**Радиоактивные излучения как источник информации о предприятиях атомной промышленности и их продукции и возможности средств радиационной разведки**

Канд. технических наук А.В. Полещук

**1. Радиоактивные отходы предприятий атомной промышленности, стратегическое оборудование, сырье, готовая продукция**

Работа предприятий и энергетических установок атомной промышленности характеризуется наличием радиоактивных отходов, которые загрязняют окружающую среду и создают, радиоактивные излучения, а следовательно несут информацию о профиле предприятия и выпускаемой им продукции. Подобные проявления могут рассматриваться как демаскирующие признаки предприятий атомной промышленности.

Одним из видов отходов ядерных предприятий и энергетических установок являются сбросные радиоактивные жидкости.

Жидкие радиоактивные отходы (ЖРО) образуются на предприятиях по переработке урановых руд и содержат так называемые "хвосты" производства.

Производственно-промышленные сточные воды с повышенной концентрацией некоторых изотопов образуются на заводах по получению металлического урана и радиохимических производствах. По степени радиоактивности жидкие отходы классифицируются согласно нового вышедшего документа СП 2.6.6.1168-02 "САНИТАРНЫЕ ПРАВИЛА ОБРАЩЕНИЯ С РАДИОАКТИВНЫМИ ОТХОДАМИ (СПОРО-2002).

Жидкие и твердые радиоактивные отходы (РАО) подразделяются по удельной активности на три категории (табл. 1). В случае, когда по приведенным характеристикам радионуклидов таблицы 1 отходы относятся к разным категориям, для них устанавливается наиболее высокое значение категории отходов.

Таблица 1

Классификация жидких и твердых радиоактивных отходов по удельной радиоактивности

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Категория отходов | Удельная активность, кБк/кг | | |
| бета – излучающиe радионуклиды | альфа – излучающие радионуклиды (исключая  трансурановые) | трансурановые радионуклиды |
| Низкоактивные | менее 1Е3\* | менее 1Е2 | менее 1Е1 |
| Среднеактивные | от 1Е3 до 1Е7 | от 1Е2 до 1Е6 | от 1Е1 до 1Е5 |
| Высокоактивные | более 1Е7 | более 1Е6 | более 1Е5 |

\*(Е = 10; 3- третья степень)

Для предварительной сортировки твердых отходов рекомендуется использование критериев по уровню радиоактивного загрязнения (табл. 2) и по мощности дозы гамма - излучения на расстоянии 0,1 м от поверхности при соблюдении условий измерения в соответствии с утвержденными методиками:

- низкоактивные - от 0,001 мГр/ч до 0,3 мГр/ч;

- среднеактивные - от 0,3 мГр/ч до 10 мГр/ч;

- высокоактивные - более 10 мГр/ч.

Таблица 2

Классификация твердых радиоактивных отходов по уровню радиоактивного загрязнения

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Категория отходов | Уровень радиоактивного загрязнения, част/(см2 мин) | | |
| бета – излучающие радионуклиды | альфа – излучающие радионуклиды (исключая  трансурановые) | трансурановые радионуклиды |
| Низкоактивные | от 5 Е2 до 1Е4 | от 5 1Е1 до 1Е3 | от 5 до 1Е2 |
| Среднеактивные | от 1Е4 до 1Е7 | от 1Е3 до 1Е6 | от 1Е2 до 1Е5 |
| Высокоактивные | более 1Е7 | более 1Е6 | более 1Е5 |

Часть отходов атомных предприятий выбрасывается в виде газообразных и аэрозольных продуктов. Это прежде всего радиоактивные благородные газы (радон Rn, торон Тn), образующиеся при распаде урана и тория на ураноперерабатывающих заводах: газы, пар и газообразные продукты деления урана и плутония, выделяющиеся при химической переработке руд с указанными элементами; радиоактивная пыль, образующаяся при дроблении и механической переработке радиоактивных материалов. Источником загрязнения атмосферы радиоактивными веществами являются также 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 в воздух помещений радиоактивных газов (криптона, ксенона, йода и др.), а также осколочных продуктов деления (стронция, иттрия и др.). Находящиеся в воздухе взвешенные радиоактивные частицы образуют радиоактивные аэрозоли с различной дисперсной фазой: твердой – пыль, дым; жидкий туман, аэрозольный конденсат и др. В результате в воздухе создаются устойчивые мелкодисперсионные ( с размерами частиц меньше 1 мкм) и среднедисперсионные (с размерами частиц от 1 до 10 мкм) образования, а также неустойчивые быстрооседающие образования с размерами частиц больше 10 мкм. Некоторые радиоактивные изотопы, находящиеся в воздухе частично в аэрозольной фазе, а частично в паровой (например, изотоп йода-125,131), переходят из газообразной фазы в аэрозольную.

Распад радиоактивных элементов сопровождается выделением радиоактивных газов Rn, Тn, An, которые входят в состав последовательно превращающихся элементов уранового, ториевого и активно-уранового рядов. Радиоактивные эманции относятся к группе тяжелых инертных газов, которые не образуют химических соединений в природе.

При распаде радиоактивных элементов в окружающее пространство выделяется также нерадиоактивный газ гелий (Не), образующийся от испускания альфа-частиц элементами уранового, ториевого и трансуранового рядов.

При распаде одного атома U и его дочерних элементов испускается 8 альфа- частиц, из которых получается 8 атомов гелия; при распаде одного атома тория образуется 6 атомов гелия. При полном распаде 1г U образуется 0,135 г Не, что составляет около 770 см3 . Но при температуре 0°С и давлении 760 мм рт.ст. из 1г U образуется 0,103г Не (580 см3).

Наличие Не, являющегося индикатором источников радиоактивного излучения представляет важный демаскирующий признак, так как в отличие от радиоактивных газов, имеющих относительно небольшое время жизни (ТRn-3,825 дня, ТTn-54,5с, ТAn-3,92с), является устойчивым элементом и может распространяться на значительные расстоянии от радиоактивного объекта.

Аномальные концентрации радиоактивных веществ в атмосфере, грунте и воде могут являться признаками нахождения поблизости объектов радиоактивного характера.

Таким образом, наличие радиоактивных отходов предприятий атомной промышленности и радиоактивных излучений сырья, готовой продукции, а также отходов производства могут раскрывать профиль предприятий, нести информацию о технологических процессах характеристиках изготавливаемой продукции, местах ее складирования, маршрутах транспортировки и т.д.

Источники радиоактивности могут быть обнаружены:

по радиоактивным излучениям;

по наличию радиоактивных и нерадиоактивных газов, образующихся в результате радиоактивного распада.

Для обнаружения радиоактивных элементов производятся заборы проб воздуха, грунта и воды в районе предполагаемого расположения радиоактивного объекта, а также непосредственные измерения радиоактивного излучения.

С целью лучшего представления физической основы возможной утечки информации о предприятиях атомной промышленности и их продукции рассмотрим некоторые свойства и характеристики радиоактивных излучений.

Возможности технических средств радиационной разведки (РДР)

Под РДР понимается процесс получения информации в результате приема и анализа радиоактивных излучений, связанных с выбросами и отходами атомного производства, хранением и транспортировкой радиоактивных материалов, ядерных зарядов и боеприпасов, производством и эксплуатацией ядерных реакторов, двигателей и радиоактивным заражением местности.

РДР решает следующие задачи:

-определение дозовых характеристик вокруг объекта разведки и их изменений во времени,

-определение маршрутов перевозки источников радиоактивных излучений;

-определение районов с повышенным уровнем радиации;

-наличие источников радиоактивных излучений в транспортном средстве;

-определение содержания отдельных видов изотопов на местности, в аэрозолях, атмосфере, жидкости;

-определение изотопного состава излучателей, типа источника излучения.

Аппаратура дистанционной РДР - аппаратура дистанционного обнаружения и измерения параметров радиационного поля – пространственно - временного распределения гамма или нейтронного излучения разведываемого объекта.

Как правило, разведка объектов с помощью дистанционных средств. ведется по двум составляющим радиационного поля объекта: по нейтронам и γ-квантам.

Первые, не обладая достаточно информативными параметрами излучения, характеризуются большой проникающей способностью, благодаря чему реальные объекты (без защиты) могут обнаруживаться в воздушной среде на расстоянии до 1,5 км.

Вторые являются наиболее информативными, т.к. спектральные компоненты их характеристических спектров энергий несут непосредственную информацию о изотопах и химическом составе вещества-излучателя. Однако, γ-излучения могут быть обнаружены в аналогичных условиях лишь на расстоянии до 500 м.

Аппаратура отбора радиоактивных проб почвы, воды и воздуха в районе дислокации разведываемого объекта и радиохимического анализа отобранных проб в стационарных или передвижных лабораториях практически не отличается от обычной радиометрической и спектрометрической аппаратуры, широко применяемой при радиохимическом анализе проб окружающей среды.

По своему назначению аппаратура дистанционной РДР делится на дозиметры, радиометры, рентгенометры, спектрометры.

Дозиметры предназначены для определения суммарных доз радиоактивности. Принцип их работы основан на интегрировании элементарных зарядов, создаваемых в объеме детектора при воздействии γ-квантов или нейтронов, с помощью аналоговых или дискретных измерителей (счетчиков). При этом по величине суммарного заряда (эффекта), накопленного за определенный промежуток времени, можно судить о величине дозы, энергии излучения и т.д., а по величине тока или электрического заряда - о соответствующем значении мощности дозы, интенсивности и др. величинах.

Дозиметры в зависимости от типа детектора бывают ионизационные, фотографические, химические, термолюминесцентные, радиофотолюминесцентные, полупроводниковые и др.

Радиометры предназначены для измерения радиации. Основными элементами любого радиометра являются дискретный детектор, параметры выходных сигналов которого функционально связаны с числом действующих на вето частиц или квантов, и измерительное устройство нормирующего типа, определяющее количество электрических сигналов, возникающих в единицу времени.

Рентгенометры предназначены для обнаружения радиоактивного заражения местности и последующей радиационной разведки районов, маршрутов и рубежей выдвижения войск. Кроме того, они используются для оценки степени радиоактивного заражения боевой техники, оборудования, обмундирования, кожных покровов, пищи, воды и для контрольных замеров при проведении дезактивации.

Спектрометры применяются при определении изотопного состава излучателей. Наибольшее распространение получили спектрометры с линейным преобразователем γ-квантов или нейтронов в амплитудные изменения сигнала. Спектрометр состоит из дискретного пропорционального детектора и амплитудного анализатора, в состав которого входят устройство, сортирующие сигналы с выхода детектора по каналам в зависимости от значения их амплитуд, измеряющее число сигналов в каждом канале и представляющее данные о полученном амплитудном распределении.