

ЗАПОБІГАННЯ ТА ЛІКВІДАЦІЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

УДК (574+502.7)

О.М. Гетманец¹, Н.М. Пелихатый², Н.И. Адаменко², Д.В. Пересадыко²¹Харьковская государственная зооветеринарная академия, Харьков²Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина, Харьков

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ РЕГИОНАЛЬНАЯ СИСТЕМА РАДИАЦИОННОГО МОНИТОРИНГА

В работе рассматриваются отдельные ключевые аспекты построения региональной системы радиационного мониторинга. Выработаны основные алгоритмы обработки информации радиационного мониторинга и построения карт радиационного загрязнения контролируемой территории. Разработана комплексная система автоматического экологического мониторинга территории и приведены примеры ее возможной реализации.

Ключевые слова: радиационный мониторинг, региональная система, обработка информации, построение карт.

Введение

В настоящее время остро стоит проблема радиационного загрязнения окружающей среды. Поэтому задача постоянного наблюдения и сбора данных, анализа и прогнозирования радиационного состояния окружающей среды является одной из важнейших задач для обеспечения оперативного управления радиационной безопасностью населения. В связи с этим, система радиационного мониторинга должна быть неотъемлемой составляющей системы экологического управления территорией на всех уровнях – национальном, региональном и локальном.

Национальная программа мониторинга окружающей среды (в том числе и радиационного) включает совокупность задач государственного значения, которые основываются на законодательной и нормативно-правовой базе и позволяют реализовывать основные цели мониторинга с привлечением средств и систем в масштабах страны в целом. В свете этих задач, начиная с 2014 года, Национальная атомная энергогенерирующая компания «Энергоатом Украины» внедряет современную систему радиационного мониторинга РОДОС, которая действует во всех странах Европейского Союза и является на сегодняшний день самой эффективной и совершенной [1]. С внедрением этой системы Украина получит современную систему для экстренного реагирования на ядерные и радиационные аварии, которая основана на результатах численного моделирования и прогнозирования различных ситуаций с использованием онлайн данных из систем радиационного мониторинга вокруг АЭС.

Региональные программы радиационного мониторинга включают в себя совокупность задач,

направленных на проведение мониторинга в пределах определенного административно-территориального района, на территориях экономических и природных регионов с учетом их географических, социально-экономических и административных особенностей. В перспективе региональные программы радиационного мониторинга должны входить в качестве составных частей в национальную общегосударственную программу.

Целью настоящей работы является рассмотрение отдельных ключевых аспектов построения региональной системы радиационного мониторинга. Общим моментом для любой системы экологического мониторинга является разбиение ее на две основные составляющие-блоки – это система получения и сохранения экологической информации и система ее обработки, анализа и представления в виде конечного продукта. Каждая из этих составляющих имеет свою структурно-организационную, научно-методическую, техническую и технологическую базу. Поэтому их работа осуществляется независимо, но общая система комплексного экологического мониторинга требует параллельного развития этих двух блоков, организации их постоянного взаимодействия и корректировки стратегии и тактики на каждом этапе развития системы с учетом возможностей ее функционирования в условиях чрезвычайных ситуаций.

Основной раздел

Основная задача системы наблюдений для регионального радиационного мониторинга состоит в экологическом районировании территории [2], которое позволяет выявить и оценить факторы, влияющие на первичное распространение загрязняющих веществ с последующей их миграцией

и накоплением, что является необходимым для обоснования выбора объектов контроля на площади полигона с учетом оптимизации (минимизации) количества пунктов наблюдений и обеспечения репрезентативности и равноточности данных измерений по всей территории зоны наблюдений. При этом, число пунктов наблюдений и объем данных должен быть таким, чтобы он мог обеспечить количество мониторинговой информации, достаточное для разработки прогнозов и рекомендаций, оптимизации принятия решений, направленных на обеспечение экологической безопасности населения контролируемой территории.

Наиболее перспективным в данном направлении является использование геоинформационных систем (ГИС-технологий) [3]. При этом вся территория района рассматривается как множество карт, которое содержит, в том числе, и карты радиационного загрязнения. Для формирования таких карт необходимо иметь функциональное выражение для зависимости интенсивности поля радиационного загрязнения от пространственных координат, то есть необходимо решать две задачи: 1) построение дискретной картины пространственного распределения радиационного загрязнения (поля радиационного излучения); и 2) восстановление функциональной зависимости для этого поля по его дискретным значениям.

Решение первой задачи предусматривает разработку программы измерений, в рамках которой должно быть определено минимальное количество датчиков для измерения поля радиационного излучения в пространстве и во времени. Обеспечение минимально необходимого числа измерений в пространстве предусматривает определение необходимого числа пунктов измерений, их рациональное распределение по территории (полигону) для обеспечения: наглядности информации о радиационном загрязнении территории; возможности получения информации от всех пунктов измерений; возможности перехода от точечной картины радиационного загрязнения территории к двумерным дискретным «изображениям» (картам), то есть выполнение условий теоремы Котельникова (или Найквиста-Шеннона) [4], которая утверждает, что любой непрерывно распределенный сигнал можно представить в виде интерполяционного ряда. При организации измерений необходимо также учитывать тот факт, что не всегда можно обеспечить одновременность физических измерений для получения двумерных дискретных «изображений». В этом случае представляется целесообразным комплексование разных подходов, моделей и методов [3].

Комплексование в измерительных системах – это известный метод обеспечения точности оценки физических величин. При этом измерители или

группируются по определенным признакам, или организуется обработка их показаний с помощью специальных алгоритмов. При моделировании на ЭВМ предлагается использовать комплексование моделей следующим образом. Пусть рассматривается система малой информативности, т.е. система с одним результирующим показателем x :

$$P = \Phi(x), \quad x = (x_1, x_2, \dots, x_n). \quad (1)$$

Исследуемый показатель находится в сложном функциональном соответствии с определенным количеством факторов. Функциональная зависимость обеспечивает моделирование физического процесса. Тогда комплексование будет представлять собой сочетание нескольких моделей данного физического процесса, которое позволит, сохраняя точность оценки результирующего показателя, построить оперативную (быстродействующую) и удобную для анализа схему вычислений. Организуется модель более крупной (или упрощенной) структуры вида, аналогичного (1).

$$P_1(x) = f(\bar{x}), \quad \bar{x} = (\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_n). \quad (2)$$

Набор факторов отличается от x , например, увеличением: $\bar{x}_1 = (x_1, \dots, x_k)$.

Данная модель действует, пусть не во всем диапазоне изменения фактов, а на кусковых интервалах, которые удовлетворяют условию: $f(\bar{x}) \equiv \Phi(x)$. Для этого, используя возможную общность структуры

$$\begin{aligned} \Phi(x) &= \varphi_1(y_1) \varphi_2(y_2) \dots \varphi_m(y_m); \\ f(\bar{x}) &= \bar{\varphi}_1(\bar{y}_1) \bar{\varphi}_2(\bar{y}_2) \dots \bar{\varphi}_m(\bar{y}_m), \end{aligned} \quad (3)$$

где

$$\begin{aligned} y_1 &= (x_1, x_2, \dots, x_i); & \bar{y}_1 &= (\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_{i1}); \\ y_2 &= (x_1, x_2, \dots, x_j); & \bar{y}_2 &= (\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_{j1}); \\ y_m &= (x_1, x_2, \dots, x_i); & \bar{y}_1 &= (\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_{i1}) \end{aligned}$$

введем подстройки модели для простоты линейными множителями (можно и другим классом множителей):

$$\begin{aligned} \varphi_1(y_1) &= k_1 \bar{\varphi}_1(\bar{y}_1); \quad \varphi_2(y_2) = k_2 \bar{\varphi}_2(\bar{y}_2), \dots, \\ \varphi_m(y_m) &= k_m \bar{\varphi}_m(\bar{y}_m). \end{aligned} \quad (4)$$

Настроечные коэффициенты k_i определяются методом наименьших квадратов по результирующему показателю: $\Delta = [\hat{O}(x) - f(x)]^2$.

Таким образом, параллельное решение задачи моделирования на моделях различной глубины позволяет, сохраняя точность вычислений, построить оптимальный алгоритм формирования «изображений» соответствующих фрагментов поверхности, что необходимо для обработки и анализа разработанных алгоритмов.

Кроме того, для обеспечения достаточного

количества измерений и необходимого их распределения в пространстве и во времени, предлагается комплексование физического и модельного способа измерений, которое предусматривает настройки модели на конкретный измеритель (измерители) и ее использование для получения данных даже в тех точках, в которых невозможно проведение физического измерения [2, 3].

Более удобный подход был предложен в работах [5, 6], в которых были рассмотрены основные простейшие алгоритмы моделирования при проведении радиационного мониторинга местности в режиме реального времени, в частности, построение непрерывной регрессионной модели поля ионизирующих излучений, основанной на показаниях датчиков, находящихся в определенных точках контролируемой зоны.

Положим, что имеется N датчиков радиационного излучения, которые расположены в N точках плоской контролируемой территории с координатами: $(x_1, y_1), (x_2, y_2), (x_3, y_3) \dots (x_N, y_N)$. Предположим также, что в определенный момент времени t в каждой точке размещения датчиков были получены мгновенные значения мощности экспозиционной дозы D : $D_1, D_2, D_3, \dots, D_N$ соответственно. Попытаемся описать эти данные при помощи модели множественной регрессии по координатам x и y [5, 6]:

$$D = ax^3 + by^3 + cx^2y + dxy^2 + ex^2 + fy^2 + gxy + hx + ky + l, \quad (5)$$

где $a, b, c, d, e, f, g, h, k, l$ – параметры регрессии, оценки для которых не представляет труда получить по фактическим данным $D_i(x_i, y_i)$ ($i=1 \dots N$) методом наименьших квадратов. Модель (5) приближенно описывает поле ионизирующего излучения в виде поверхности 3-го порядка по координатам x и y над контролируемой территорией и в некоторой области вблизи ее границ.

В работах [7, 8] была построена 3d-модель нелинейной множественной регрессии, учитывающая рельеф местности на контролируемой территории за счет введения в уравнение регрессии членов с координатой z , отсчитываемой, например, от уровня моря:

$$D = ax^3 + by^3 + cz^3 + dx^2y + exy^2 + fzx^2 + gzy^2 + hxz^2 + ky^2z + lx^2 + my^2 + nz^2 + prxy + qxz + ryz + sx + ty + vz + w, \quad (6)$$

где $a, b, c, d, e, f, g, h, k, l, m, n, p, q, r, s, t, v, w$ – параметры регрессии, оценки для которых также получают по фактическим данным $D_i(x_i, y_i, z_i)$ ($i=1 \dots N$) методом наименьших квадратов.

Из условия равнозначности данных измерений

по всей территории можно получить следующую оценку для необходимого количества датчиков радиационного излучения на контролируемой территории N в зависимости от числа параметров используемой регрессионной модели M [5, 6]:

$$\frac{4}{3}M \leq N. \quad (7)$$

Так, например, в модели (5) число параметров $M=10$. Поэтому необходимое число датчиков должно быть: $13 < N$. В модели (6) число параметров $M=19$, необходимое число датчиков должно быть: $25 < N$.

Однако, возникает вопрос: насколько качественным является полученное уравнение регрессии (5), и на сколько достоверными являются оценки его коэффициентов $a, b, c, d, e, f, g, h, k, l$. Для ответа на этот вопрос могут быть привлечены методы проверки статистических гипотез, в частности, критерии Стьюдента (t -критерий) и Фишера (F -критерий).

На первом этапе при помощи замены переменных: $x = x_1$; $y = x_2$; $xy = x_3$; $x^2 = x_4$; $y^2 = x_5$; $x^2y = x_6$; $xy^2 = x_7$; $x^3 = x_8$; $y^3 = x_9$ уравнение (5) можно преобразовать в уравнение множественной линейной регрессии:

$$z = a + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_5x_5 + b_6x_6 + b_7x_7 + b_8x_8 + b_9x_9, \quad (8)$$

в котором коэффициенты a и b_i ($i=1, 2, \dots, 9$) связаны с коэффициентами уравнения (5) следующим образом:

$$a = l; b_1 = h; b_2 = k; b_3 = g; b_4 = e; b_5 = f; b_6 = c; b_7 = d; b_8 = a; b_9 = b.$$

Анализ значимости коэффициентов a и b_i , а также значимость всего уравнения регрессии (8) в целом (то есть и значимость уравнения (5)) может быть проведен даже в рамках программы Microsoft Excel в рамках пакета анализа данных. Методом последовательного исключения незначимых переменных придем к окончательному виду уравнения регрессии (5), которое является значимым по Фишеру по крайней мере на уровне $\alpha < 0,05$, а его коэффициенты значимы по Стьюденту на том же уровне достоверности $\alpha < 0,05$, который принят в естественных науках.

В качестве примера приведем построения полей радиационного фона по данным измерений, проведенных в феврале-марте 2013 года на части территории Октябрьского района г. Харькова, ограниченной показанной на рис. 1 окружностью.

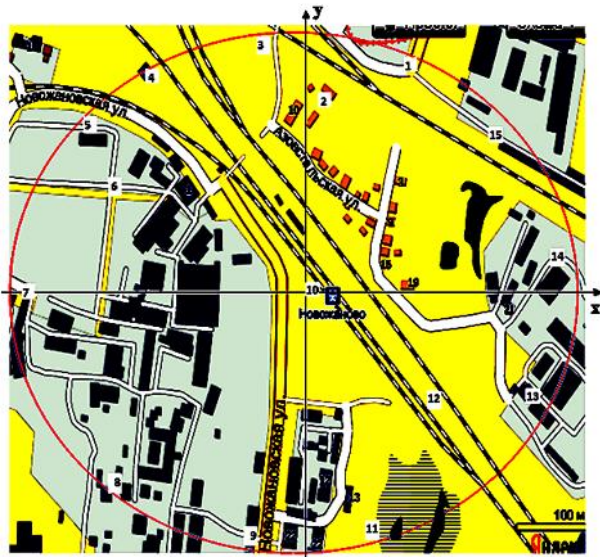


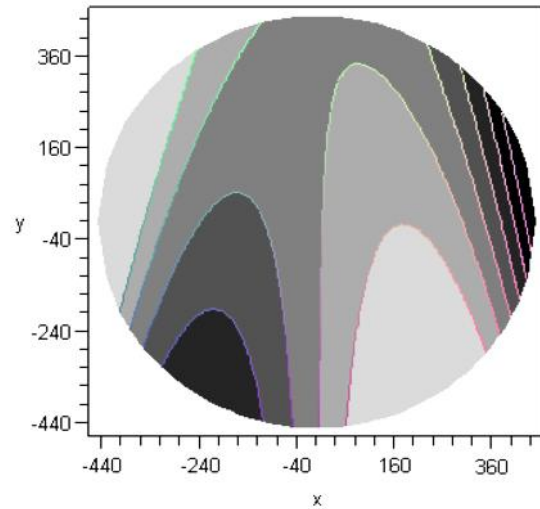
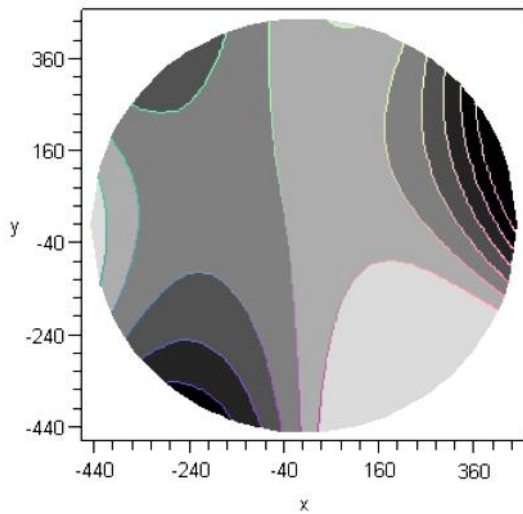
Рис. 1. Схема расположения точек наблюдений на части территории Октябрьского района г. Харькова (направления осей: y – север, x – восток)

Сравнение результатов, полученных с учетом всех членов уравнений регрессии (5) и (8), и после обработки, заключающейся в выделении наиболее информативных, значимых по Студенту переменных уравнения регрессии (8) на уровне достоверности $\alpha < 0,05$ (при этом новое уравнение регрессии становится значимым по Фишеру на уровне достоверности не ниже $\alpha < 0,05$), проводится на рис. 2.

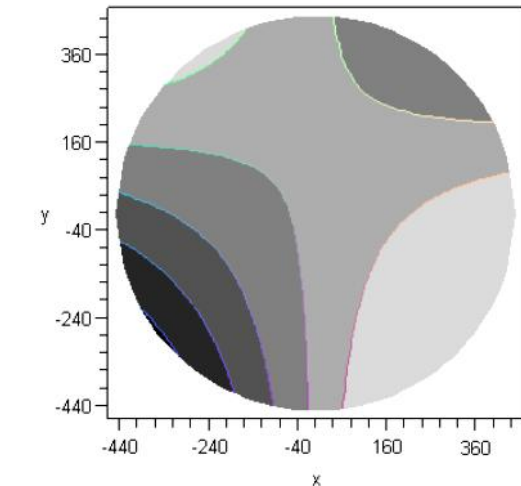
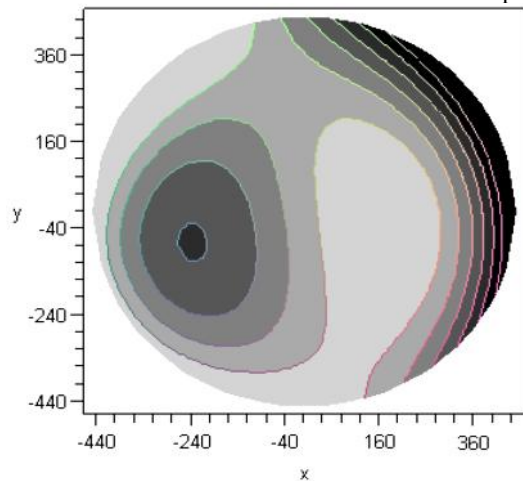
До обработки

После обработки

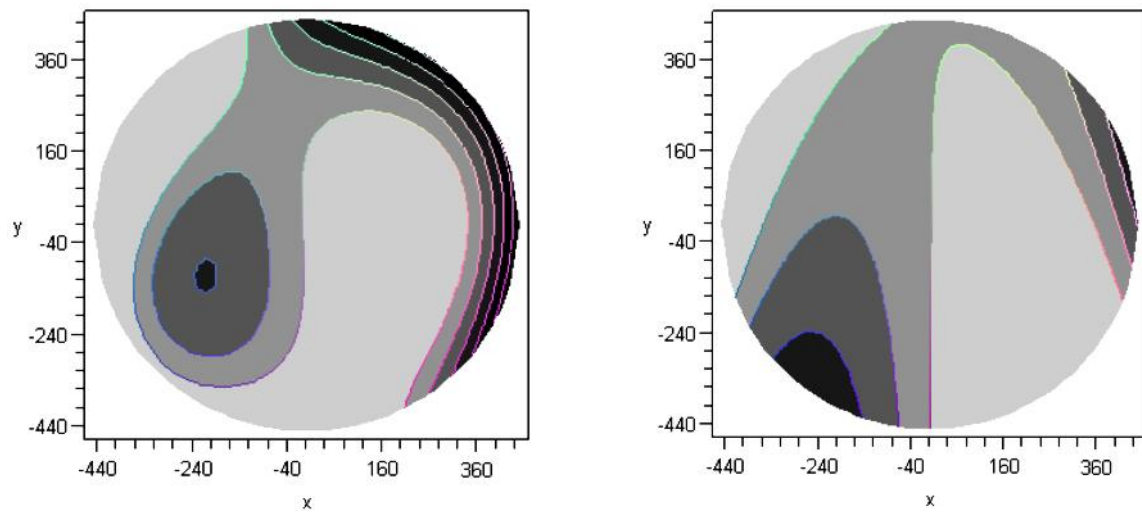
5 февраля 2013 г.



6 февраля 2013 г.

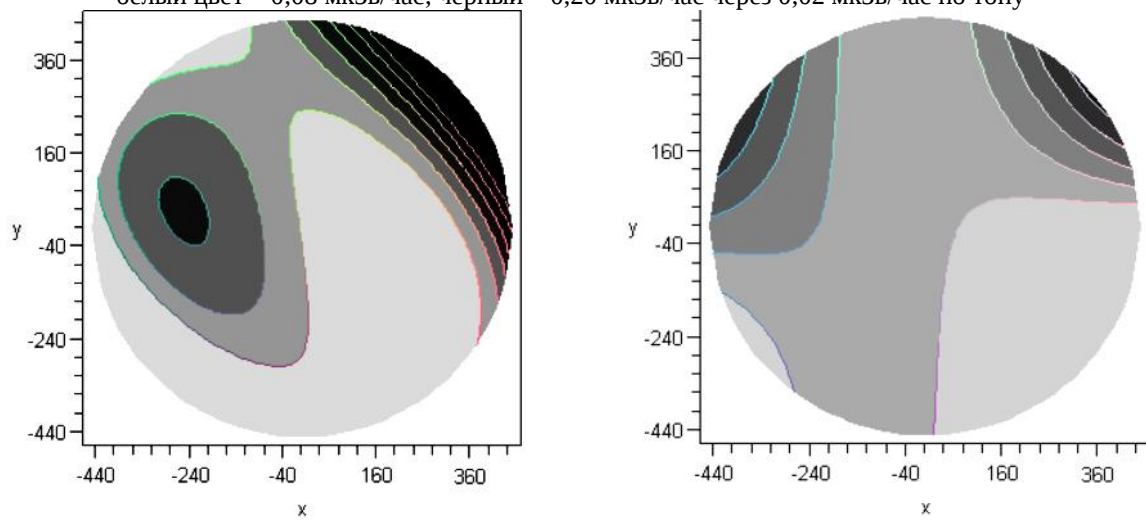


17 февраля 2013 г.

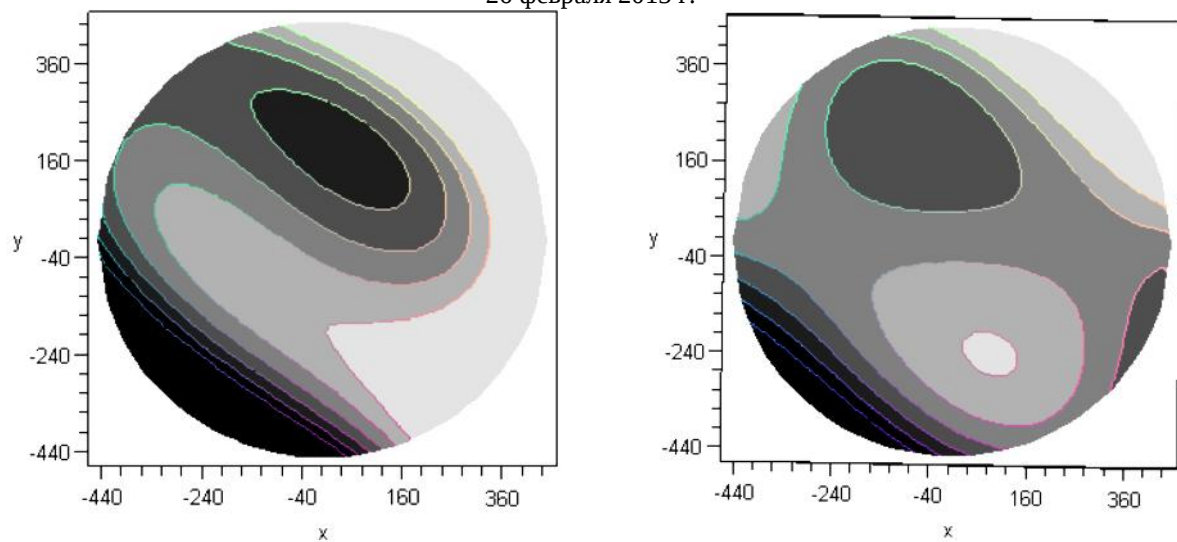


23 февраля 2013 г.

Рис. 2. Поля радиационного фона: координаты x и y в метрах;
 белый цвет – 0,08 мкЗв/час; черный – 0,20 мкЗв/час через 0,02 мкЗв/час по тону



26 февраля 2013 г.



3 марта 2013 г.

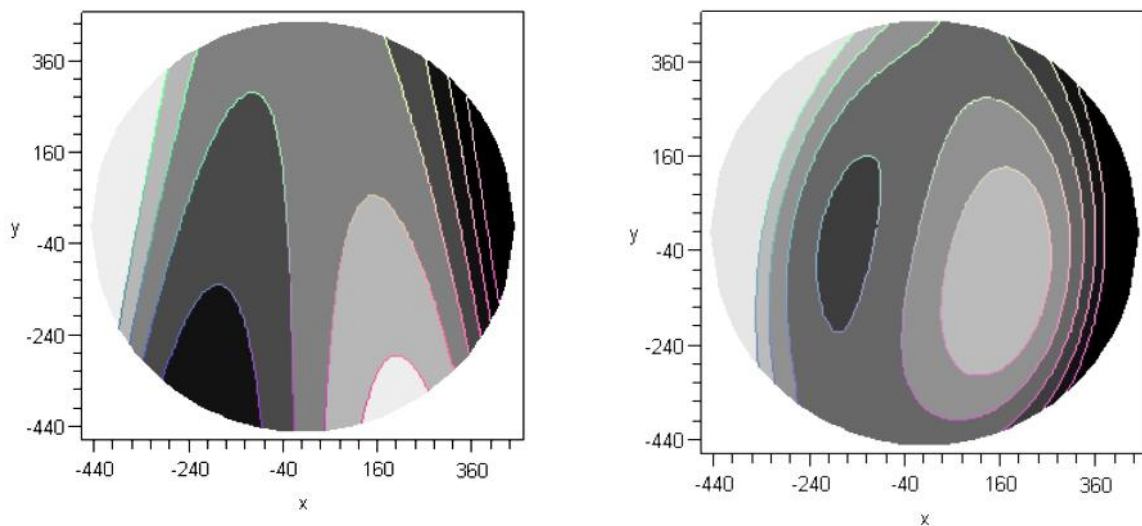


Рис. 2. Поля радиационного фона: координаты x и y в метрах; белый цвет – 0,08 мкЗв/час; черный – 0,20 мкЗв/час через 0,02 мкЗв/час по тону (окончание)

Из этого рисунка видно, что обработанные согласно предложенной методике поля радиационного фона являются более гладкими, уменьшились краевые эффекты вблизи границы контролируемой зоны и выбросы внутри зоны, связанные с использованием нелинейной регрессионной модели (5) высокого порядка по координатам.

Описанные выше алгоритмы могут быть использованы в комплексной региональной системе радиационного мониторинга [9]. Предлагаемая система может быть также использована в комплексе атмосфероохранных мероприятий для проведения мониторинга окружающей среды и оперативного выявления источников загрязнения окружающей среды по состоянию атмосферного воздуха на наличии вредных примесей.

Известные системы мониторинга атмосферы (см., например, [10]) имеют сходные между собой схемы построения с некоторыми аппаратными и сервисными различиями. Из пунктов сбора (первичных постов контроля) информация поступает в диспетчерский пункт, где автоматически по программе данные заносятся в архив, создаются базы данных, строятся карты экологической обстановки, а в случае возникновения опасной ситуации, информация выводится на монитор, и подаются аварийные сигналы. В автоматическом режиме «онлайн» создаются также отчетные документы, отражающие распределение контролируемых показателей по территории со всей необходимой дополнительной информацией. Недостатком известных систем является то, что в большинстве из них на первичных постах контроля применяют персональный компьютер для сбора данных и управления постом. Это ведет к удорожанию системы. Сами посты имеют габаритные размеры

порядка нескольких метров, их перевозка и установка может быть осуществлена только с использованием мощной автотехники. Также для обеспечения работы постов необходимо наличие сети электропитания и кабеля связи в сети Ethernet.

Известны также системы экологического мониторинга атмосферного воздуха промышленных предприятий региона (см., например, [11]), которые содержат датчики контроля экологического состояния среды, центральный диспетчерский пункт, средства радиосвязи, систему GPS и мобильную телефонную систему. Недостатками данных систем является наличие промежуточных пунктов обработки информации, что вносит искажения в поток первичной информации, полученной с датчиков, и снижает объективность контроля, особенно по показателям экологического состояния большой территории.

Поэтому задачей предлагаемой комплексной региональной системы автоматического радиационного мониторинга территории является совершенствование существующих систем экологического мониторинга атмосферы с целью исключения указанных выше недостатков, а также использование преимуществ пересылки информации беспроводными каналами связи.

Система содержит датчики экологического контроля состояния среды, центральный диспетчерский пункт, средства радиосвязи, систему GPS и мобильную телефонную систему. При этом датчики экологического контроля устанавливаются на первичных постах контроля, каждый из которых представляет собой автономный блок размером не более 300×300×200 мм. От 10 до 300 первичных постов контроля размещают на стационарных объектах контролируемой территории (линиях электропередач, светофорах, растяхках проводов

электротранспорта и др.) или на автотранспортном средстве для перемещения по контролируемой территории. Кроме того, каждый первичный пост контроля имеет: блок питания, микроконтроллер с программой, модуль связи в беспроводной сети мобильного оператора и модуль GPS, а центральный диспетчерский пункт содержит модуль связи в беспроводной сети мобильного оператора и компьютер с соответствующим программным обеспечением. Первичный пост контроля также дополнительно содержит модуль для работы в сети Ethernet. Помимо этого, каждый первичный пост контроля содержит от 10 до 50 разъемов для внешнего и внутреннего подключения дополнительных датчиков, которые могут определять состав атмосферного воздуха, метеорологические показатели, уровень радиационного фона, а также получать другую разнообразную информацию.

Благодаря наличию в первоначальном посту контроля модуля GPS, в систему автоматически заносятся координаты этого поста, что дает значительные преимущества при использовании системы в мобильном варианте, когда в процессе прохождения вдоль маршрута вместе с контролируемыми показателями передаются координаты нахождения мобильного первичного поста контроля, и эти показатели автоматически привязываются к соответствующим точкам на карте.

На рис. 3 схематически показана принципиальная схема системы автоматического мониторинга территории, где введены следующие обозначения:

- 1 – компьютер с программным обеспечением;
- 2 – модуль связи центрального диспетчерского пункта в беспроводной сети мобильного оператора;
- 3 – первичный пост контроля, установленный или на стационарных объектах контролируемой территории, или в мобильной лаборатории;
- 4 – пост контроля центрального диспетчерского пункта.

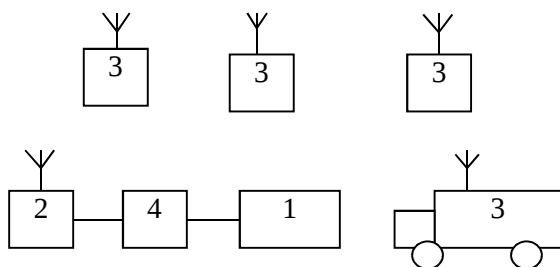


Рис. 3. Принципиальная схема системы автоматического мониторинга территории

С помощью установленного в центральном диспетчерском пункте компьютера (1) с программным обеспечением через модуль связи (2) в беспроводной сети мобильного оператора направляется запрос на адрес первичного поста

контроля (3) с датчиками экологического контроля. В аппаратуре поста есть такой же модуль связи, который принимает запрос, далее программа микроконтроллера расшифровывает поступившую команду. После этого происходит считывание показателей с соответствующего датчика контролируемого показателя и передача ее значения обратно на модуль связи (2), а с него через пост контроля (4) центрального диспетчерского пункта к компьютеру (1). К посту контроля (4) центрального диспетчерского пункта могут быть непосредственно подключены дополнительные датчики (например, концентрации газов NH_3 , H_2S , O_3 , NO_2 , CH_2O , метеорологических параметров и др.), информация с которых поступает в режиме реального времени на компьютер (1).

Поскольку прием данных идет по радиоканалу, информация с мобильного поста также поступает в режиме реального времени. Весь процесс приема информации и ее обработки происходит автоматически, включая построение карт и подачи, если нужно, сигналов тревоги.

Схема автоматического первичного поста контроля показана на рис. 4, где введены обозначения:

- 5 – датчики экологического контроля;
- 6 – однокристальный микроконтроллер с программой;
- 7 – блок питания;
- 8 – модуль связи в беспроводных сетях GSM;
- 9 – модуль GPS;
- 10 – модуль для работы в сети Ethernet (в случае необходимости).

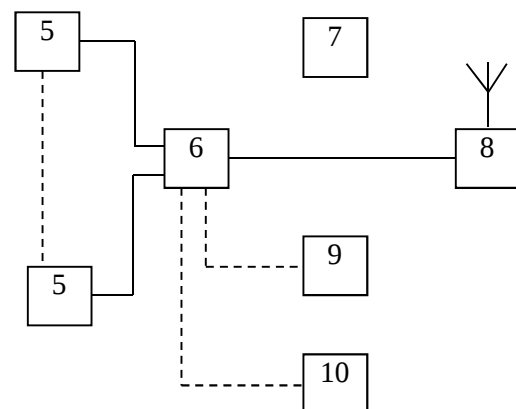


Рис. 4. Схема автоматического первичного поста контроля

Автоматический пост контроля работает следующим образом: модуль связи (8) принимает запрос от модуля мобильной связи центрального диспетчерского пункта, программа микроконтроллера (6) расшифровывает поступивший сигнал. Далее происходит считывание значения контролируемых показателей от нужного датчика экологического

контроля (5) и передача этих значений на компьютер центрального диспетчерского пункта (1) через модуль связи (2). Модуль GPS (9) в первичном автоматическом посту контроля дает возможность заносить в систему координаты каждого поста контроля с точностью до нескольких метров и вносить их значения в компьютер. Это дает существенные преимущества при применении мобильного варианта системы, когда в процессе прохождения вдоль маршрута вместе с контролируемыми показателями передаются координаты мобильного первичного поста контроля, и значение этих показателей автоматически привязываются к соответствующим точкам на карте. Блок питания (7) обеспечивает бесперебойную работу всего автоматического первичного поста контроля.

При частоте опроса первичного поста контроля – один раз в 20 – 30 минут, в течение 1 часа предложенная система позволяет принять информацию от 10 до 300 и более первичных постов контроля. Поскольку прием данных идет по радиоканалу, информация с поста контроля (3) на рис. 3, установленного в мобильной лаборатории, также поступает в режиме реального времени. Программное обеспечение позволяет проводить весь процесс приема информации и ее обработки в автоматическом режиме, включая построение карт и подачи, если нужно, сигналов тревоги. Считывание информации с датчиков, ее обработка и обеспечение функционирования всего блока контроля в целом осуществляется микроконтроллером (6) посредством записанной в нем программы. Современные однокристалльные микроконтроллеры по своим основным характеристикам приближаются к процессорам персональных компьютеров по производительности, но они существенно меньше их по размерам и потребляемой мощности, а также стоимости, что очень существенно для массового производства малогабаритных, мобильных и автономных устройств контроля. Особенности современных микроконтроллеров также позволяют дистанционно переустанавливать программу, по которой он функционирует.

Система обеспечивает корректировки характеристик первичного поста контроля дистанционно, при этом нет необходимости выезда к месту его расположения, улучшенная программа пересылается с сервера по сети GSM. Модуль GSM (8), входящий в состав первичного поста контроля, позволяет вести прием-передачу информации в беспроводных сетях связи, имеет малые габаритные размеры: 24×24×3 мм, вес порядка 7 г, напряжение питания 3,4 В и имеет возможность работать в диапазоне температур от –30°С до +80°С.

Потребляемая мощность составляет всего несколько Ватт и расходуется только во время передачи информации, что позволяет создать автономный пост с габаритными размерами порядка 300×300×200 мм и питанием от аккумулятора, подзарядка которого может осуществляться, например, от солнечной батареи или от датчика скорости ветра.

Преимущество передачи информации в сети GSM заключается в независимости размещения блока контроля от наличия проводной линии связи. Это позволяет расположить пост практически в любой точке контролируемой территории, на которой осуществляется экологический мониторинг, а также оперативно изменять координаты точки контроля без изменений в самой системе.

Небольшие размеры первичного поста контроля позволяют плотнее охватить контролируемую территорию. Первичный пост контроля можно стационарно закрепить к существующим сооружениям (опорам линий электропередач, светофорам, растяжкам проводов электротранспорта и др.). При такой схеме размещения сбор информации с постов не зависит от расстояния. Любой пост становится доступным в оперативном режиме. Отсутствие промежуточных пунктов сбора и обработки информации исключает искажение первичной информации с датчиков, позволяет получать максимально объективную, достоверную информацию и принимать решения на ее основе.

Предложенная комплектация блока контроля обеспечивает его компактность, незначительный вес, низкое энергопотребление, возможность использования в широком диапазоне изменений атмосферных условий с сохранением надежной стабильности работы. При этом блок контроля имеет относительно невысокую стоимость. Все эти преимущества дают возможность установить большее количество постов на контролируемой территории и увеличить плотность контроля.

Конструкция предлагаемой системы мониторинга характеризуется гибкой архитектурой и базируется на использовании известных элементов, поэтому технических трудностей по ее реализации не предвидится. Система позволяет проводить сбор информации различными типами датчиков и может быть доукомплектованной дополнительными техническими средствами.

В качестве примера опишем один из возможных вариантов реализации данной системы. На территории центральной части г. Харькова общей площадью около 6 кв. км установлено 11 первичных постов контроля радиационной обстановки на всех важнейших перекрестках, как это показано на рис. 5.

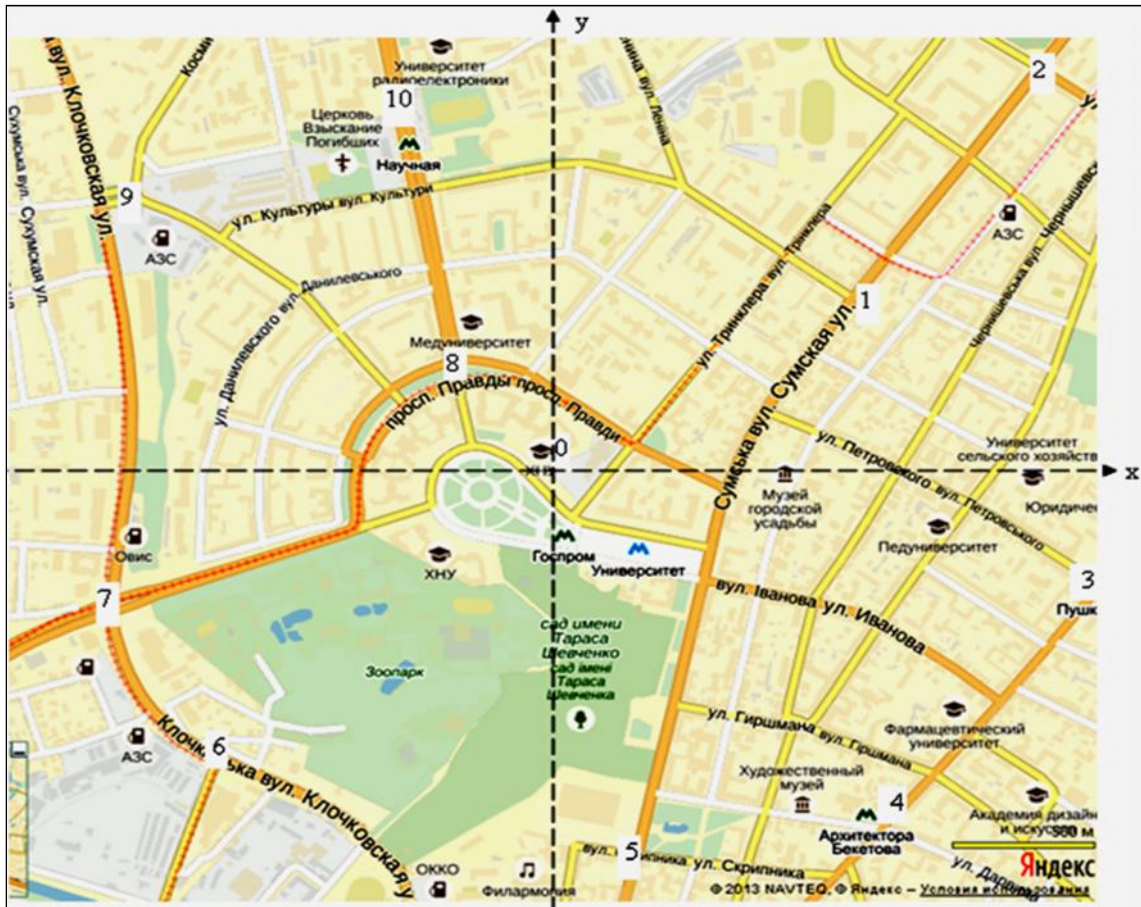


Рис. 5. Схема расположения первичных постов контроля на контролируемой территории (направление осей: у – север; х – восток)

За начало отсчета принято точку (0) – координаты поста контроля центрального диспетчерского пункта, который находится в северном корпусе Харьковского национального университета им. В.Н. Каразина. Каждый первичный пост контроля оснащен детектором непрерывного рентгеновского и гамма-излучения типа «ЭКОЛОГ-мини» размером 100×60×26 мм и массой 125 г (вместе с аккумуляторной батареей питания напряжением 9 В). Детектор имеет абсолютную погрешность измерений 0,01 мкЗв/час.

Все первичные посты контроля подключены к системе беспроводной связи с модулем (2), который передает полученные сигналы через центральный пост контроля (4) к компьютеру (1), как это показано на рис. 3. Модуль связи (2), пост контроля (4) и компьютер (1) для удобства расположены на центральном диспетчерском пункте.

Предположим, что в некоторый момент времени показания детекторов на постах контроля (0) – (10) приняли значения, приведенные в табл. 1.

Таблица 1

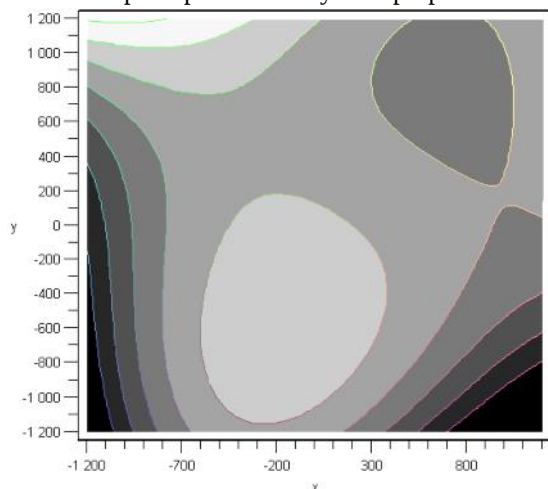
Таблица значений										
№ первичного поста контроля на рис. 5										
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Мощность экспозиционной дозы, мкЗв/час										
0,10	0,11	0,11	0,12	0,13	0,10	0,11	0,12	0,10	0,11	0,10

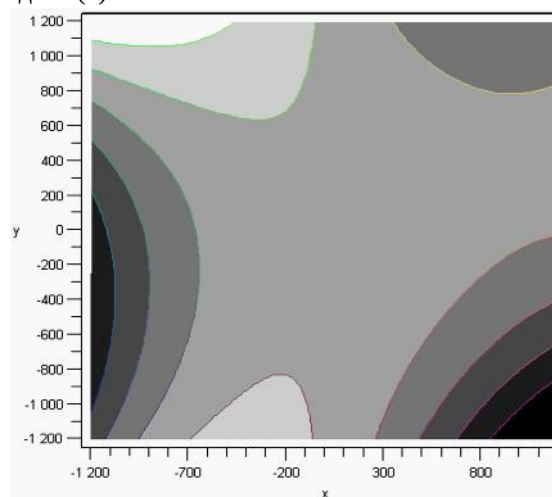
Обработка полученных данных относительно значений экспозиционной дозы рентгеновского и гамма-излучения была проведена в режиме реального времени на компьютере (1) согласно описанным выше алгоритмам. Результаты обработки в виде карты радиационного загрязнения контролируемой территории представлены на рис. 6. Рис. 6, а соответствует применению уравнения регрессии (5) с учетом всех его 10-ти членов, а рис. 6, б – обработке уравнения регрессии (5) с учетом только значимых по Стьюденту на уровне достоверности $\alpha < 0,05$ слагаемых (их оказалось в данном случае 5). При этом значимость нового уравнения регрессии по Фишеру составила: $\alpha < 0,003$. Строго говоря, в соответствии с неравенством (7), для применения уравнения регрессии (5) требуется не 11, а минимум – 13 датчиков. Рис. 6 показывает, что обработка результатов применения уравнения регрессии (5) с учетом методов проверки статистических гипотез существенно улучшает карту поля радиационного загрязнения, сглаживая ее и устраняя выбросы вблизи границ контролируемой территории, связанные с

нелинейным характером используемой регрессионной

модели (5).



а



б

Рис. 6. Поле радиационного фона на контролируемой территории:
а – до обработки; б – после обработки (координаты x и y в метрах;
белый цвет – 0,08 мкЗв/час, черный – 0,14 мкЗв/час через 0,01 мкЗв/час по тону)

Таким образом, предложенная система при ее достаточно невысокой стоимости и небольшой сложности позволяет проводить контроль выделенной территории по необходимым экологическим показателям в режиме реального времени. Возможность увеличения количества постов контроля при наличии условий для их размещения позволяет легко расширять пределы контролируемой территории.

Выводы

В результате проведенных в настоящей работе исследований основ построения региональной системы радиационного мониторинга были получены следующие результаты:

1. Разработаны основные алгоритмы обработки информации радиационного мониторинга и построения карт радиационного загрязнения контролируемой территории.
2. Разработана комплексная система автоматического экологического мониторинга территории.
3. Приведены конкретные примеры функционирования системы радиационного мониторинга и построения карт радиационного загрязнения контролируемой территории в режиме реального времени.

Список литературы

1. Raskob W. European approach to nuclear and radiological emergency management and rehabilitation strategies (EURANOS) / W. Raskob // Kemtechnik. – 2007. No 72 (4). – P. 172-175.
2. Некос В.Ю. Розробка систем радіаційного моніторингу довкілля / В.Ю. Некос, І.П. Юшманова, Н.М. Пеліхатий // Людина і довкілля. Проблеми неоекології: ж. наук. пр. – Х.: ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2007. – № 9. – С. 52-62.
3. Некос В.Ю. Методи і алгоритми визначення радіаційного стану довкілля / В.Ю. Некос, Н.М. Пеліхатий, І.П. Юшманова // Людина і довкілля. Проблеми неоекології: ж. наук. пр. – Х.: ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2008. – № 1-2 (11-12). – С. 90-98.
4. Котельников В.А. О пропускной способности эфира и проволоки в электросвязи / В.А. Котельников // УФН, 2006. - Т. 176, № 7. - С. 762-770.
5. Алгоритмы радиационного мониторинга местности в режиме реального времени / В.Е. Некос, О.М. Гетманец, Н.М. Пелихатый, А.В. Чуенко, А.А. Дроздов, И.А. Кривицкая // Людина і довкілля. Проблеми Неоекології: ж. наук. пр. – Х.: ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2009. – № 2 (13). – С. 7-13.
6. Спосіб радіаційного моніторингу місцевості у режимі реального часу / Патент України на корисну модель № 50154 / О.М. Гетманець, В.Г. Гордієнко, О.О. Дроздов, М.М. Пеліхатий / Заявл. 11.12.2009; опубл.

25.05.2010. Бюл. № 10. – 4 с.

7. Алгоритмы радиационного мониторинга местности в режиме реального времени / О.М. Гетманец, Н.М. Пелихатый, А.А. Дроздов, В.Е. Некос, К.И. Кучеров // Людина і довкілля. Проблеми неоекології: ж. наук. пр. – Х.: ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2010. - № 2 (15). – С. 31-33.
8. Спосіб радіаційного моніторингу реальної місцевості з реальним рельєфом / Патент № 56883 / О.М. Гетманець, В.Г. Гордієнко, О.О. Дроздов, М.М. Пеліхатий / Заявл. 23.07.2010; опубл. 25.01.2011. Бюл. № 2. – 6 с.
9. Система автоматичного моніторингу території / Патент України на корисну модель № 84133 / В.М. Ємець, М.М. Пеліхатий, О.М. Гетманець / Заявл. 15.04.2013; опубл. 10.10.2013. Бюл. № 19. – 5 с.
10. Приймак А.В. Автоматизовані системи захисту повітряного басейну від забруднень / А.В. Приймак, А.Н. Щербань, А.С. Сорока. – К.: Техніка, 1988.
11. Патент России RU № 2380729. Система экологического мониторинга атмосферного воздуха промышленного предприятия региона. МПК G01W 1/00, G08C 19/00 / Заявлено 04.06.2008. Оpubл. 27.01.2010.

Поступила в редколлегию 24.04.2014

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.А. Андронов, Национальный университет гражданской защиты, Харьков.

АВТОМАТИЗОВАНА РЕГІОНАЛЬНА СИСТЕМА РАДІАЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ

О.М. Гетманець, М.М. Пеліхатий, М.І. Адаменко, Д.В. Пересацько

В роботі розглядаються окремі ключові аспекти побудови регіональної системи радіаційного моніторингу. Вироблено основні алгоритми обробки інформації радіаційного моніторингу та побудови карт радіаційного забруднення контрольованої території. Розроблено комплексну систему автоматичного екологічного моніторингу території та наведено приклади її можливої реалізації.

Ключові слова: радіаційний моніторинг, регіональна система, обробка інформації, побудова карт.

AUTOMATED REGIONAL RADIATION MONITORING SYSTEM

O.M. Getmanets, N.M. Pelikhatiy, N.I. Adamenko, D.V. Peresadko

The some of the key aspects of building a regional system of radiation monitoring has been considered. The basic information processing algorithms of radiation monitoring and construction of radioactive contamination maps on controlled area has been developed. A complex system of automatic environmental monitoring of the territory and examples of its possible implementation has been done.

Keywords: radiation monitoring, regional system, information processing, maps building.