

РАДИАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ И ВОМОЖНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ РАДИАЦИОННОЙ РАЗВЕДКИ

После распада СССР считалось, что поскольку холодная война закончилась, исчезла и угроза ядерного конфликта. Однако, существующее ядерное противостояние, которое может привести к локальным межгосударственным конфликтам, вполне реально и ныне, по причине того, что мировое сообщество столкнулось с ситуацией, которая ранее рассматривалась в качестве почти абстрактной, а именно – неконтролируемое распространение ядерных и радиоактивных материалов. Причиной такой ситуации явилось: во-первых, существенное ослабление контроля и их учета, особенно в странах СНГ, находящихся за пределами России и, во-вторых, за счет того, что ранее изготовленные или используемые в закрытых научно-исследовательских и производственных организациях, радиоактивные и делящиеся (ядерные) материалы стали значительно доступнее для широкого круга лиц в связи с ликвидацией режимно-секретных служб.

Сложные экономические состояния отдельных специализированных предприятий и организаций, такого рода деятельности, да и самих государств СНГ, привело к резкому увеличению случаев хищения, нелегальной торговле, контрабанде и транспортированию похищенных радиоактивных материалов, ампулированных источников ионизирующего излучения в сопредельные и зарубежные государства.

Несанкционированное распространение ядерных и радиоактивных материалов представляет собой потенциальную угрозу возникновения чрезвычайных ситуаций, которые могут возникнуть в результате незаконного овладения и использования их злоумышленниками в целях осуществления террористических актов.

Угроза использования ядерных и радиоактивных материалов в корыстных целях, в последние годы, стала активным орудием открытого шантажа со стороны террористов. В обиход вошли термины «радиационный» или «ядерный» терроризм, под которым подразумевается преднамеренное, умышленное воздействие на здоровье и жизнь населения, либо путем рассеяния радиоактивных материалов с помощью взрывных устройств («грязная бомба»), либо с помощью ядерного взрыва («чистая бомба»). Террористический акт с радиационным воздействием может быть совершен внезапно, скрытно, в непредсказуемом неожиданном месте, на так называемых радиационно-чувствительных объектах, к которым относятся территории скопления большого количества людей (вокзалы, метро, стадионы, крупные концертные залы и т.д.). Не исключены, так же, преступные посягательства на здания и сооружения АЭС, исследовательских ядерных реакторов, хранилищ отработавших ТВЭЛ АЭС и пунктов хранения/захоронения ядерных и радиоактивных отходов.

Исходя из вышеизложенного, следует ожидать, что для реализации своих преступных действий, террористы, в том числе контрабандисты, будут стремиться получить, во-первых, информацию, касающуюся специфики производственной деятельности ядерных и радиационно-опасных объектов, перечень которых представлен на рис.1. Во-вторых, информацию о количественных и качественных характеристиках ядерных и радиоактивных материалов, включая информацию о хранящихся ядерных и радиоактивных отходах и материалах, их транспортирования всеми видами транспорта на другие предприятия и объекты переработки или долговременного хранения/захоронения.

Все без исключения ядерные и радиоактивные материалы, включая ампулированные источники понижающего излучения (ИИИ) и радиоактивные отходы (РАО), являются источниками радиоактивного излучения, которое, в свою очередь, однозначно, является основным носителем информации, характеризующей профиль деятельности вышеуказанных спецпредприятий и могут рассматриваться в качестве

основного демаскирующего признака утечки информации в материально-вещественном канале.

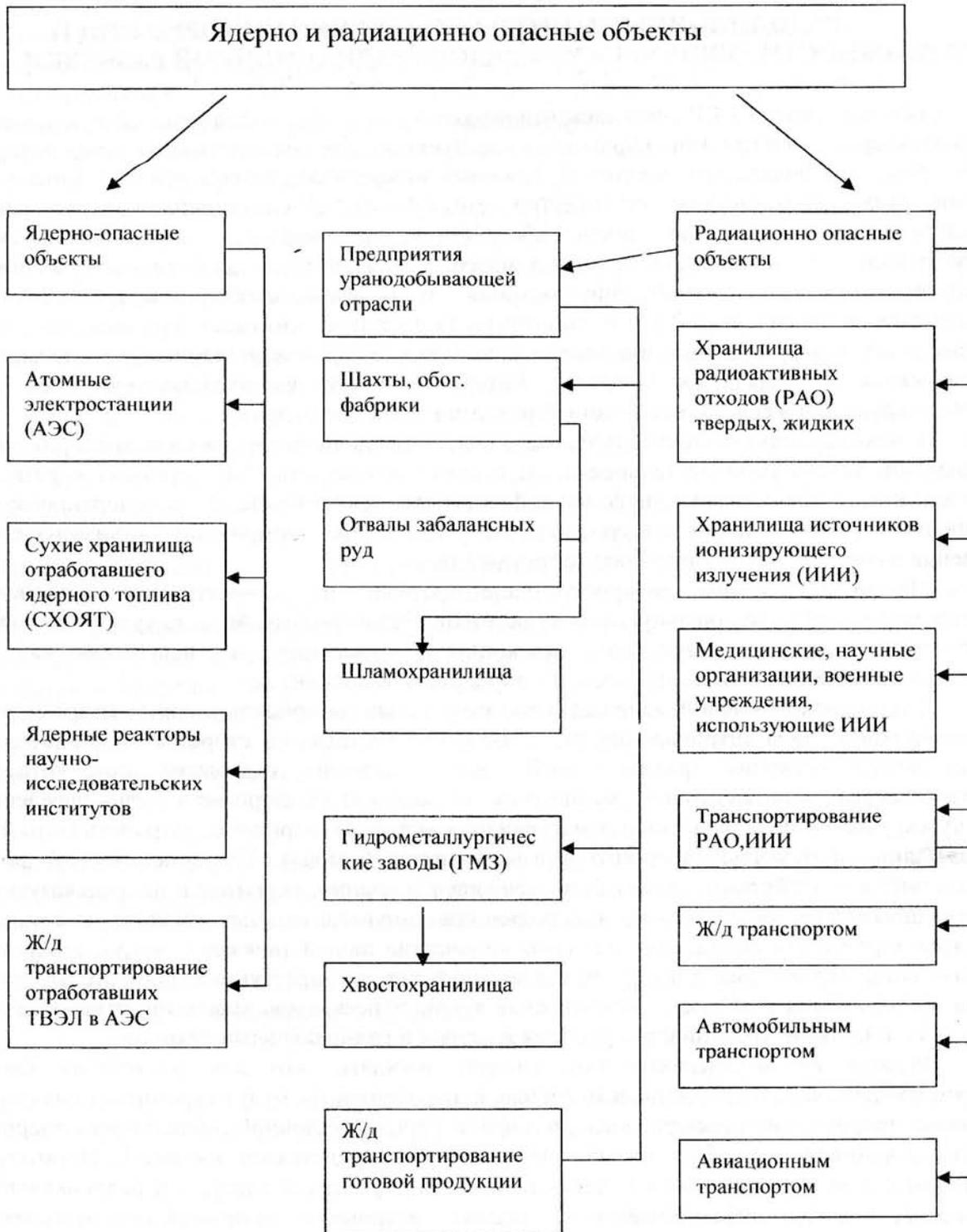


Рис.1. Перечень ядерно- и радиационно-опасных объектов

С целью лучшего представления материально-вещественных каналов утечки информации о деятельности спецпредприятий, методов и средств ее получения рассмотрим в краткой форме физические характеристики радиоактивных излучений и их основные свойства.

Радиоактивность – это способность некоторых природных химических элементов (уран, торий, радий и пр.), а так же искусственных радиоактивных изотопов, самопроизвольно распадаться, испуская при этом невидимые и неосязаемые человеком излучение.

Теория радиоактивного распада основана на том, что распад отдельного атома можно рассматривать как явление случайное, не зависящее от внешних условий, т.е. радиоактивный распад не может быть прекращен или ускорен каким бы либо способом. Это природное свойство радиоактивных веществ на сегодняшний день не подвластно человечеству. Основной закон радиоактивного распада описывается следующим образом:

$$N = N_0 e^{-\lambda t} \quad (9.1)$$

Где: N_0 – число атомов на начальный момент распада t_0 ;

N – число оставшихся нераспавшихся атомов по истечении времени t от начального числа атомов N_0 ;

λ – постоянная распада, характерная для каждого радиоактивного элемента, (λ определяет вероятность распада атомов).

Для характеристики радиоактивного элемента используются временная характеристика, называемая периодом полураспада T . T – это время, в течение которого распадается половина всех имеющихся на данное время атомов. Чем больше период полураспада и, следовательно, чем меньше скорость распада, тем дольше «живет» данный радиоактивный изотоп. Для разных изотопов период полураспада колеблется в широких пределах от нескольких долей секунды до нескольких миллиардов лет.

Так, например, период полураспада йода – 131 составляет 8,04 суток; Sr – 90 – 29,12 лет, Cs – 137 – 30 лет, Ra – 226 – 1590 лет; Pu – 239 – 24100 лет, урана – 235 – 703,8 млн. лет; И – 238 – 4,3 млрд. лет.

Измерение количества радиоактивного вещества по его массе затруднительно, т.к. радиоактивные вещества находятся обычно в смеси с другими химическими веществами. Поэтому, количество радиоактивного вещества принято оценивать его активностью, под которой понимают количество радиоактивных распадов ядер за единицу времени.

За единицу активности принято кюри (Ки) – это такое количество радиоактивного вещества, в котором происходит 37 млрд. распадов ядер атомов за секунду.

$$1 \text{ кюри (Ки)} = 3,7 \times 10^{10} \text{ расп/с.}$$

Производные этой единицы активности являются милликюри (мКи) – тысячная доля кюри и микрокюри (мкКи) – миллионная доля кюри.

Кюри – это внесистемная единица активности. Единица активности в Международной системе (Си), с десятичными кратными и дольными единицами, является один беккерель (Бк), равный одному распаду в секунду.

$$\text{Бк} = 1 \text{ расп/с.}$$

Распад радиоактивных элементов сопровождается испусканием альфа (α), бета (β) частиц, гамма-квантов и нейтронов.

α -излучение – это распад атомных ядер, сопровождающийся испусканием потока альфа-частиц, ядер атомов гелия. Пройдя определенный для данного радиоактивного вещества путь, α частица захватывает два электрона и превращается в обычный нейтральный атом инертного газа гелия (He). Пробег α частиц в воздухе при нормальных условиях колеблется от 2,3 до 9,0 см. Ввиду малого пробега (поглощение) α частиц, их регистрация (обнаружение) в воздушной среде на расстоянии более 10 см невозможна. Однако, наличие He, являющегося индикатором источника α распада, представляет важный демаскирующий

признак наличия источника α излучений, ввиду того, что он является устойчивым элементом и способен распространяться в воздушном пространстве на значительные расстояния от объекта, содержащего источник α распада.

Бета-излучение (β -частицы) – это поток электронов (позитронов), испускаемых в результате бета-распада. β -частица имеет заряд, равный одному элементарному заряду $4,8 \times 10^{-10}$ электрических единиц. Бета-распад обычно сопровождается тормозным гамма излучением. Скорость β -частиц значительно больше скорости пробега α -частиц и в некоторых случаях может достичь величины скорости света.

β -излучение обладает большой проникающей способностью по сравнению с α -частицами составляет величину от 6 до 1500 см в воздухе, но может быть поглощено полностью сравнительно тонким (несколько см) слоем металла или пластика. β -излучение является так же демаскирующим признаком, но регистрация потока β -излучения может быть осуществлена при малых расстояниях (при непосредственном контакте) с источником излучения и практически невозможна, в случае, когда источник находится в контейнере.

Гамма-излучение (γ -излучение) представляет собой поток гамма-квантов электромагнитного излучения с длиной волны порядка $n \times 10^{-11}$ см. Гамма-кванты излучаются ядрами, находящимися в возбужденном состоянии. Спектр энергий γ -излучения, испускаемого одним и тем же изотопом, является линейчатым, т.е. является, образно говоря, «паспортом» изотопа. Проникающая способность γ -квантов велика и их пробег в воздухе может достигать, в зависимости от величины энергии излучения и активности источника, до 1,5-2 км.

В связи с этим свойством, γ -излучение является наиболее доступным для регистрации и обнаружения радиоактивного источника с помощью технических средств и является наиболее характерным демаскирующим признаком утечки информации в материально-вещественном канале.

Нейтронное излучение представляет собой поток нейтронов, скорость распространения которых достигает величины 20 тыс. км/с. Так как нейтроны не имеют электрического заряда, нейтронное излучение обладает большой проникающей способностью. Нейтронное излучение возникает при делении трансурановых элементов, расположенных в периодической системе после урана, т.е. с атомным номером >93 , а так же при эксплуатации реактора АЭС и при бомбардировке α -частицами или γ -квантами некоторых химических элементов (например, полоний-берилиевые, плутоний-берилиевые источники нейтронов). Ослабление нейтронного излучения эффективно осуществляется на ядрах легких элементов, особенно водорода, или же на материалах, содержащих атомы водорода – воде, парафине, полиэтилене. Следует отметить, что, не обладая в достаточной мере информативными параметрами, излучения по сравнению с гамма-излучением, нейтронное излучение обладает большой проникающей способностью, благодаря чему реальные радиационные объекты (без защиты) могут обнаруживаться в воздушной среде на расстоянии до 1,5 км. Как было указано выше, нейтронное излучение возникает при распаде атомов трансурановых элементов, в том числе оружейных ядерных материалов U-235 и Pu – 239, поэтому нейтронное излучение является основным демаскирующим признаком утечки информации в вещественном канале наличия ядерных материалов.

Исходя из вышеизложенного следует, что все радиоактивные вещества, независимо от их агрегатного состояния, при распаде испускают 4 вида излучения, которые несут информацию о специфике и профиле предприятий и энергетических установок атомной промышленности, предприятий и организаций военно-промышленного комплекса, научно-исследовательских организаций, медицинских учреждений, которые используют источники ионизирующих излучений и предприятий по обращению с радиоактивными отходами.

Основные источники переноса информации в материально-вещественном плане.

Рассмотрим основные источники переноса информации в материально-вещественном канале, несущие информацию о производственной деятельности ядерно и радиационно опасных предприятий, которые включают в себя, во-первых, перенос информации, осуществляемый физическими лицами (сотрудниками предприятий) с получением ее злоумышленником в результате проведения традиционных агентурных мероприятий и, во-вторых, перенос информации, осуществляемый следующими демаскирующими веществами:

- радиоактивными отходами (жидкими, твердыми);
- выбросами в атмосферу радиоактивных газов и аэрозолей;
- ядерными и радиоактивными материалами, ампулированными источниками ионизирующего излучения, а так же их отходами, размещенными в транспортных средствах, предназначенных для их перевозки, которая может быть получена с использованием технических средств радиационной разведки.

К агентурным мероприятиям получения информации через физических лиц относится предварительная проработка объекта с получением семантической информации от сотрудников, работающих на ядерных или радиационных объектах, включая персонал охраны, стремящихся заполучить больший, чем их зарплата доход, или, имеющих иную корыстную, либо личную заинтересованность. Для достижения этой цели, как правило, срабатывает наиболее часто встречающийся метод – метод денежного подкупа.

Таким образом, возможно добыть копии документов для служебного пользования или с грифом секретности, в которых содержатся данные о параметрах технологических процессов и оборудования, системы физической защиты и входящих в нее технических средств, образцы радиоактивных материалов малой активности, данные о количестве и номенклатуре, находящихся на предприятии, ядерных и радиоактивных материалов и источников ионизирующего излучения, качественную и количественную характеристику радиоактивных отходов, а так же графики и маршруты движения транспорта по ввозу и вывозу ядерных и радиоактивных материалов.

Что касается вопросов, связанных с получением информации от материальных носителей с использованием демаскирующих веществ. Как указывалось ранее, производственная деятельность спецпредприятий и энергетических установок атомной промышленности характеризуется наличием радиоактивных отходов, которые помимо загрязнения окружающей среды, создают радиоактивное излучение, а, следовательно, несут информацию о профиле предприятия и выпускаемой продукции и тем самым являются демаскирующими признаками этих предприятий.

Так, к примеру, в результате производственной деятельности уранодобывающих и ураноперерабатывающих предприятий (шахты, карьеры, обогатительные фабрики) образуются твердые отходы – отвалы забалансных радиоактивных руд и шламохранилища, содержащие уран – 238 и радий – 226. На гидрометаллургических заводах (ГМЗ) после извлечения из руд урана-238, образуются хвостохранилища объемом несколько миллионов куб. метров, содержащих радий – 226 в жидкой и твердой фазе.

Одним из видов отходов ядерных предприятий и энергетических установок являются жидкие радиоактивные отходы (сбросы). Часть отходов атомных предприятий выбрасывается в виде газообразных и аэрозольных продуктов, содержащих радиоактивные газы радон (Rn) и торон (Tn), образующиеся при распаде естественного урана и тория на ураноперерабатывающих заводах, а так же радиоактивная пыль, образующаяся при механической переработке радиоактивных руд. Источниками загрязнения радиоактивными веществами являются так же реакторы, в которых в результате облучения нейтронами происходит активация аргона, входящего в состав воздуха а при нарушении герметичности твэлов, возможно попадание в первый контур и воздух помещений радиоактивных газов криптона, ксенона, йода и др. Находящиеся в воздухе взвешенные радиоактивные частицы

образуют радиоактивные аэрозоли с различной дисперсной фазой: твердой – пыль, дым; жидкой – туман; аэрозольный – конденсат и др. В результате в воздухе создаются устойчивые мелкодисперсные, с размером частиц менее 1 мкм, а так же среднелдисперсные, с размерами частиц до 10 мкм, образования, которые выбрасываются в атмосферу и могут распространяться на значительное расстояние от радиоактивного объекта.

Таким образом, повышение концентрации радиоактивных веществ в атмосфере, почве и воде является однозначными признаками местонахождения ядерных и радиоактивных объектов.

Для обнаружения радиоактивных элементов производятся заборы проб воздуха, грунта, воды в районах предполагаемого расположения объекта, а так же путем непосредственного измерения радиоактивного излучения с использованием технических средств радиационной разведки.

Радиационная разведка с использованием технических средств – это процесс получения информации в результате приема, регистрации и анализа радиоактивных излучений, связанных с выбросами, сбросами, отходами спецпроизводств и предприятиями атомной отрасли промышленности, хранением и транспортированием ядерных материалов, ядерных зарядов и боеприпасов и радиоактивным загрязнением местности.

Радиационная разведка, как правило, должна обеспечить решение следующих основных задач:

- определение дозовых характеристик близлежащих территорий вокруг объекта разведки и их изменение во времени;
- определение территорий с повышенным уровнем радиации над фоновым (естественным) уровнем радиации;
- определение превышения уровня радиации над фоновым в аэрозолях, атмосфере и в жидкости, с последующим определением содержания отдельных радиоактивных элементов (изотопов) в них;
- определение изотопного состава излучателей и типа источников;
- идентификация источников радиоактивных излучений в транспортном средстве, в том числе делящихся (ядерных) материалах;
- определение маршрутов перевозки источников радиоактивных излучений, включая ядерных материалов.

В целях решения вышеперечисленных задач, радиационная разведка ведется техническими средствами дистанционного обнаружения и измерения параметров радиационного поля (пространственно-временного распределения), как это указывалось ранее, гамма, бета, альфа и нейтронного излучения разведываемого объекта.

Анализ отобранных радиоактивных проб почвы, воды, воздуха в близлежащих территориях дислокации разведываемого объекта осуществляется либо в передвижных лабораториях, либо в стационарных с использованием радиохимических спектрометрических методик и приборов.

Технические средства радиационной разведки

Для проведения радиационной разведки, в настоящее время, наиболее распространенными, надежными и эффективными техническими средствами регистрации излучения являются приборы с использованием дозиметрических, радиометрических и спектрометрических методов анализа, принцип действия которых представлен ниже.

Приборы, регистрирующие любой вид ионизирующего излучения, т.е. приборы для измерения радиации, включают в себя детектор (датчик) и измерительную аппаратуру. Детектор содержит чувствительную часть (объем), в которой поглощенная в нем энергия излучения преобразуется в другой вид энергии, удобной для регистрации (в импульсы напряжения, величину тока). Качественной характеристикой детекторов для измерения радиации является эффективность регистрации, которая оценивается отношением энергии, поглощенной в чувствительном объеме, к энергии излучения, проходящей через его объем.

Вещество чувствительного объема детектора, в зависимости от вида регистрируемого излучения и энергии, может быть жидким (для измерения β -излучения трития), твердым (NaI (Tl), CsI (Tl), стильбен – для измерения γ -квантов бета и нейтронного излучения), либо газообразным (счетчики Гейгера-Мюллера, пропорциональные газонаполненные счетчики для регистрации бета, гамма и нейтронного излучения) и счетчики с открытой поверхностью (ZnS, напыленный на подложку, для регистрации альфа-излучения).

Измерительная аппаратура включает в себя электронные схемы усиления импульсов напряжения, поступающих с датчика (детектора), формирователей, схем блоков считывания, блоков обработки и вывода информации в зависимости от назначения используемого устройства.

Для целей радиационной разведки может быть использован широкий круг, имеющийся на сегодняшний день в наличии, аппаратуры дозиметров, радиометров и спектрометров, краткое описание которых приведено ниже.

Дозиметры – приборы, предназначенные для измерения суммарных доз радиоактивности. Принцип их работы основан на интегрировании элементарных зарядов, создаваемых в объеме детектора (при воздействии γ -квантов, α , β -частиц или нейтронов), с помощью аналоговых или дискретных измерительных схем. При этом по величине накопленной, за определенный промежуток времени, обработанной информации, можно судить о величине дозы. Дозиметры, в зависимости от типа детектора, бывают понижающие, фотографические, полупроводниковые и т.д. В практике, наибольшее распространение получили дозиметры с газонаполненными счетчиками (ионизационные) Гейгера-Мюллера, блок-схема которого представлена на рис.2.



Рис.2 . Блок-схема дозиметра

Радиометры – приборы, предназначенные для измерения плотности потока ионизирующего излучения. Основными элементами любого радиометра являются дискретный детектор, параметры выходных сигналов которого функционально связаны с числом действующих на него частиц или квантов и измерительное устройство нормирующего типа, определяющее количество электрических сигналов, возникающих в единицу времени. Радиометры используются для идентификации (обнаружения) радиоактивных веществ, распределенных на поверхности и в окружающей среде в количествах, превышающих уровень естественного фона. Несмотря на различия задач дозиметрии и радиометрии, они базируются на общих методических принципах обнаружения и регистрации излучения радиоизотопов.

Поэтому для целей радиационной разведки часто используются универсальные приборы, совмещающие функции дозиметра и радиометра.

Спектрометры – приборы, служащие для измерения энергетических спектров ядерного излучения. В ядерной физике под энергетическим спектром подразумевается закон распределения по энергиям частиц или γ -квантов, а измерение энергетического спектра – это восстановление функции плотности распределения $P_e(E)$ по результатам обработки экспериментальных данных, которые получают с помощью спектрометра ядерных излучений. Блок-схема спектрометра представлена на рис 3.

Головной частью спектрометра является детектор излучения, вырабатывающий электрические импульсы, амплитуда которых пропорциональна энергии частиц или γ -квантов. С выхода детектора электрические импульсы поступают на вход линейного усилителя и далее на вход амплитудного анализатора, в состав которого входят устройство, сортирующее сигналы по каналам в зависимости от величины амплитуд. Полученная информация обрабатывается и поступает на блок вывода информации.



Рис.3. Блок-схема спектрометра.

Спектрометры применяются для идентификации радионуклидов по спектру их гамма излучения, например, таких как кобальт-60, цезий – 137, цезий 134, радий – 226, цинк – 65 и др.

Приведенные выше базовые методики и приборы радиационного контроля позволяют осуществить большинство задач радиационной разведки. Для этой цели в практике радиационной разведки разработаны целевым назначением специальные универсальные приборы, позволяющие одновременно измерять не только уровни гамма и нейтронного излучения, но и определять наличие альфа и бета излучения, с запоминанием и сохранением информации, в том числе гамма спектров, с дальнейшей их расшифровкой, с использованием математических программ и персональных компьютеров. Кроме этого, такие универсальные приборы могут определять уровни поверхностного загрязнения радиоактивными материалами, атмосферы воздуха с автоматической привязкой к географическим координатам точек измерения, а так же фиксировать превышение уровня радиации от транспортных средств, осуществляющих перевозку радиоактивных и ядерных материалов и их отходов.

Естественно, все приборы, используемые для радиоактивной разведки, относятся к категории приборов скрытого контроля. К простейшим приборам относятся ручные и, так называемые, карманные дозиметры и радиометры, размещенные в наручных часах, авторучках, либо исполненные в отдельном корпусе весом не более 150 грамм, либо в корпусе цифрового фотоаппарата или радиотелефона. Они позволяют достаточно достоверно идентифицировать наличие гамма, бета излучения и предупредить о превышении уровня радиационных полей над фоновым (естественным) значением с помощью световой, звуковой

сигнализации, передаваемой в наушники, либо на ручные браслеты, с использованием вибросигнализатора.

К следующей категории средств скрытного контроля, используемых в целях радиационной разведки, относятся носимые приборы. По размеру они больше карманных и, как правило, более сложны по устройству. В качестве детекторов в них применяются более чувствительные блоки детектирования и, естественно, обладающие меньшим временем измерения уровня радиации или измерения спектров излучения радиоизотопов.

Детектор или детекторы в таких приборах размещены в кейсах, либо закреплены на поясах, ремне; звуковая сигнализация может передаваться в наушник, а вибросигнализация – на ручные браслеты либо на ручку кейса. Информация о превышении радиационного воздействия может так же передаваться по радиоканалу. Одновременно может быть использована спенапаратура, позволяющая фиксировать географические точки (маршруты) радиационной съемки с временной привязкой.

И, наконец, к третьему типу средств скрытого контроля радиационной разведки относятся приборы для дистанционного выявления источников ионизирующего излучения. Приборы, подобного вида средств радиационной разведки размещаются либо в автомобилях, либо детектор с автономным питанием и с устройством обработки и долговременного хранения, зарегистрированной информации, располагаются скрытно, как можно ближе к объекту разведки. Считывание накопленной информации возможно осуществить с помощью инфракрасного порта, либо с помощью радиоканала (переносным радиоприемником), либо с использованием каналов космических спутников. Как правило, такие системы используются для обнаружения и фиксации радиоактивных и ядерных материалов, транспортируемых по известным маршрутам следования, автомобильным или железнодорожным видами транспорта, включая трансграничные перемещения их.

К техническим средствам радиационной разведки относятся так же аэро-гамма съемка, осуществляемая аппаратурой (высокочувствительные спектрометры γ -излучения), которая размещается на околоземных спутниках (космическая разведка). Основная цель космической разведки – обнаружение предприятий атомной отрасли промышленности и режимов их работы, обнаружение и слежение за транспортными средствами с радиоактивными и ядерными материалами, включая военные объекты (атомные подводные лодки и т.д.).

И, последнее, следует отметить, что рассекречивание секретных данных, касающихся деятельности спецпредприятий атомной отрасли промышленности, привело к тому, что в настоящее время Интернет насыщен огромным потоком информации, о которой ранее, образно говоря, специалистам секретных предприятий запрещалось «думать даже во сне».

К примеру, в Интернете можно найти данные, характеризующие производственную деятельность спецпредприятий, количество радиоактивных отходов и в каком месте они хранятся, данные о количестве радиоактивных отходах, размещенных на спецкомбинатах по обращению с радиоактивными отходами и данные по суммарной активности их. Дело дошло до того, что в Интернете также можно найти информацию и рекомендации, как изготовить «грязную бомбу» с использованием радиоактивных источников или информации типа «Как изготовить атомную бомбу на кухне».

В Интернете также рекламируются, несколькими десятками предприятиями – изготовителями, большой ассортимент профессиональных портативных дозиметров – радиометров, спектрометров с ПК, дистанционных автономных детекторов с обеспечением непрерывной работы в течение 6000ч., с инфракрасным портом считывания накопленной информации и т.д. Все эти технические средства легко доступны злоумышленникам как для приобретения, так и для проведения радиационной разведки демаскирующих веществ, являющихся материально-вещественными каналами утечки информации, характеризующие специфику производственной деятельности спецпредприятий атомной отрасли промышленности, научных и медицинских организаций и военных учреждений.