

Концепция модернизации методологии контроля радиоактивного загрязнения поверхности

В связи с предстоящей переработкой МУК 2.6.1.16–99 "Контроль загрязнения радиоактивными нуклидами поверхностей рабочих помещений, оборудования, транспортных средств и других объектов" обсуждены основные направления совершенствования и упрощения процедуры контроля радиоактивного загрязнения поверхностей. Предложено считать основной задачей указанного контроля обнаружение вновь возникшего радиоактивного загрязнения поверхностей для своевременного анализа источников его происхождения, осуществления мероприятий по локализации загрязнений, предотвращения их разноса и дезактивации загрязненных поверхностей.

Ключевые слова: радиоактивное загрязнение, радиационный контроль, предотвращение разноса загрязнений.

В.Н.Клочков, Ю.В.Абрамов, В.И.Рубцов (ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И.Бурназяна ФМБА России, г.Москва), К.Н.Нурлыбаев (НПП "Доза", г.Зеленоград)

Радиоактивное загрязнение поверхностей рабочих помещений и находящегося в них оборудования, а также кожных покровов, спецодежды, спецобуви и других средств индивидуальной защиты (СИЗ) персонала является значимым фактором радиационного воздействия на персонал при проведении работ с использованием открытых источников излучения. Важность этого параметра радиационной обстановки возрастает при проведении ремонтных работ со вскрытием технологического оборудования.

Основными путями формирования дозы облучения персонала при работах в условиях радиоактивного загрязнения поверхностей являются [1]: внешнее гамма-облучение всего тела, бета-облучение кожных покровов и хрусталика глаза, поступление радиоактивных веществ в организм через органы дыхания (ингаляционное поступление) и кожные покровы (перкутанное поступление). Наши

исследования показали, что связь между уровнем радиоактивного загрязнения поверхности и обусловленной им эффективной и эквивалентной дозой носит корреляционный характер: в целом, чем выше уровень радиоактивного загрязнения поверхности, тем выше дозы облучения персонала. Однако на формирование дозы большое влияние оказывают спектр бета- и гамма-излучения радионуклидов, прочность их фиксации на загрязненных поверхностях, интенсивность физико-механических и тепловых воздействий на загрязненные поверхности, скорость движения воздушных потоков, наличие или отсутствие возгораний и другие факторы. Поэтому в конкретных условиях высокие уровни загрязнения могут создавать небольшие дозы облучения, и наоборот, при невысоких уровнях загрязнения, но интенсивном переходе его в воздух могут сформироваться значимые дозы, в первую очередь за счет поступления радионукли-

дов в организм через органы дыхания.

Опасность радиоактивного загрязнения поверхностей существенно зависит от степени фиксации радионуклидов на поверхности. Нормами радиационной безопасности НРБ-99/2009 [2] дано определение термина «загрязнение радиоактивное» и установлены следующие градации степени его фиксации (термины 21, 22, 23).

21. Загрязнение радиоактивное – присутствие радиоактивных веществ на поверхности, внутри материала, в воздухе, в теле человека или в другом месте, в количестве, превышающем уровни, установленные настоящими санитарными правилами.

22. Загрязнение поверхности неснимаемое (фиксированное) – радиоактивные вещества, которые не переносятся при контакте на другие предметы и не удаляются при дезактивации.

23. Загрязнение поверхности снимаемое (нефиксирован-

ное) – радиоактивные вещества, которые переносятся при контакте на другие предметы и удаляются при дезактивации.

Из этих терминов вытекают особенности установления допустимых уровней радиоактивного загрязнения поверхностей и радиационного контроля. В соответствии с таблицей 8.9 НРБ-99/2009, для кожных покровов, спецодежды, спецобуви и других СИЗ нормируется общее (снимаемое и неснимаемое) радиоактивное загрязнение. В остальных случаях нормируется только снимаемое загрязнение. Условие возгорания загрязненных покрытий и материалов при нормировании радиоактивного загрязнения поверхностей не рассматривается.

Актуальные задачи контроля радиоактивного загрязнения.

Уровни радиоактивного загрязнения поверхностей рабочих помещений, находящегося в них оборудования, кожных покровов, спецодежды, спецобуви и других СИЗ персонала в настоящее время на большинстве предприятий атомной отрасли при нормальных условиях работы невелики (менее 10 % от допустимых уровней). В связи с этим большое значение имеет установление на каждом радиационном объекте обоснованных контрольных (ниже допустимых) уровней радиоактивного загрязнения с учетом достигнутого в организации уровня радиационной безопасности. Установление контрольных уровней является важным побудительным мотивом для дальнейшего снижения уровня радиоактивного загрязнения поверхностей и предотвращения разноса радиоактивных веществ.

Значимые уровни радиоактивного загрязнения поверхностей в основном отмечаются на объек-

тах, относящихся к ядерному наследию, на старых установках и объектах, постепенно выводимых из эксплуатации и подлежащих демонтажу. Однако при проведении ремонтных работ со вскрытием технологического оборудования, а также при нештатных ситуациях отмечаются случаи образования высоких уровней локального радиоактивного загрязнения. Серьезные проблемы могут возникнуть также при длительном хранении загрязненных материалов и отходов.

С учетом сказанного, в современных условиях целью контроля загрязнения поверхностей необходимо считать:

- определение уровней радиоактивного загрязнения поверхностей при проведении ремонтных работ со вскрытием технологического оборудования в помещениях временного пребывания персонала для своевременного проведения адекватных дезактивационных мероприятий и предотвращения разноса загрязнений;

- своевременное обнаружение вновь возникшего загрязнения в помещениях постоянного пребывания персонала с целью оперативного расследования инцидента, установления источника и причин радиоактивного загрязнения и прекращения его действия, устранения причин возникновения радиоактивного загрязнения поверхностей, локализации возникшего загрязнения, предотвращения его распространения и эффективной дезактивации загрязненных поверхностей;

- периодическое тщательное обследование помещений постоянного и временного пребывания персонала с целью определения тенденций роста или снижения уровней радиоактивного загрязнения поверхностей.

Нормативно-методическая база контроля радиоактивного загрязнения. Контроль радиоактивного загрязнения поверхностей в настоящее время регламентируют утвержденные в 1999 году Методические указания МУК 2.6.1.16-99 [3], которые распространяются на контроль загрязнения поверхности объектов альфа- и бета-излучающими нуклидами (кроме трития, углерода-14 и других бета-излучающих нуклидов с энергией излучения менее 100 кэВ). В этом документе сформулирована цель контроля радиоактивных загрязнений (КРЗ) поверхностей – получение достоверной информации о фактических уровнях радиоактивного загрязнения поверхностей контролируемых объектов, на основе которой принимается решение о санитарно-гигиеническом вмешательстве и разрабатываются организационные и технические мероприятия для обеспечения безопасных условий труда.

За время практического применения МУК 2.6.1.16-99 назрела необходимость внесения корректировок как в перечень задач радиационного контроля загрязнения поверхностей, так и в применяемые методы контроля.

Обоснование модернизации методических указаний МУК 2.6.1.16-99.

Ниже рассмотрены отдельные положения МУК 2.6.1.16-99 (приведены курсивом) и изложены предложения по модернизации организационных и методических подходов.

В МУК 2.6.1.16-99 представлен перечень задач, которые должен решать радиационный контроль загрязнения:

- 1. Способствовать уменьшению распространения РВ как в помещениях, так и на территории.*
- 2. Служить основой для реше-*

ния вопроса о введении в действие других видов контроля (измерения загрязнения воздуха, СИЧ, биофизический контроль).

3. Служить основой для расчетов доз внутреннего облучения при перкутанном пути поступления РВ в организм, для чего должны быть разработаны соответствующие регламенты, включающие дополнительную качественную информацию (изотопный состав, транспортность соединений, коэффициенты перехода с рук в рот).

4. Служить основой для радиологического прогноза радиационных факторов на рабочих местах и разработки противорадиационных мероприятий.

5. Давать информацию для оценки степени опасности открытых источников и всего производства в целом.

6. Обосновывать принятие решений о дезактивации поверхностей или прекращения их использования (одежда, обувь, приспособления).

7. Обеспечивать самоконтроль чистоты тела при выходе в чистую зону.

Практика применения МУК 2.6.1.16-99 свидетельствует о необходимости следующей корректировки задач.

Задача 2 должна быть исключена, т. к. уровни радиоактивного загрязнения поверхностей не дают достаточной информации для решения вопроса о введении в действие других видов контроля (измерения загрязнения воздуха, СИЧ, биофизический контроль) – эти виды контроля вводятся на основе результатов аттестации рабочих мест, анализа характера производственных операций, выполняемых персоналом, вероятности контакта работника с технологическими средами, особенностей выполняемых ремонтных операций и др.

Задача 3 должна быть исключена вследствие отсутствия прямой функциональной зависимости уровней радиоактивного загрязнения поверхностей и доз внешнего и внутреннего облучения персонала. Расчет доз внутреннего облучения персонала на основе результата контроля радиоактивного загрязнения поверхностей не позволяет получить достоверные результаты.

Задача 4 должна быть исключена, поскольку на основе радиационного контроля загрязнения поверхностей не представляется возможным дать прогноз радиационных факторов на рабочих местах и разработать противорадиационные мероприятия.

Формулировка задачи 5 должна быть откорректирована: радиационный контроль загрязнения поверхностей позволяет дать оценку его радиационной опасности, но, безусловно, не позволяет дать оценку степени опасности всего производства в целом.

В МУК 2.6.1.16-99 на наш взгляд обоснованно дифференцированы два основных вида контроля радиоактивного загрязнения поверхностей.

Информационный контроль проводится для получения первичных сведений о возможных загрязняемых поверхностях, а также в случаях, когда загрязнение радиоактивными веществами рабочих поверхностей, оборудования, транспортных средств и иных объектов малы по сравнению с действующими нормативами. Результаты информационного КРЗ служат основанием для принятия решения о введении текущего контроля. Этот вид контроля проводится также в случае возникновения аварийной ситуации. Он направлен на получение в короткие сроки необходимой информации для при-

ятия оперативных решений по поводу возникшего инцидента или аварии. Целью контроля в этом случае является обнаружение и оконтуривание загрязнения. Выполняется обычно с использованием специальных методик для аварийных ситуаций без оценки погрешности измерений. По окончании анализа результатов такого контроля выбирается методика последующего КРЗ в рамках текущего контроля.

Текущий контроль проводится в определенное время (не всегда соотнесенное с известным временем загрязнения) и с определенной периодичностью. Текущий контроль вводится при условиях работы, когда расчетное или определенное при информационном контроле радиоактивное загрязнение может превышать допустимые уровни. Текущий контроль организуется также при проведении определенных работ по нарядам-допускам, связанных с ремонтными или транспортными работами.

Однако конкретные процедуры проведения информационного и текущего контроля требуют модернизации как по перечню применяемых методов, так и по их практической реализации.

МУК 2.6.1.16-99 предусматривают для контроля РЗ поверхностей следующие методы.

Приборный метод – измерение уровня радиоактивного загрязнения поверхности с помощью радиометра, датчик которого располагают вблизи измеряемого участка поверхности. Применяют для контроля общего загрязнения.

Трековый метод – основан на использовании диэлектрических трековых детекторов (ТД), в качестве которых служат специально изготовленные полимерные пленки, накладываемые на

определенный промежуток времени (период экспонирования) непосредственно на поверхность в точке измерения. ТД избирательно регистрируют α -частицы и, в то же время, нечувствительны к β -частицам и γ -квантам. Это обуславливает возможность измерения α -загрязнений на фоне больших потоков β - и γ -излучений, но не позволяет использовать метод для измерения β -загрязнений. Период экспонирования ТД может быть в десятки и сотни раз более длительным, чем электронного прибора. Это приводит к тому, что чувствительность, т.е. минимально измеряемая величина активности загрязнения (вплоть до 10^{-2} част/(см²мин)), трекового метода существенно выше, чем приборного. Применяют для контроля общего загрязнения.

Метод мазков – способ измерения уровней РЗ поверхностей путем определения активности, снятой с контролируемой поверхности контактным путем. Для снятия РЗ используют следующие материалы: хлопчатобумажную ткань, марлю, материал ФП, ватные тампоны. Различают метод сухих и влажных мазков. При отборе пробы методом влажных мазков используемый материал смачивают в разбавленной азотной кислоте (1–1,5 моль/л) или в этиловом спирте, что повышает долю снимаемой активности с загрязненной поверхности. Сухие мазки отбирают обычно фильтровальной бумагой, влажные – при помощи указанных выше материалов. Используют для измерения снимаемого радиоактивного загрязнения поверхностей.

Приборный разностный метод состоит в том, что после измерения общей РЗ поверхность протирают тампоном (как в методе мазков), затем произво-

дят измерение неснимаемой РЗ. Разность результатов этих двух измерений дает значение уровня снимаемой РЗ. Приборный разностный метод предназначен для измерения снимаемой РЗ поверхностей. Преимуществом его перед методом мазков является возможность получения результата непосредственно на месте измерения, т.е. он более оперативен при контроле больших площадей или при проведении радиационной разведки в помещении и на территории для поиска локальных загрязнений, а также при аварийном контроле.

Трековый разностный метод. Суть метода состоит в том, что два ТД экспонируются одновременно и рядом на обследуемой поверхности. При этом один ТД экспонируется на непротертом участке поверхности, а второй – на участке поверхности, освобожденной от снимаемой РЗ. В предположении, что в пределах площади поверхности, на которой располагаются оба детектора, загрязнение равномерно, разность результатов этих двух измерений дает значение уровня снимаемой РЗ.

Использование МУК 2.6.1.16-99 показало, что трековый метод, так же как и трековый разностный метод, не находит практического применения из-за большой продолжительности и сложности проведения измерений и обработки их результатов, а также ввиду отсутствия поставляемых промышленностью приборно-методических комплексов, аттестованных методик измерений и обработки результатов.

Также не находит практического применения приборный разностный метод. Дело в том, что снимаемое загрязнение, как правило, составляет незначительную часть общего загрязнения, поэтому попытка измерения снимаемо-

го загрязнения как разности между общим загрязнением и фиксированным загрязнением, оставшимся после снятия мазка с обследуемого участка поверхности, приводит к очень большим погрешностям.

Поэтому при модернизации МУК 2.6.1.16-99 следует ориентироваться на два метода: приборный метод для измерения общего загрязнения кожных покровов, спецодежды, спецобуви и других СИЗ; и метод мазков для измерения снимаемого загрязнения поверхностей рабочих помещений и находящегося в них оборудования.

Оптимизация контроля радиоактивного загрязнения поверхностей должна заключаться в уточнении целей информационного и текущего контроля и изменении соотношения между ними.

С учетом произошедшего к настоящему времени радикального снижения уровней радиоактивного загрязнения поверхностей на предприятиях атомной промышленности и энергетики главным видом должен стать **информационный контроль**. Его основной целью должно быть обнаружение «свежего» радиоактивного загрязнения для своевременного реагирования на произошедшие нештатные ситуации, связанные с выбросом (проливом) радиоактивных веществ, разносом загрязнения обувью персонала, транспортными средствами и перевозимыми грузами.

Поскольку уровни радиоактивного загрязнения поверхностей малы (зачастую близки к нижнему порогу измерения применяемыми методами), являются избыточными попытки набора статистики для определения средней загрязненности поверхностей в данном помещении, средней загрязненности спецодежды персонала и т. п. С точки зрения пот-

ребности для принятия решения по реагированию на обнаруженное загрязнение, нас больше всего интересует сопоставление результатов измерения на данном участке поверхности, полученных сегодня, со средними результатами, полученными за 30–50 предыдущих измерений. Если сегодняшний результат достоверно (например, на 50 %) превышает среднее значение по результатам предыдущих измерений, то необходимо реагировать: провести измерения загрязненности соседних участков поверхности, поверхностей всего помещения с целью установления источника роста радиоактивного загрязнения поверхности.

Проводить измерения необходимо регулярно (один раз в смену, один раз в сутки или реже, в зависимости от конкретных условий) на одних и тех же участках поверхности помещений, на которых наиболее вероятно появление радиоактивного загрязнения (участки пола вблизи технологического оборудования, возле дверей в соседние помещения и т. п.), особенно после завершения потенциально опасных технологических операций.

Текущий контроль должен проводиться периодически (например, один раз в месяц) для получения статистически достоверных данных о текущей загрязненности помещений. При этом, если в помещении за последний месяц не зарегистрированы уровни загрязнения, превышающие 0,1 от допустимого уровня или 0,2 от контрольного, то можно проводить измерения по сокращенной схеме (5–10 точек в помещении в зависимости от его площади).

Результаты регулярных измерений в случае малых значений радиоактивного загрязнения поверхностей (на уровне 0,1 и менее от допустимого уровня) явля-

ются избыточными и не используются для принятия управленческих решений по обеспечению радиационной безопасности персонала. В то же время, они являются подтверждением достаточности мер по соблюдению режима герметичности оборудования и нераспространения загрязнения.

Предлагаются следующие подходы к методологии контроля радиоактивного загрязнения поверхностей помещений и установленного в них оборудования.

1. Ежедневное (ежесменное) измерение уровня радиоактивного загрязнения поверхностей в критических точках (участках), в которых наиболее вероятно появление нового загрязнения. Такими точками являются участки пола вблизи технологического оборудования, вытяжных шкафов, боксов и т. п., участки пола возле входных дверей; такой контроль не должен иметь целью определение средней загрязненности помещения с набором необходимого статистически значимого количества измерений. Цель контроля состоит только в том, чтобы обнаружить значимое увеличение уровня радиоактивного загрязнения поверхности, что может свидетельствовать о необнаруженном до этого выбросе радиоактивных веществ из технологического оборудования в данном помещении или заносе загрязнения из смежных помещений.

2. Регулярное (раз в месяц или в квартал) измерение уровней радиоактивного загрязнения полов производственных помещений и оборудования с набором необходимой статистики. Такое же обследование необходимо проводить и после проведения ремонтных работ со вскрытием технологического оборудования. Цель обследования: получение статистически достовер-

ных данных об уровнях радиоактивного загрязнения поверхностей, тенденциях их роста или снижения и т. п.

3. Измерение уровней радиоактивного загрязнения поверхностей в редко посещаемых помещениях временного пребывания персонала проводить только перед заходом в них персонала для проведения работ по ремонту, контролю, наладке оборудования и т. п. За счет этого удастся уменьшить дозы облучения дозиметристов, дезактиваторщиков и других работников. В некоторых случаях более оправданным является выполнение работ в таких помещениях с применением высокоэффективных СИЗ, чем проведение дезактивационных работ, приводящих к большим дозозатратам и образованию больших объемов радиоактивных отходов.

4. При проведении ремонтных работ и других работ по допускам – обязательный контроль, как основа для организации проведения мероприятий по предотвращению разноса загрязнений и дезактивации загрязненных поверхностей.

5. Контроль путей распространения загрязнения (автотранспорт, вывозимые материалы, оборудование и пр.).

Следует модернизировать процедуры контроля радиоактивного загрязнения кожных покровов, спецодежды, спецобуви и других средств индивидуальной защиты персонала:

- проведение измерений по окончании работ по наряду-допуску;
- проведение измерений в случае нештатной ситуации или в случае подозрения на нештатную ситуацию, которая могла привести к загрязнению;
- проведение измерений загрязненности спецодежды, спецобуви и других средств индивидуальной защиты персонала при

входе в санпропускник после окончания рабочей смены (с регистрацией работника), автоматическое принудительное измерение загрязненности кожных покровов (в первую очередь рук) после санобработки при входе в чистое отделение санпропускника (с регистрацией работника).

Требования к приборно-методической базе контроля радиоактивного загрязнения. Требуется обновления и приборно-методическая база для контроля радиоактивного загрязнения поверхностей. Практика работы дозиметрических служб свидетельствует о необходимости разработки механизированных (полуавтоматических) устройств для снятия мазков с загрязненных по-

верхностей и последующего их измерения в лабораторном помещении дозслужбы.

Необходимость самоконтроля загрязненности спецодежды, спецобуви и других средств индивидуальной защиты персонала при входе в санпропускник накладывает определенные требования к конструкции радиометров загрязненности типа РЗБ-05Д: нужно обеспечивать корректное измерение плотности потока бета-частиц при возможно высоком фоне гамма-излучения.

Аналогичную задачу необходимо решать и при радиометрическом контроле поверхностей транспортных средств и контейнеров, регламентируемых таблицей 8.10 НРБ-99/2009: для упрощения контроля нужно шире ис-

пользовать такие принципы измерения, реализованные в блоках типа БДКС-96с [4]. В аналогичных блоках применяются счетчики бета-излучения Бета-2 со слюдяным окошком и гамма-излучения Бета-2М, имеющие почти одинаковую чувствительность к гамма-излучению и отличающиеся только тем, что Бета-2М имеет окошко, экранированное сталью толщиной 1 мм. При измерениях оба счетчика работают параллельно, число импульсов от счетчика Бета-2М вычитается из числа импульсов от счетчика Бета-2, и таким образом реализуется компенсация вклада гамма-излучения в результат измерения плотности потока бета-излучения.

Литература

1. Клочков В.Н. Опасность радиоактивного загрязнения поверхностей как фактора внешнего и внутреннего облучения персонала. АНРИ № 2(57), 2009. С. 27-36.
2. СанПин 2.6.1.2523-09. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009). М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009.
3. МУК 2.6.1.16-99. Методические указания. Контроль загрязнения радиоактивными нуклидами поверхностей рабочих помещений, оборудования, транспортных средств и других объектов. Утверждены заместителем Главного Государственного санитарного врача Российской Федерации по специальным вопросам О.И.Шамовым 10.09.1999, Руководителем Департамента по безопасности, экологии и чрезвычайным ситуациям Минатома России А.М.Агаповым 16.11.1999.
4. http://www.doza.ru/catalog/dks96_modifications/113/999.

Concept of Modernization of Surface Radioactive Contamination Control Methodology

Abstract. About issues related to adherence to allowable levels for radioactive contamination of surfaces of working rooms, equipment, personnel skin, working clothes, special footwear and other personal protective equipment specified by NRB-99/2009. The article was prepared due to requests of enterprise specialists concerning the procedure of applying norms established in NRB-99/2009 at monitoring of surface radiation contamination levels. It summarizes scientific information about mechanisms of formation of external and internal radiation doses for the personnel working under conditions of surface radiation contamination. When preparing the article authors used both results of their own research and literature data published in 1960-70 which are now unavailable for practical workers.

Key words: radiation safety norms, radioactive contamination, internal and external radiation doses, radiation monitoring.

В.Н.Клочков (доцент, д.т.н., с.н.с., в.н.с.), Ю.В.Абрамов (к.т.н., в.н.с.), В.И.Рубцов (д.т.н., с.н.с., зав.лаб.) – ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И.Бурназяна ФМБА России, 123182, г. Москва, ул.Живописная, д.46;

К.Н.Нурлыбаев (к.т.н., г.н.с.) – НПП «Доза», 124460, г. Москва, а/я 50.

Контакты: тел.: +7 (499) 190-95-44; e-mail: siz-fmbc@mail.ru.