

УДК 621.039

## АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ РАБОЧЕЕ МЕСТО УЧЕТА УЧАСТКОВ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Гусев А.Е., Козлов А.А., Лавров К.Н., Соболев И.А. (МосНПО «Радон»)

В настоящее время проблема загрязнения Москвы стоит достаточно остро: за период с 1974 по 1995 г. обнаружено и ликвидировано около 1000 участков радиоактивного загрязнения. Каждый участок требует постоянного радиационного контроля, так как отсутствие контроля приводит к образованию вторичных загрязнений, связанных с миграцией загрязненных объектов. Наличие большого объема данных, требующих оперативной обработки и принятия неотложных мер по дезактивации загрязненных территорий, обуславливает необходимость применения современной компьютерной технологии для обеспечения радиационно-экологического благополучия. Решение проблемы возможно путем создания специализированного автоматизированного рабочего места по учету и анализу участков радиоактивного загрязнения в рамках разработки комплексной информационной системы слежения за обращением радиоактивных отходов [1, 2]. Для сего организации необходимо определить структуру предметной области. Приведем основные стадии обнаружения и ликвидации загрязненных участков.

1. Обследование территории методами пешеходной  $\gamma$ -съемки на предмет выявления участков с повышенным  $\gamma$ -излучением. Его приводят специально обученные сотрудники (ПЕРСОНАЛ), имеющие опыт работы с сертифицированными радиометрическими и дозиметрическими приборами. На настоящий момент  $> 30$  мкР/ч являются аномальной мощностью экспозиционной дозы.

2. Детальное обследование участка, на котором зафиксирована аномальная мощность экспозиционной дозы, и выявление точек и площадей с максимальным  $\gamma$ -излучением. Поиск радиоактивных аномалий проводится по более густой сети.

3. Отбор проб на определение нуклидного состава загрязнения, подготовка и лабораторный анализ. Пробы отбираются по специальным методиками, анализ проводится на специальной спектрометрической аппаратуре.

4. Выемка радиоактивных материалов с загрязненных территорий, их сортировка, отделение радиоактивной фазы от незагрязненной. Радиоактивные материалы удаляются до установления на поверхности дезактивируемого участка мощности экспозиционной дозы, соответствующей естественному  $\gamma$ -фону.

5. Подготовка и складирование радиоактивных отходов в специально отведенных местах на территории участка радиоактивного загрязнения. Данный вид работ выполняется под постоянным радиационным контролем.

6. Загрузка радиоактивных отходов в специальные контейнеры и их отправка на пункт захоронения. При этом составляется паспорт, в котором отражаются основные параметры отходов.

7. Отбор проб на суммарную удельную активность по  $\alpha$ - и  $\beta$ -излучателям после реабилитации участка радиоактивного загрязнения для определения остаточной загрязненности, подготовка и лабораторный анализ проб аналогично позиции 3.

8. Прием участка в эксплуатацию, сопоставление остаточной загрязненности с нормами радиационной безопасности. Заключение о возможности использования безвредного участка радиоактивного загрязнения должно содержать разрешение либо на его эксплуатацию без ограничений, либо на проведение работ на нем под постоянным радиационным контролем.

В соответствии с приведенным кратким описанием основных положений предметной области можно сформировать концептуальную модель обнаружения и дезактивации участков радиоактивного загрязнения. Для этого в предметной области следует выделить сущности, отражающие реальные объекты, каждая из которых характеризуется именем и набором свойств (атрибутов), и установить связи между ними.

Сущность ПРЕДПРИЯТИЕ (E1) — возможный источник образования участка радиоактивного загрязнения. Определяется атрибутами с именами: номер договора, наименование, вышестоящая организация, почтовый, транспортный адрес, ФИО и телефон директора, ФИО и телефон ответственного за сдачу радиоактивных отходов.

Сущность ПЕРСОНАЛ (E2) — сотрудники, выполняющие перечисленный комплекс работ. Характеризуется атрибутами: табельный номер, ФИО, должность, дата рождения, тип индивидуального дозиметра и номер, пол, количество детей, дата начала работ с радионуклидами, месячная эквивалентная поглощенная доза, годовая доза внутреннего облучения.

Сущность ПРИБОР или УСТАНОВКА (E3) — инструментарий, позволяющий анализировать загрязненность территории. Имеет характеристики: код, наименование, тип, номер, точность, дата поверки.

Сущность ТРАНСПОРТ (E4) — спецмашина, предназначенная для перевозки отходов. Определяется именами атрибутов: тип и номер машины, ФИО водителя, дата вывоза, число упаковок.

Сущность УЧАСТОК РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ (E5) — участок территории,  $\gamma$ -излучение на котором превышает 30 мкР/ч. Обладает свойствами: номер, округ, адрес, проведенные работы, характеристика, нуклид, даты выявления и ликвидации, излучение на поверхности и глубине (максимальное), площадь, количество вывезенных отходов и слабозагрязненного грунта.

Сущность ПРОБА (E6) — первичный материал, характеризующий загрязненность участка. Определяется атрибутами: номер, дата отбора, адрес, объем, количество, тип, характеристика материала.

Связь ОБРАЗОВАНИЕ УРЗ (R1) — определение источников образования участков радиоактивного загрязнения. Характеризуется перечнем возможных источников загрязнения для каждого участка.

Связь ОБСЛЕДОВАНИЕ УРЗ (R2) — детализация загрязненности. Определяется числом очагов загрязнения и их размерами, а также  $\gamma$ -излучением на поверхности и глубине (максимальным) для каждого очага.

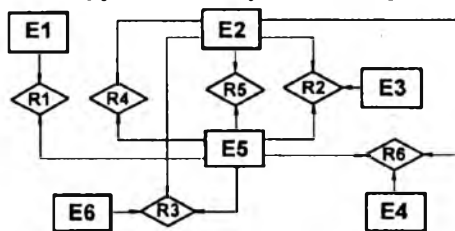
Связь ПРОБООТБОР НА ЗАГРЯЗНЕННОСТЬ (R3) — определение суммарной загрязненности и нуклидного состава. Описывается видом нуклидов, загрязненностью по  $\alpha$ -,  $\beta$ - и  $\gamma$ -излучению.

Связь ВЫЕМКА И СОРТИРОВКА ЗАГРЯЗНЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ (R4) — выделение радиоактивной фазы. Определяется количеством вынутого нерадиоактивного материала, радиоактивных отходов, слабозагрязненного грунта и источников ионизирующего излучения.

Связь ПОДГОТОВКА И СКЛАДИРОВАНИЕ (R5) — определение места складирования. Описывается адресом места складирования, количеством складированных отходов, слабозагрязненного грунта и источников ионизирующего излучения, числом машинорейсов, необходимых для вывоза отходов, типом и числом транспортных контейнеров.

Связь ВЫВОЗ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ (R6) — вывоз радиоактивных отходов, слабозагрязненного грунта и источников ионизирующего излучения. Характеризуется числом машинорейсов для каждого вида спецмашины, суммарной активностью вывозимых отходов и загрязненностью спецавтотранспорта после транспортировки, адресом вывоза.

Связь между выбранными сущностями определяется ER-моделью, вид которой показан на рис. 1. Информационная модель имеет по три бинарные и тернарные связи, существованием которых является промежу-



Р и с. 1. Информационная модель автоматизированного рабочего места участков радиоактивного загрязнения

ток времени. Более подробно методика построения модели отражена в работе [2]. Предлагаемая модель позволяет в простой и наглядной форме интерпретировать предметную область. Построение СУБД-ориентированной модели и ее физической реализации в статье не излагается, однако приведем замечание, которое использовалось при проектировании указанной модели.

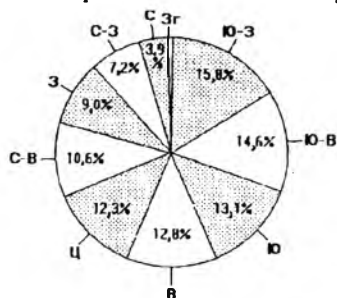
Обеспечение возможности учета перечисленных параметров участков радиоактивного загрязнения вместе с наглядным отображением результатов обработки приводит к необходимости разработки автоматизированного рабочего места в виде специальной графической информационной системы с картографической привязкой информации. Методологические основы построения такой системы подробно описаны в работе [3]. Принятый размер условных обозначений (пиктограмма и строка пояснений — регистрационный номер участка) позволяет разместить до 50 объектов на 100 см<sup>2</sup> карты. Анализ плотности распределения контролируемых объектов (не только аномалий, но и предприятий, пунктов контроля и пр.) дает возможность сделать вывод о целесообразности использования карты масштабом 1:25 000 для проектируемой системы, что позволяет наглядно отображать до 7000 объектов на территории города. При этом отчетные картографические документы могут печататься с использованием общепринятого масштаба 1:40 000. Основанная на этих принципах информационная система учета и анализа участков радиоактивного загрязнения разработана и эксплуатируется в МосНПО «Радон».

Приведем некоторые результаты практического использования разработанного автоматизированного рабочего места учета участков.

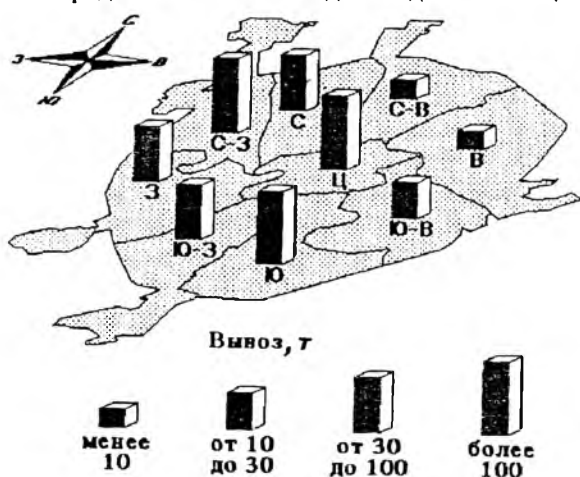
Для выявления основных тенденций в процессах образования участков радиоактивного загрязнения и построения прогностических оценок изменения радиационно-экологической обстановки на территории Москвы в первую очередь необходим статистический анализ сведений о выявленных и ликвидированных очагах загрязнения с дифференциацией интегральных показателей по административным округам. В рамках выбранной предметной области такой анализ легко выполняется модулями статистического анализа и графической интерпретации данных.

Данные рис. 2 отражают распределение аномалий по округам. Из него видно, что наибольшее число очагов радиоактивного загрязнения обнаружено в Юго-Западном, Юго-Восточном и Южном административных округах, наименьшее число — в Зеленограде, Северном и Северо-Западном округах.

Объемы работ по дезактивации участков радиоактивного загрязнения легко оценить по рис. 3. По количеству вывезенных радиоактивных отходов выделяются Цент-



Р и с. 2. Соотношение числа выявленных и дезактивированных за 1974—1995 гг. участков радиоактивного загрязнения по административным округам (Ю-З — Юго-Западный, Ю-В — Юго-Восточный, Ю — Южный, В — Восточный, Ц — Центральный, С-В — Северо-Восточный, З — Западный, С-З — Северо-Западный, С — Северный, Зг — Зеленоград)



Р и с. 3. Распределение вывоза радиоактивных отходов по административным округам за 1974—1995 гг.

ральный, Южный и Северо-Западный округа. Из сравнения на рис. 2—3 видно, что наиболее загрязненными являлись территории в центральной и южной частях города, а также в Северо-Западном округе.

Анализируя рис. 4, необходимо обратить внимание на то, что большая часть участков загрязнения найдена в жилых кварталах, в парках и на дорогах, т.е. местах, для которых характерна высокая плотность населения. Наряду с этим доля предприятий, на территории которых выявлены радиоактивные аномалии, непропорционально мала. Это подтверждает необходимость проведения работ по детальному обследованию территорий ведомственных предприятий, которые принадлежат к основным источникам радиоактивного загрязнения.

Одной из причин образования очагов радиоактивного загрязнения является бесконтрольная реорганизация предприятий, работавших с радиоактивными веществами. К аналогичным последствиям приводят различные строительные работы, связанные с перемещением грунта, отходов и материалов с территории указанных предприятий и стройплощадок. Это подтверждается результатами, приведенными на рис. 5. Сопоставляя рис. 4—5, нетрудно видеть, что в городской строительной индустрии радиационному контролю должного внимания не уделялось.

Более детального рассмотрения с точки зрения организации радиационного контроля заслуживает анализ нуклидного состава радиоактивных аномалий. Данные рис. 6 показывают, что наиболее часто в них представлены  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{239}\text{Pu}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{232}\text{Th}$ , которые характерны для научно-производственной деятельности предприятий Москвы, а также  $^{95}\text{Nb}$ ,  $^{95}\text{Zr}$ . Нетрудно заключить, что основная часть участков загрязнения образована нуклидами, относящимися к классу наиболее радиотоксичных. Следует отметить не всегда равномерный характер расположения аномалий, вызванных различными радионуклидами, что видно из рис. 7. В частности,  $^{137}\text{Cs}$  большей частью зафиксирован в Северо-Западном и Юго-Западном административных округах,  $^{232}\text{Th}$  — в Южном округе.  $^{95}\text{Nb}$ ,  $^{95}\text{Zr}$  обнаружены в очагах загрязнения только в 1986 г. на той территории, где проводились плановые поисковые работы.

Статистический анализ данных о выявленных и ликвидированных радиоактивных аномалиях позволяет оперативно оценивать загрязненность территории Москвы с учетом динамически меняющейся ситуации.

Разработанное автоматизированное рабочее место учета участков радиоактивного загрязнения Москвы в виде специальной графической информационной системы с картографической привязкой объектов к территории го-

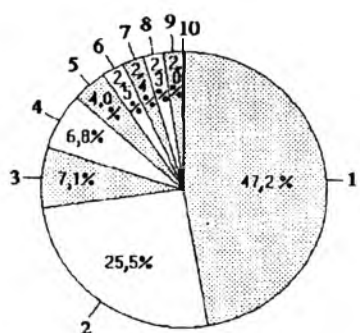


Рис. 4. Соотношение числа участков радиоактивного загрязнения по местам их обнаружения за 1974—1995 гг.: 1 — жилые кварталы; 2 — парки, дороги; 3 — учебные заведения; 4 — предприятия; 5 — государственные учреждения; 6 — учреждения культуры; 7 — медицинские учреждения; 8 — финансовые учреждения; 9 — стройплощадки; 10 — прочие

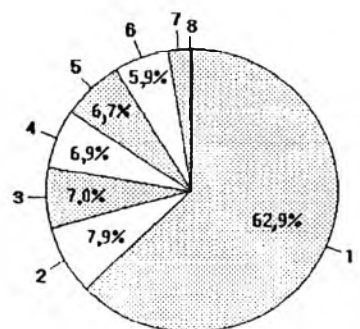


Рис. 5. Соотношение числа участков радиоактивного загрязнения по видам загрязняющих объектов за 1974—1995 гг.: 1 — строительные отходы; 2 — источники; 3 — приборы; 4 — светосостав; 5 — лабораторные отходы; 6 — заводские отходы; 7 — банковские билеты; 8 — прочие

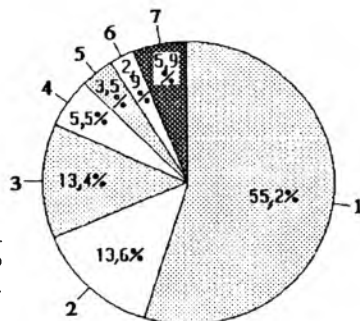
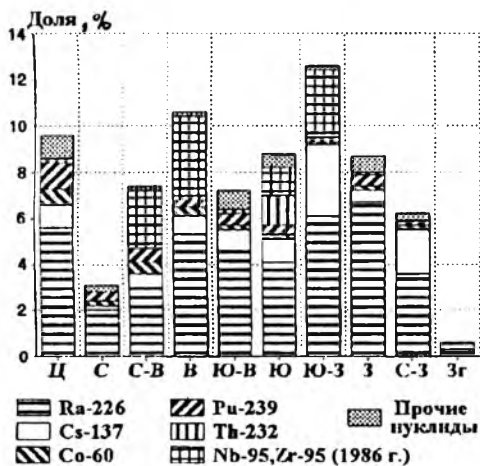


Рис. 6. Соотношение числа участков радиоактивного загрязнения по нуклидному составу за 1974—1995 гг.: 1 —  $^{226}\text{Ra}$ , 2 —  $^{137}\text{Cs}$ , 3 —  $^{239}\text{Pu}$ ,  $^{95}\text{Zr}$  (1986 г.); 4 —  $^{239}\text{Pu}$ ; 5 —  $^{60}\text{Co}$ ; 6 —  $^{232}\text{Th}$ ; 7 — прочие



Р и с. 7. Распределение нуклидного состава участков радиоактивного загрязнения по административным округам за 1974—1995 гг. в процентах от их общего числа

рода внедрено в эксплуатацию в службе радиационно-аварийных работ МосНПО «Радон» и успешно используется в производственной деятельности. Оно существенно облегчает проведение статистического анализа загрязненности территории Москвы, что позволяет выявлять основные тенденции в образовании очагов радиоактивного загрязнения и планировать работы по радиационному обследованию территории города.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Козлов А.А. Структура автоматизированной системы слежения за образованием и захоронением радиоактивных отходов. — Атомная энергия, 1993, т. 74, вып. 2, с. 129—134.
2. Козлов А.А. Информационная модель базы данных системы слежения за захоронением радиоактивных отходов. — Там же, т. 75, вып. 3, с. 236—240.
3. Баринов А.С., Гусев А.Е., Козлов А.А. и др. Информационная система регионального контроля участков радиоактивного загрязнения на примере Московской области. — Там же, 1994, т. 77, вып. 5, с. 362—370.

Поступила в Редакцию 4.10.96

УДК 539.1.074.2:621.39.11:519.28:543.08.047:552.57

## ПОВЫШЕНИЕ ДОСТОВЕРНОСТИ КОНТРОЛЯ СОСТАВА И СВОЙСТВ ВЕЩЕСТВ МНОГОКАНАЛЬНЫМИ РАДИОМЕТРИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ

Опищенко А.М. (Институт горного дела им. А.А. Скочинского РАН)

Радиометрические системы выгодно отличаются как легкостью одновременного получения большого числа исходных возможных сигналов, так и большой глубиной контроля, малой погрешностью и высокой экспрессностью неразрушающего контроля состава и свойств веществ и изделий. Поэтому эти системы широко применяются при неразрушающем контроле качества сырья, полуфабрикатов и готовой продукции. Эффективное повышение достоверности контроля и распознавания образов радиометрических систем достигается (как и для любых многомерных систем вообще) измерением нескольких сигналов и определением по ним параметра с использованием все усложняющихся алгоритмов обработки многих сигналов. Однако даже самая совершенная обработка приводит только к уменьшению количества информации, содержащейся в совокупности полученных сигналов. Поэтому наиболее действенной мерой повышения точности и достоверности результата является отбор информативной совокупности из всего множества возможных сигналов. По этой причине отбор информативных совокупностей сигналов является ключевым в радикальном повышении точности результата.

Традиционные методы кибернетики, распознавания образов и метрологии отбора сигналов так или иначе основаны на максимальной энтропии, впервые предложенной К. Шенноном и затем строго определенной А.Я. Хинчиным, для выбранной совокуп-