации ДЗЗ	Масштаб картографического материала
Глобальный	Обзорные оценки рисков формирования опасной радиационной обстановки	1000 км и более	> 100 м	M1:5 000000 M1:1 000000
Региональный: несколько областей	Оценки воздействия в зоне наблюдения АЭС, обоснования зон экстренных и неотложных мер, сеть мониторинга радиационного загрязнения почвы и растительности	100 - 1000 км	30 м	M1:2 00000 M1:1 00000
Локальный: поле, территория сельского совета, несколько районов	Проекты проведения защитных мероприятий	1 - 100 км	15 м и выше	M1:25 000 M1:10 000

Программные средства и требования к ним

Программные средства, с помощью которых создаются информационные объекты системы, должны обеспечивать функции по обработке данных космической съемки: операции экспорта, импорта, визуализации, геокодирования, трансформирования в разные картографические проекции, обработки и анализа данных разного типа с пространственной геопривязкой; работу с векторными слоями; обработку данных рельефа, в том числе и модули построения цифровой модели рельефа; тематическую обработку мультиспектральных снимков; расчет разных вегетационных индексов, с помощью которых по космическому снимку можно дифференцировать объекты подстилающей поверхности; объединение 3D-моделей и векторных карт, построения тематических карт с использованием цифровых векторных: точечных, матричных, полигональных данных.

Такие программные средства, как ArcGis, ERDAS Imagine, включают модули кластерного анализа спектральной яркости космических снимков и инструменты для обработки данных рельефа и картографии.

Структура и организация информационного пространства

Для разработки информационного обеспечения в целях радиоэкологического мониторинга предположена следующая структура из восьми функциональных блоков (рис. 5). Информация, собранная по представленной структуре обеспечит задачи прогнозирования и оценки радиационной ситуации. Для организации данных разработаны специальные структуры информационных таблиц электронных карт.

На данный момент отработан алгоритм создания специальных картографических слоев, обеспечивающих цели прогнозирования радиационной ситуации в случае аварийных выбросов АЭС на региональном и локальном уровне. Алгоритм состоит из последовательности операций:

создание цифровой векторной карты подстилающей поверхности по космическому снимку с разрешением 15 - 30 м;

идентификация картографических объектов и наполнение информационных таблиц карт по заданной структуре с привлечением необходимых источников входной информации;

подготовка картографических слоев типов землепользования и почвенного покрова;
 получение нового комплексного картографического слоя «тип землепользования + почва»
 (см. рис. 4, б);
 создание картографического слоя «TF почва - растение» с коэффициентами перехода из раз-
 ных типов почв в сельскохозяйственные культуры (рис. 6).

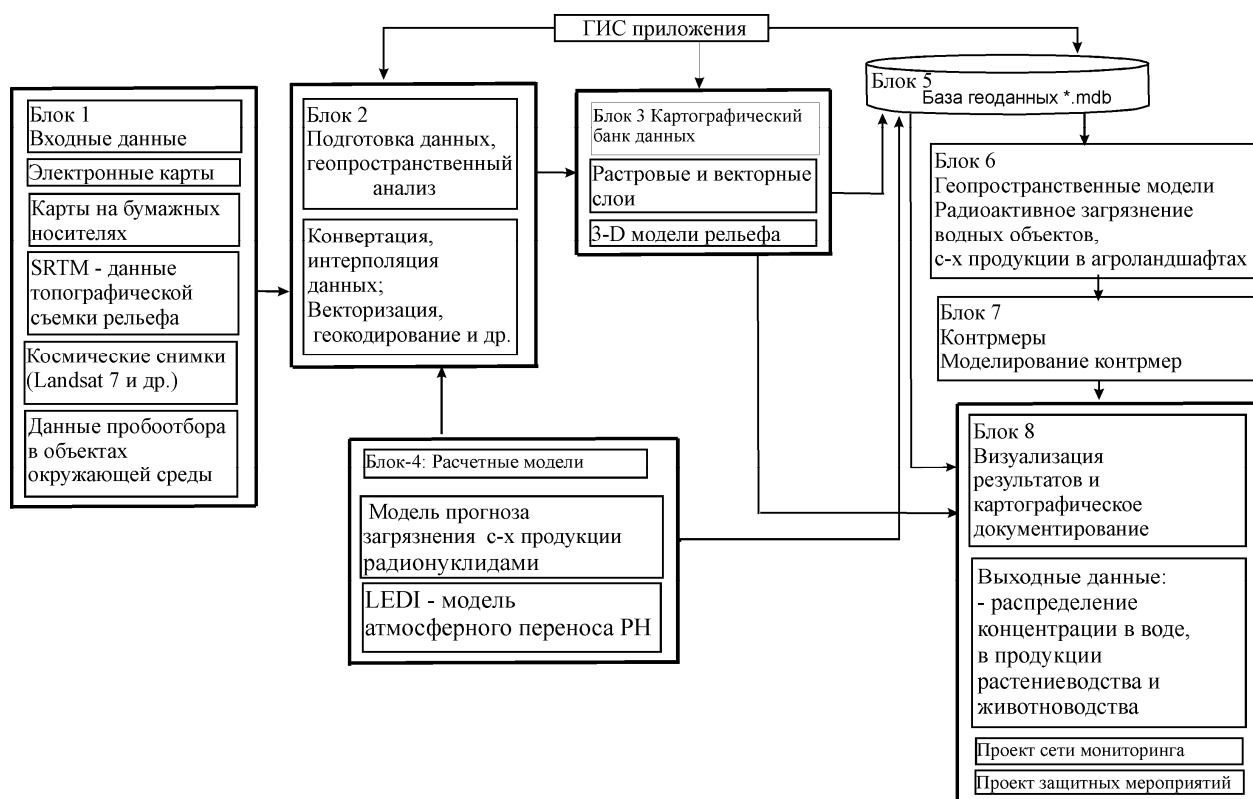


Рис. 5. Блок-схема проекта базы геопространственной информации и картографического банка для задач радиационного мониторинга



Рис. 6. Карта классификации комовых угодий по коэффициентам перехода из почвы в растения ¹³⁷Cs при одинаковом уровне загрязнения почвы. Сильно критичные: TF₀ > 100 - 250 (1); критичные TF₀ = 50 - 100 (2); менее критичные TF = 10 - 30 (3).

На рис. 6 представлена карта территории в пределах 10-километровой зоны РАЭС, на которой выделены потенциально опасные с радиозоологической точки зрения угодья, занятые природными травами. На рисунке видно, что при одинаковом уровне радиационного загрязнения, природные тра-

вы, размещенные на торфяно-болотных почвах, имеют коэффициенты перехода практически в 10 раз выше, чем на дерново-подзолистых почвах.

Выводы

Предложенная технология организации информационного пространства позволяет:
 собрать и систематизировать информацию, которая характеризует условия формирования радиационного загрязнения продукции растениеводства и животноводства;
 создать векторные слои и перевести их в функциональные классы объектов геопространственных баз данных радиационного мониторинга;
 районировать природно-географическое пространство для оценки радиоэкологической опасности и планирования защитных мероприятий при аварийных ситуациях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Готовность* и реагирование в случае ядерной и радиационной аварийной ситуации. Сер. изд. по безопасности № CG-R-2, 2007.
2. *Державний гігієнічний норматив НРБУ-97. Норми радіаційної безпеки України.* – Уведений у дію Постановою МОЗ № 62 від 1 грудня 1997 р.
3. *Ведення сільськогосподарського виробництва на територіях, забруднених внаслідок Чорнобильської катастрофи, у віддалений період. Методичні рекомендації / За заг. ред. акад. УААН Б. С. Прістера.* - К.: Атіка-Н, 2007. - 196 с.
4. *Кохан С. С., Востоков А. Б.* Дистанційне зондування Землі. - К.: Вища шк., 2009. – 510 р.
5. *Тиори Т., Фрай Дж.* Проектирование структур баз данных. Т. 1. - М.: Мир, 1985.
6. *Лев Т. Д., Тищенко О. Г., Пискун В. Н.* Информационно-аналитическое и картографическое обеспечение систем аварийного реагирования АЭС // Проблемы безопасности атомных электростанций і Чернобиля. – 2011. - Вип. 16. – С. 17 - 26.
7. *Тищенко О. Г., Прістер Б. С., Виноградская В. Д.* Технология превентивной подготовки информации о территории с целью усовершенствования систем реагирования в аварийных ситуациях на АЭС // Сб. тез. междунар. конф. «Чернобыль: опыт международного сотрудничества при ликвидации последствий аварии». - Россия, Москва. Обнинск, 23 - 25 ноября 2011 г. – С. 50 – 53.
8. *Постанова* КМ України № 2359 від 22 грудня 1999 р. “Про впровадження на території України Світової геодезичної системи координат WGS-84”.

О. Г. Тищенко

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

ТЕХНОЛОГІЯ РОЗРОБКИ БАЗ ДАНИХ ГЕОПРОСТОРОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ ДЛЯ ЦІЛЕЙ РАДІАЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ ТА АВАРІЙНОГО РЕАГУВАННЯ

Представлено спосіб формування бази даних геопросторової інформації і картографічного банку для цілей радіаційного моніторингу в зонах підвищеного ризику впливу АЕС та аварійного реагування. Викладено вимоги до вхідної інформації та програмного апарату. Визначено структуру сукупності об'єктів, їхні атрибути, а також інформаційні потоки, що забезпечують цільові задачі радіоекологічного моніторингу навколишнього середовища. Запропоновано спосіб використання даних дистанційного зондування для актуалізації та деталізації просторових атрибутів об'єктів радіоекологічного моніторингу й створення картографічних функціональних класів об'єктів. Показано технологію, що базується на аналізі геопросторових даних для створення зв'язків інформаційних шарів у разі використання моделі поведінки радіонуклідів у системі «грунт - рослина». Така технологія дає змогу отримувати оцінки стану забруднення об'єктів навколишнього середовища за критеріями реагування та розробляти пропозиції з оптимізації мережі моніторингу, використовуючи актуальну інформацію щодо просторових характеристик території.

Ключові слова: радіаційний моніторинг, дані дистанційного зондування, реагування на аварійні ситуації.

O. G. Tishchenko

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

TECHNOLOGY OF THE DEVELOPMENT THE DATABASE GEOSPATIAL INFORMATION FOR RADIATION MONITORING AND EMERGENCY RESPONSE

The purpose of this paper is to formulate technology of development a geospatial information database and cartographic bank for radiation monitoring system in areas of high risk of exposure from nuclear power plants and emergency response. Article describes the requirements for the input data and software that is involved in technology

that will provide optimization of monitoring. The paper specifies the structure of the set objects and attributes and information flows that facilitate solving problems of radiation monitoring. The review highlights the high efficiency of method using remote sensing data to update and detailing of spatial objects to radiological monitoring and creation of functional object classes. The study tested of technology analysis of geospatial data to create map layers using behavioral models of radionuclides in the soil-plant system for evaluation radioactive contamination. As result the technology makes it possible to assess the state of contamination of the environment with the use of response criteria and develop an optimization network monitoring, using the latest information about spatial data area.

Keywords: radiation monitoring, remote sensing, responding to emergencies.

REFERENCES

1. *Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency. Safety Requirements № CG-R-2 // International Atomic Energy Agency. - Vienna, 2007.*
2. *State hygienically normative NRSU-97. Radiation Safety Standards of Ukraine. - Committee on hygiene regulation Ministry of Health of Ukraine, 1997.*
3. *Agricultural production in areas contaminated by the Chernobyl accident in remote period. Guidelines. According Society / Edited by Academician UAAS Prister B.S. - Kyiv: Atika-N, 2007. - 196 p. (Ukr)*
4. *Kokhan S. S. Vostokov A. B. Remote sensing. - Kyiv: Vishcha shkola, 2009. - 510 p. (Ukr)*
5. *Teorey T., Fry J. Design of database structures. Vol. 1. Moscow: Mir, 1985. (Rus)*
6. *Lev T. D, Tishchenko O. G., Piskun V. N. Information, analytical and cartographic support systems for NPP emergency response // Problemy bezpeky atomnykh elektrostantsiy i Chornobylya (Problems of Nuclear Power Plants' Safety and of Chornobyl. - 2011. - Iss. 16. - P. 17 - 26. (Rus)*
7. *Tishchenko O. G., Prister B. S, Vinogradskaja V. D. Technology preventive preparation of information about the area in order to improve systems of NPP emergency response // Miscellany mes. Conf. "Chernobyl: the experience of international cooperation to eliminate accidents." - Moscow, Russia - Obninsk, 23 - 25 Nov. 2011. - P. 50 - 53. (Rus)*
8. *Resolution of the Cabinet Ministers of Ukraine № 2359 from 22.12.1999 "Introduction in Ukraine of the World Geodetic System WGS-84 coordinates." (Ukr)*

Надійшла 20.02.2013
Received 20.02.2013