

ЗАНЯТИЕ (Практическое).

Тема: Охрана окружающей среды от радиоактивных загрязнений. Медицинские диагностические исследования как источник облучения населения.

Основные вопросы, предлагаемые для обсуждения.

1. Методы обезвреживания радиоактивных отходов.
2. Методы обезвреживания удаляемых в атмосферу выбросов, содержащих радионуклиды.
3. Методы переработки жидких радиоактивных отходов.
4. Методы отверждения жидких радиоактивных отходов.
5. Способы изоляции радиоактивных отходов.
6. Удаление радиоактивных отходов в недра земли.
7. Удаление радиоактивных отходов в моря и океаны.
8. Организация санитарно-защитных зон, зон наблюдения и радиационный производственный контроль.

Краткое содержание темы.

Благодаря проведению комплекса мероприятий по охране окружающей среды от радиоактивных загрязнений на объектах, где ведутся работы с радионуклидами, дополнительное облучение населения во много раз меньше, чем принятые допустимые величины НРБ-99/2009.

Подтверждением этого могут служить результаты оценки радиационной обстановки в районах размещения таких объектов, на которых находятся радиоактивные отходы в значительных количествах. Например, результаты контроля радиационной обстановки окружающей местности Белоярской и Нововоронежской АЭС и течение ряда лет свидетельствуют о том, что их эксплуатация не сопровождается накоплением радиоизотопов (в частности, ^{90}Sr и ^{137}Cs) в почве и продуктах питания местного производства (картофель, капуста, молоко, злаки и т.д.) по сравнению со средними величинами по стране и данными, полученными до пуска в эксплуатацию этих электростанций. Это послужило основанием для органов санитарного надзора разрешить использовать санитарии защитные зоны указанных станций для сельскохозяйственных целей. Дозы дополнительного внешнего облучения вокруг санитарнозащитных зон (за счет ^{41}Ar) по сравнению с естественным фоном оказались незначительными. Таким образом, осуществление ряда мероприятий по охране окружающей среды от радиоактивных загрязнений при проектировании, строительстве и эксплуатации даже таких мощных источников радиоактивных отходов, как

АЭС, предотвращает неблагоприятные изменения радиационной обстановки прилегающих районов и создает требуемые условия радиационной безопасности для населения.

Охрана окружающей среды от радиоактивных загрязнений обеспечивается следующими мерами:

- использованием совершенной технологии производства, которая сводит к минимуму количество образующихся радиоактивных отходов и предупреждает их утечку (герметизация процессов, связанных с образованием радиоактивных газов и аэрозолей, применение оборотного цикла водоснабжения и т.д.);
- методами обезвреживания, централизованного сбора и хранения радиоактивных отходов;
- организацией санитарно-защитных зон и планировочными мероприятиями.

1. Методы обезвреживания радиоактивных отходов

В настоящее время с целью предупреждения загрязнения окружающей среды радионуклидами допускается сброс отходов с такой активностью, уровень которой предупреждает возможность поступления в организм человека искусственных радионуклидов в количестве, превышающем предел их годового поступления для отдельных лиц из населения или предел дозы внешнего облучения от присутствия в воздухе радионуклидов аргона, криптона, ксенона и короткоживущих изотопов углерода, азота и кислорода.

К радиоактивным отходам относятся растворы, изделия, материалы, биологические объекты, содержащие радионуклиды в количестве, превышающем величины, установленные действующими санитарными правилами (СПОРО-2002) не подлежащие дальнейшему использованию. К радиоактивным отходам относятся также отработавшие источники ионизирующих излучений.

Радиоактивные отходы по агрегатному состоянию подразделяются на жидкие, твердые и газообразные.

Жидкие радиоактивные отходы — органические и неорганические жидкости, пульпы и шламы, не подлежащие дальнейшему использованию, в которых суммарная объемная активность радионуклидов более чем в 10 раз превышает значения, приведенные в приложении НРБ-99/2009.

Твердые радиоактивные отходы — отработавшие свой ресурс радионуклидные источники, не предназначенные для дальнейшего применения материалы, изделия, оборудование, биологические объекты, а также отвержденные жидкие радиоактивные отходы в которых удельная активность радионуклидов превышает минимально значимую удельную

активность, приведенную в приложении НРБ-99/2009. При неизвестном радионуклидном составе твердые отходы считаются радиоактивными, если их удельная активность более

- 100 кБк/кг — для β -излучающих радионуклидов;
- 10 кБк/кг — для α -излучающих радионуклидов;
- 1 кБк/кг — для трансурановых радионуклидов.

Газообразные радиоактивные отходы — не подлежащие использованию радиоактивные газы и аэрозоли, образующиеся при производственных процессах.

Радиоактивные отходы с известным радионуклидным составом подразделяют по удельной (объемной) активности на 3 категории. Классификация жидких и твердых радиоактивных отходов представлена в табл. 1.

Таблица 1

Классификация радиоактивных отходов

Категория отходов	Удельная (объемная) активность, Бк/кг (Бк/л)		
	β, γ -активные радионуклиды	α -активные радионуклиды (исключая трансурановые)	трансурановые радионуклиды
Низкоактивные	Менее 10^6	Менее 10^5	Менее 10^4
Среднеактивные	От 10^6 до 10^{10}	От 10^5 до 10^9	От 10^4 до 10^8
Высокоактивные	Более 10^{10}	Более 10^9	Более 10^8

γ -Излучающие отходы неизвестного состава считаются радиоактивными, если мощность поглощенной дозы у их поверхности (0,1 м) превышает 0,1 мГр/ч над фоном.

Для предварительной сортировки твердых отходов рекомендуется использовать уровень радиоактивного загрязнения (табл. 2) и мощность дозы у-излучения на расстоянии 0,1 м от поверхности:

- низкоактивные — 0,001 до 0,3 мГр/ч;
- среднеактивные — от 0,3 до 10 мГр/ч;
- высокоактивные — более 10 мГр/ч.

Таблица 2.

Классификация РАО по уровню радиоактивного загрязнения, част/(см²мин)

Категория отходов	Уровень радиоактивного загрязнения		
	β -излучающие радионуклиды	α -активные радионуклиды (исключая трансурановые)	трансурановые радионуклиды
Низкоактивные	От $5 \cdot 10^2$ до 10^4	От $5 \cdot 10^1$ до 10^3	От 5 до 10^2

Среднеактивные	От 10^4 до 10^7	От 10^3 до 10^6	От 10^2 до 10^5
Высокоактивные	Более 10^7	Более 10^6	Более 10^5

На объектах, где ведутся работы с радионуклидами, разрешается удалять вентиляционный воздух без очистки, если его активность на выбросе не превышает $ДОА_{норм}$ для воздуха рабочих помещений. При этом уровень внешнего и внутреннего облучения отдельных лиц из населения не должен превышать предела дозы, установленного для этой категории населения.

Удаляемый из укрытий, боксов, камер, шкафов и другого оборудования загрязненный воздух должен подвергаться перед выбросом в атмосферу очистке на эффективных фильтрах. При работах I и II классов, когда суммарная активность удаляемых газов и аэрозолей может достигать значительного уровня, предусматриваются, кроме фильтров, выбросные трубы, высота которых должна обеспечивать снижение загрязнения атмосферного воздуха до величин, не превышающих $ДОА$ для населения и пределов доз внешнего и внутреннего облучения этой категории населения, предусмотренных НРБ-99/2009.

В том случае, когда выполнить указанные выше условия невозможно, отходы, содержащие радионуклиды, должны быть переработаны таким образом, чтобы их радиоактивность была снижена до требуемого уровня.

Единственным окончательным решением проблемы отходов является полный естественный распад содержащихся в них радиоактивных продуктов. Методы, которые применяют при переработке отходов, можно условно разделить на две категории.

К *I категории* относится выдержка—хранение отходов в условиях, обеспечивающих абсолютную безопасность для здоровья людей до тех пор, пока все или почти все радионуклиды не распадутся.

Выдержка во времени — уникальный способ снижения активности отходов. Обычно при наличии в отходах смеси радиоактивных элементов максимальный срок выдержки устанавливают по изотопу, имеющему наибольший период полураспада, а сам срок принимают равным 10 периодам полураспада (например, для отходов, содержащих ^{130}I , 82 дня). За это время существенно снижается удельная активность отходов (примерно в 1024 раза), почти всегда обеспечивая возможность последующего их выпуска в хозяйственно-фекальную канализацию (при жидких отходах). Твердые отходы, уровень активности которых при хранении снижается до допустимых величин, в дальнейшем удаляют, как обычный мусор. Если присутствуют долгоживущие изотопы, то отходы необходимо хранить в течение многих лет в герметичных контейнерах, снабженных защитой. Поскольку такое хранение возможно только при больших экономических

затратах, а количество отходов достигает значительного объема, этот метод требует предварительного извлечения радионуклидов из отходов, их концентрировании с помощью различных способов и последующего надежного хранения концентратов.

Метод, относящийся ко *II категории*, предусматривает разбавление при малом объеме и низкой удельной активности отходов до ничтожно малого уровня активности, не представляющего опасности для здоровья населения. Кроме того, этот способ пригоден при наличии реальных условий для разбавления. Однако хотя этот метод и привлекает своей простотой и дешевизной, он часто не применим на практике, особенно для высокоактивных и средне активных отходов. Так, например, для разбавления до допустимого уровня активности 1 м³ жидких отходов при их активности по ¹³¹I, равной 0,74 МБК/л, требуется около 10 000 м³ воды. Понятно, что в подобных случаях метод разбавления неэффективен.

В зависимости от агрегатного состояния радиоактивных отходов применяют различные способы их переработки.

2. Методы обезвреживания удаляемых в атмосферу выбросов, содержащих радионуклиды

Для очистки воздуха от радиоактивных газов и аэрозолей чаще всего рекомендуются следующие способы:

- фильтрация на тонковолокнистых полимерах в виде тканей (для аэрозолей);
- фильтрация на насадочных фильтрах (для аэрозолей);
- абсорбция растворами;
- абсорбция газов на твердых сорбентах;
- выдержка во времени.

Учитывая малый размер радиоактивных аэрозолей, для их извлечения из газовых потоков обычно применяют фильтрацию на тонковолокнистых полимерах с высокой эффективностью с помощью рамочных фильтров, снабженных тканями ФПП или ФПА.

Ткань ФПП представляет собой слой ультратонких волокон перхлорвинила, нанесенный на марлевую основу; ткань ФПА состоит из ультратонких волокон ацетилцеллюлозы. Ткань ФПП выдерживает температуру газового потока не более 60 °С, она устойчива к воздействию кислот, щелочей, разрушается маслами и некоторыми органическими растворителями: хлорированными углеводородами, ацетоном и др. Ткань ФПА выдерживает температуру до 150 °С, устойчива к действию органических растворителей типа пластификаторов, разрушается под действием кислот, щелочей, ряда органических растворителей типа дихлорэтана, ацетона.

В зависимости от диаметра волокон ткани маркируют, например ткани ФПП-15, ФПА-25 и др. Цифра, стоящая после ее названия, указывает диаметр волокон в микрометрах, условно увеличенный в 10 раз. С уменьшением толщины волокон и увеличением слоя ткани возрастает коэффициент очистки. Высокоэффективные волокнистые материалы (типа ФПП-15) позволяют задерживать частицы размером до 0,08 мкм с эффективностью до 99,9%.

Недостатком фильтров с тканью из тонковолокнистых материалов является их малая пылеемкость. При накоплении на ткани фильтров пыли до 70—80 г/м² резко возрастает их сопротивление потоку воздуха и снижается эффективность обеспыливания. Поэтому указанные фильтры используют в качестве самостоятельной системы очистки при содержании пыли в газовых потоках не более 0,5 мг/л; при большем количестве пыли в выбросах устанавливают предварительные насадочные фильтры (фильтры грубой очистки).

Для грубой очистки рекомендуются фильтры либо с волокнистой, либо с зернистой насадкой. В фильтрах с волокнистой насадкой стекловолокно имеет диаметр волокон 15—25 мкм, а лавсановое волокно — 20 мкм. Фильтрующая способность и сопротивление волокнистых фильтров зависят от плотности их набивки, толщины слоя и диаметра волокон. В том случае, когда в выбросах содержатся химические вещества, образующие в результате конденсации на поверхности фильтра твердую корку из растворимых соединений, эффективны волокнистые фильтры с увлажнением.

В фильтрах с зернистой насадкой применяют такие материалы, как песок, опилки, крошка из резины, графита, пластмасс. Размер зерен крошки для заполнения фильтров — 1—6 мм.

Эффективность очистки газовых потоков от пыли на фильтрах с волокнистой или зернистой насадкой зависит от характера аэрозолей; улавливание аэрозолей конденсации достигает 98%, эффективность задержки аэрозолей дезинтеграции значительно ниже — до 85%. При нарастании сопротивления фильтра с волокнистой насадкой его заменяют. Фильтр с зернистой насадкой заменяют после неоднократного рыхления набивки и повторного его применения до тех пор, пока рыхление набивки не перестанет давать нужный эффект снижения сопротивления фильтра. Фильтрационные установки, включающие группы фильтров, обычно размещают в специальных камерах, в которых все операции, связанные со сменой фильтров, выполняют автоматические устройства. При очистке выбросов, содержащих γ -активные вещества, предусматривается необходимая биологическая защита.

Очистку воздуха и газов от радиоактивных аэрозолей и грубо дисперсной пыли можно осуществлять также с помощью абсорбции жидкостью или специальными растворителями. Жидкостную очистку производят в абсорбентах скрубберного типа, в которых за грязненный газ движется навстречу тонко распыленной жидкости. В отдельных случаях загрязненный газ просто пропускают через слой жидкости для охлаждения и удаления грубодисперсной пыли.

В последнее время жидкостную очистку воздуха и газов от пыли осуществляют в пенных аппаратах, в которых абсорбция происходит намного интенсивнее, чем в слое барботируемой жидкости. Более интенсивный процесс абсорбции в этом случае обусловлен увеличением площади контакта газа и жидкости за счет образования пены. При использовании пенного аппарата эффективность очистки воздуха или газа от пыли достигает 97—99,3%.

Радиоактивные газы улавливают фильтры-адсорбенты, заполненные активированным углем. Радиоактивные инертные газы могут быть также адсорбированы активированным древесным углем, но при низкой отрицательной температуре, создаваемой с помощью жидкого азота или специальных холодильников.

Для извлечения из воздуха радиоактивного йода используют каустические адсорбенты (с эффективностью до 80%).

В отдельных случаях при содержании в газообразных отходах значительного количества короткоживущих радионуклидов и при малом объеме отходов газы сжимают с последующим их хранением в специальных емкостях — газгольдерах.

3. Методы переработки жидких радиоактивных отходов

В настоящее время выбор схемы переработки жидких радиоактивных отходов обусловлен, во-первых, удельной активностью отходов и их объемом, во-вторых, качественным составом жидких отходов как по изотопам, так и по другим компонентам. Конечной целью этих методов является концентрирование радионуклидов для дальнейшего отверждения.

Для удаления радионуклидов из жидких отходов наиболее широко используются дистилляция, осадительные методы, коагуляция и ионный обмен, выпаривание.

Дистилляция — простой и надежный способ обработки жидких радиоактивных отходов. При упаривании растворов радионуклиды концентрируются в небольшом объеме неvolпарного остатка. Степень очистки растворов (отношение концентрации радиоактивного материала в исходном растворе к концентрации его в дистилляте) при данном методе

достигает 10 000 и более. Появление в дистилляте радионуклидов может быть обусловлено возгонкой некоторых изотопов (например, ^{103}Ru , ^{131}I) и выносом капель и частиц паром при пенообразовании. С целью предупреждения подобных явлений устанавливают специальные системы выпарных аппаратов, в конструкцию которых включаются дополнительные фильтры, а жидкость перегоняют при определенном pH и добавлении различных соединений.

Из *осадительных методов* наибольшее распространение получили реакции соосаждения. Так, при содово-известковом умягчении воды с целью извлечения из раствора ^{90}Sr наблюдается соосаждение стронция с кальцием за счет образования смешанных кристаллов нерастворимых солей. Поэтому для достижения высокой эффективности удаления стронция необходимо pH раствора доводить до минимальной величины. При первичной реакции умягчения обычно удаляется до 80—90% стронция; при повторных процессах, когда добавляют и удаляют небольшое количество кальция в несколько стадий, содержание стронция уменьшается каждый раз на 80—90%. Таким образом, при многократной обработке активной жидкости по ^{90}Sr может быть уменьшена на 99,9%.

Сущность процесса коагуляции заключается в том, что при добавлении в раствор различных химических веществ (чаще всего сульфата алюминия) нарушается стабильность коллоидов и образуются выпадающие в осадок хлопья, которые адсорбируют, улавливают и собирают на своей поверхности взвешенные вещества. Эффективность извлечения радионуклидов из жидких отходов с помощью этого метода во многом зависит от изотопного состава присутствующих в растворе веществ, их физико-химического состояния и pH среды.

Коагуляция — малоэффективный метод очистки отходов от растворенных в них радионуклидов, за исключением катионов III, IV и V групп периодической системы Д.И. Менделеева (в том числе и редкоземельных элементов). Этот способ более эффективен для удаления радионуклидов, взвешенных в форме частиц. Обычно при коагуляции активность жидкости, обусловленная присутствием взвешенных частиц, уменьшается на 97—98%, а активность связанная с растворенными в воде изотопами, — на 40—81%. Следует отметить, что при возрастании pH раствора эффективное п. их удаления повышается. Оптимальное значение pH в этом случае составляет примерно 11,5.

В качестве коагулянтов на практике могут быть использовать гидроокись железа, фосфаты, дубильная кислота с известью, сульфат алюминия с добавлением глины и др.

Для ионного обмена используют синтетические органические смолы — катиониты (КУ-1, КУ-2, КУ-5, СБС, СМ-12) и аниониты (МН, ТН, ММГ-1, ЭДЭ-10, АВ-17). При нескольких ступенях ионообменных фильтров коэффициент очистки жидких отходов от различных изотопов составляет от 100 до 10 000. Эффективность снижения удельной активности отходов при ионном обмене в значительной мере зависит от их состава. Наличие в воде механических примесей, жиров, масел может снижать эффект обмена за счет уменьшения численности пор в смоле (осадки и мыла), обволакивания зерен смолы (масла) и др. Количество нейтральных солей, присутствующих в фильтрате, влияет на срок высокоэффективной работы ионообменных фильтров. При значительном их содержании время эксплуатации фильтров сокращается (так как процесс ионного обмена неспецифичен и на смолах задерживаются стабильные элементы), поэтому ионный обмен осуществляется на заключительном этапе обработки отходов. После насыщения ионообменные фильтры, как правило, подвергают регенерации, промывая их кислотами (в случае катионита) и щелочами (в случае анионита) или другими реагентами в зависимости от химической структуры ионообменных смол. В результате такой обработки радионуклиды из ионитов переходят в регенерационные растворы.

В последние годы ведутся интенсивные исследования в области разработки новых физико-химических методов очистки, среди которых наиболее перспективны электродиализ, объединяющий электролиз и Аналитическую диффузию, экстракция, кристаллизация, флотация и пенное отделение.

В практике снижения активности сточных вод широко распространены биологические методы, разработанные на основе следующих положений В.И. Вернадского:

- природные фунты и взвеси (глина, почвы, илы) обладают по отношению к большинству элементов, образующихся при делении урана, высокой сорбционной способностью и малой десорбцией;
- большинство пресноводных организмов, особенно планктон и перифитон, имеют исключительно высокий коэффициент накопления по отношению к большинству химических элементов, которые присутствуют в воде в крайне низкой концентрации;
- большинство пресноводных организмов устойчивы к воздействию излучения.

Существует несколько способов биологической переработки отходов:

- медленная фильтрация через песчаные фильтры;
- фильтрация через биофильтры;
- обработка в аэротенках;

- снижение активности в окислительных прудах.

При медленном просачивании раствора через песчаную загрузку фильтра в самом верхнем слое песка образуется тончайшая илистая пленка, состоящая из биомассы. Эта пленка и выполняет основную задачу извлечения радионуклидов из воды. Снижение активности в этом случае связано с сорбцией и поглощением биологической пленкой растворимых радионуклидов и является функцией исходной активности воды, меняясь от 75 до 95%.

Сточные воды, поступающие на *биофильтры*, проходят аэрируемый слой загрузки, в качестве которого служат гравий, антрацит и др. Как и в медленных фильтрах, загрузка биофильтра со временем покрывается тонкой пленкой биологического ила, задерживающем взвешенные, коллоидные частицы и растворенные формы радио нуклидов.

В *аэротенках* благодаря введению в них предварительно аэрированного, стабилизированного «активного» ила все процессы окисления органических веществ значительно интенсифицированы, а для поддержания высокого окислительного потенциала аэротенков в них периодически продувается воздух. В процессе окисления растворенные и взвешенные в сточной жидкости радионуклиды эффективно поглощаются илом.

Эффективность удаления радионуклидов из сточных вод при обработке на аэротенках в зависимости от изотопного состава колеблется от 5—13% для ^{24}Na , до 84% для ^{32}P и 98% для ^{144}Ce .

Окислительные пруды обычно используют для обработки сточных вод в тех районах, где климатические условия благоприятны для фотосинтеза. В этих прудах под влиянием солнечного света происходит бурное развитие микроорганизмов и водорослей, которые разрушают органические соединения. При этом процессы превращения органических веществ и их усвоения биомассой сопровождаются поглощением изотопов: например, степень поглощения биомассой ^{32}P достигает 93%, ^{90}Sr — 33%.

К недостаткам биологических способов можно отнести длительность и сложность процессов, малую эффективность удаления из отходов Sr, Ru, I, Cs, отрицательное влияние носителей. Кроме того, при применении аэротенка образуется большое количество шламов, безопасное захоронение которых — сложная самостоятельная задача. Наконец, окислительные пруды могут представлять собой определенную потенциальную опасность для окружающей местности вследствие миграции радионуклидов.

К настоящему времени разработаны условия, позволяющие в определенной степени решить важную задачу охраны окружающей среды — предупредить поступление радионуклидов в биосферу в количестве, превышающем

допустимую величину, извлечением из отходов. Вместе с тем многообразие форм применения радионуклидов, обуславливающее часто сложный изотопный состав и различную удельную активность отходов, их химический состав и физико-химическое состояние и, наконец, объем, естественно, не дает возможности предложить какой-то один универсальный способ переработки отходов. В зависимости от конкретных условий работы с радионуклидами, количества отходов и их качественного состава применимы либо отдельные способы, либо, чаще, их комбинации, позволяющие получить нужный эффект при минимальных экономических затратах.

Так, например, сточные воды радиологических отделений больниц, в которых используют для лечебных целей ^{198}Au , ^{32}P , ^{131}I , собирают в специальные сборники, заполняемые поочередно, причем срок накопления каждого из них составляет 90—100 сут. Таким образом, сточные воды могут быть выдержаны в одном из резервуаров в течение более чем 10 периодов полураспада по ^{131}I . В результате этого удельная активность отходов снижается до такого уровня, что они становятся безопасными и могут быть сброшены в систему хозяйственно-фекальной канализации без какой-либо дополнительной обработки.

Для урановых гидрометаллургических заводов была решена проблема предупреждения загрязнения окружающей среды за счет массивных поступлений отходов с низкой удельной активностью. Обычно вблизи каждого уранового завода строят специальное *хвостохранилище* — комплекс сооружений, состоящий из гидротранспорта, водозаборных устройств, дренажных систем, отстойных прудов и подпорных дамб, который предназначен для складирования твердых отходов, осветления жидких сбросов и осуществления оборотного цикла водоснабжения. По способу воздействия дамб и укладки рудных хвостов хранилища подразделяют на намывные дамбы (в процессе эксплуатации возводят гидронамывом) и хранилища с насыпными дамбами (отсыпку дамб производят механическим способом из крупных фракций рудных хвостов, а илистые фракции гидротранспортом подаются в прудки-отстойники). В прудках-отстойниках или водоемах хвостохранилищ происходит осветление жидкой части пульпы за счет оседания взвешенных в ней частиц, чем создаются условия для повторного промышленного использования осветленной воды.

В хвостохранилищах предусматривают устройства для перехвата фильтрационных вод, просачивающихся через дамбу и ложе хранилища, водоупорные глиняные экраны, водопонижительную сеть скважин и дренажей, перехватывающие каналы и т.д. Площадь одного хвостохранилища может составлять 100 000—250 000 м. Глубина рудных

кеков в таких хранилищах от 1,5 до 8 м и более в зависимости от устойчивости дамбы, а количество хранимого рудного материала может достигать 1 000 000 т. После накопления хвостохранилище осушают и консервируют, засыпая толстым слоем земли и сажая деревья. Таким образом, в период эксплуатации хвостохранилища водное зеркало предупреждает образование радиоактивной пыли, а последующая консервация позволяй предупредить миграцию радионуклидов, содержащихся в рудных хвостах. Однако следует отметить, что в процессе эксплуатации хвостохранилищ происходит непрерывная фильтрация их вод и водоносные горизонты. Объем инфильтрационных вод зависит от площади хвостохранилища, высоты слоя жидкости, характера подстилающих фунтов и, по расчетам, может достигать 1000 м³ в сутки, а миграция урана в подземных водных потоках прослеживается до 20—100 км. Следовательно, инфильтрация загрязненных вод с хвостохранилищ может в значительной мере изменить физикохимический состав грунтовых вод.

Примером дифференцированного отношения к отходам разного качественного состава может служить схема переработки жидких отходов на атомных станциях. Так, сточные воды из спецпрачечной и хранилищ ТВЭЛ, обмывочные воды проходят такие этапы обработки, как коагуляция, отстаивание, фильтрация через песчаный фильтр с последующей дистилляцией и возвращением воды на повторный цикл. Сточные воды душевых после коагуляции, отстаивания и фильтрации через песок дополнительно пропускают через ионообменные смолы и сбрасывают в хозяйственно фекальную канализацию.

4. Методы отверждения жидких радиоактивных отходов

Для отверждения концентратов используют битумирование, цементирование, остекловывание.

Под *битумированием* понимают включение радиоактивных отходов в твердый инертный материал на основе асфальтенов и битумов. Основной принцип технологии битумирования состоит во включении радиоактивных шламов и солей в битумы путем отгонки влаги с получением после охлаждения твердых компаундов. Главным достоинством битума, используемого для включения в него радиоактивных отходов, является его гидроизолирующая способность. Процесс отверждения радиоактивных отходов путем включения их в битум обеспечивает достаточно прочную фиксацию радионуклидов. Коэффициент сокращения объема при битумировании в среднем равен 2. Обычно скорость вымывания солей из битумно-солевого компаунда равна 10^{-5} — 10^{-4} г/(см² сут). Битумно-солевой

компаунд превосходит цементные блоки по химической стойкости по отношению к воде.

Основными недостатками битумирования являются пожароопасность его продуктов, а также низкий объем сокращения, невысокая радиационная стойкость конечного продукта и возможность его биodeградации.

Цементирование. Включение в цемент — один из основных методов отверждения как гомогенных (кубовых остатков), так и гетерогенных (пульпы) отходов. Причина широкого распространения цементирования — негорючесть и отсутствие пластичности отвержденного продукта, а также простота его проведения. Кроме того, бетон обладает отличной стойкостью к облучению и довольно высокой теплопроводимостью.

Цементирование имеет недостатки:

- сравнительно невысокая степень включения отвержденных компонентов в цемент, что приводит к увеличению объема отвержденных продуктов;
- наличие большого количества воды в отвержденном продукте;
- выщелачивание радионуклидов и солей при контакте с водой.

Исследования химической стойкости включения радионуклидов

в цементную массу показывают довольно высокую скорость выщелачивания при контакте с водой, что вызывает необходимость создания надежной гидроизоляции хранилищ. Следует помнить, что прочность цементного камня зависит от количества включенных в него солей.

Одним из вариантов решения проблемы изоляции радиоактивных отходов является *включение их в стекло*. По сравнению с другими матрицами стекла обладают рядом несомненных преимуществ: они гомогенны, изотропны, непористы, химически достаточно инертны, включение в структуру стекла продуктов деления обуславливает их прочное фиксирование. Однако стекла при повышенной температуре легко девитрифицируются, что может привести к переходу радионуклидов в окружающую среду (самопроизвольная кристаллизация). При остекловывании существенно сокращается объем отходов. Так, заключение в стекло радиоактивных отходов от переработки 1 т топлива на основе природного урана сокращает объем до 14 л, а от переработки окисного топлива водо-водяного энергетического реактора — до 70 л. Содержание оксидов в стекле при этом достигает 20-30%. (по массе). Установлено, что объем остеклованных отходов и 3,7 раза меньше отходов при включении в битум и почти в 10 раз меньше объема цементных блоков.

На данном этапе развития технологии единственными матрицами, нашедшими практическое применение в мире и России, являются боросиликатные и алюмофосфатные стекла.

Наряду с остекловыванием для обезвреживания радиоактивных отходов применяется керамика на основе глины, оксидов или синтезированная.

При переработке твердых отходов осуществляют технологические операции по изменению форм и уменьшению объемов. Твердые радиоактивные отходы перерабатываются методами измельчения, прессования и сжигания. При прессовании объем отходов сокращается в 2—10 раз, а при сжигании — в 20—100 раз.

В печах сжигают самые разнообразные отходы: древесину, целлюлозно-бумажные, растительного происхождения, резину, остатки масел, нефти и т.д. При сжигании образуются агрессивные газы (хлор, хлористый водород, фтористый водород и т.д.), поэтому для футеровки топок используют огнеупорную керамику.

Образующиеся в процессе обработки жидких, твердых и газообразных отходов высокоактивные концентраты в виде осадков, регенерационных растворов, кубовых остатков, золы отверждают и подвергают захоронению на специальных пунктах.

Металлические твердые радиоактивные отходы дезактивируют или переплавляют. К повторному использованию допускается металл с удельной активностью, не превышающей величин, указанных в ОСПОРБ-99. Отработавшие источники ионизирующих излучений включаются в металлическую матрицу непосредственно в хранилища колодезного типа.

5. Способы изоляции радиоактивных отходов

Пункт длительного хранения радиоактивных отходов — это предприятие, которое объединяет ряд функциональных подразделений, обеспечивающих централизованный сбор, удаление (транспортировку) и захоронение радиоактивных отходов. Такие пункты, как правило, создаются для захоронения отходов крупного промышленного района, города, области. Централизованная система сбора, удаления и захоронения отходов позволяет с высокой степенью надежности исключить поступление радионуклидов в окружающую среду и тем самым обеспечить выполнение жестких требований санитарного законодательства.

Современный подход к долгосрочной изоляции радиоактивных отходов предусматривает создание сооружений, в которых отходы размещают без намерения извлечения, но с такой возможностью (хранилище). На этих пунктах размещаются различные типы сооружений для хранения (захоронения) радиоактивных отходов:

- хранилища (траншейные, траншейные облицованные, котлованные, стволовые, бункерные);
- специализированные здания, специально оборудованные помещения;
- хранилища отработавшего топлива (приреакторные, внереакторные, бассейны выдержки; сухие при регенерационных заводах, транспортных реакторах на специальных судах);
- площадки (грунтовые, асфальтированные, с другими покрытиями, специальные для хранения реакторных отсеков атомных подводных лодок); подземные сооружения шахтного типа, буровые скважины;
- хвостохранилища (наливного типа, намывного типа), отвалы (добычи руд, содержащих естественные радионуклиды, забалансовых руд), шламонакопители, пульпоранилища;
- водоемы-накопители, отдельно стоящие емкости для жидких отходов;
- полигоны глубинного захоронения жидких отходов.

Основными элементами хранилища являются:

- крупногабаритные железобетонные отсеки, железобетонный массив с ячейками для бочек или другие помещения, расположенные на железобетонном основании;
- система барьеров, которая должна противодействовать поступлению атмосферных осадков, поверхностных вод и миграции выщелачиваемых радионуклидов и их выходу в окружающую среду.

На объектах, где ведутся работы с радионуклидами, жидкие и твердые радиоактивные отходы обычно собирают в специальные приемники-контейнеры, конструкция которых определяется характером радиоактивных отходов. Приемники-контейнеры после заполнения должны находиться в специально оборудованном помещении с гладким, имеющим наклон и трап полом, со стенами, отделка которых позволяет обмывать их водой; здесь при необходимости дополнительно упаковывают отходы. Дозиметристы приемной службы пункта захоронения проверяют герметичность и прочность упаковок, интенсивность γ -излучения и нейтронного излучения от них, загрязненность радионуклидами. Мощность дозы излучения от контейнера с радиоактивными отходами должна превышать 100 мкЗв/ч на расстоянии 1 м. Разрешение на вывоз отходов дают только при полном соответствии упаковок требованиям инструкций и правил. Отходы на пункт захоронения транспортируют на специальных автомашинах с защитой кабины водителя. Водитель осуществляет дозиметрический контроль за порядком размещения упаковок с отходами в кузове автомобиля; загрузка его прекращается, если мощность излучения с наружной стороны кузова достигает 2 мкЗв/ч, а в кабине водителя 28 мкЗв/ч.

После доставки радиоактивных отходов на пункт захоронения они могут подвергнуться переработке (например, сжиганию, цементированию и др.). Подготовленные таким образом (или без всякой предварительной подготовки) отходы сбрасывают в специальные подземные емкости (могильники). После заполнения могильников сверху устраивают бетонное перекрытие, позволяющее герметизировать их и обеспечить условия, предупреждающие переоблучение персонала.

В основе планирования пунктов захоронения лежит принцип разделения всей территории на «грязную» и «чистую» зоны. В «грязной» зоне размещают комплекс подземных резервуаров для захоронения отходов и установки для их переработки, в «чистой зоне» — здания и сооружения вспомогательных служб (котельная, гаражи, помещения дежурного персонала и др.). На границе указанных зон располагаются санпропускник и здание для дезактивации транспортных средств и оборудования с сооружениями по очистке радиоактивных обмывочных вод.

Размещение пунктов захоронения определяется их назначением — навсегда (или, по крайней мере, на многие сотни лет) изолировать радиоактивные отходы от окружающей среды и тем самым предупредить возможную миграцию содержащихся в отходах радионуклидов. Поэтому пункты захоронения устраиваются на достаточном удалении от населенных мест, на территориях, не имеющих в обозримом будущем перспектив хозяйственного или любого другого использования. Геологический профиль отводимых под пункты захоронения участков должен быть представлен рыхлыми средне- и мелкозернистыми породами (пески, супеси, суглинки, глины) с низким стоянием грунтовых вод. Наиболее благоприятен для размещения пунктов равнинный, но несколько всхолмленный тип рельефа местности. В этом случае уровень грунтовых вод на возвышенности в силу естественного дренирования находится на значительной глубине и устройство пунктов захоронения на возвышенности позволяет с высокой степенью надежности (даже при разрушениях инженерных барьеров) предупредить за счет фиксации изотопов в грунте попадание радионуклидов в грунтовые воды. Для обеспечения надежности захоронения радиоактивных отходов емкости строят из железобетонных конструкций. При их заполнении в жидкие отходы можно добавлять цемент, в этом случае бетонируются также промежутки между твердыми отходами.

Чтобы исключить вредное влияние пунктов захоронения радиоактивных отходов на условия проживания населения, вокруг них создаются санитарно-защитные зоны. Территорию пунктов захоронения обносят оградой с предупреждающими знаками и охраняют.

6. Удаление радиоактивных отходов в недра земли

В связи с высокой стоимостью переработки образующихся на предприятиях атомной промышленности жидких радиоактивных отходов в отдельных случаях их удаляли в недра земли. Так, на атомном заводе в Хенфорде (США) только с 1944 по 1960 г. было удалено в грунт более $1,4 \cdot 10^8$ м³ жидких радиоактивных отходов. Отходы с удельной β -активностью менее 1850 Бк/л сбрасывались в фильтрующие болота и пруды, отходы с активностью до 222 МБк/л в поглощающие траншеи и колодцы. За распространением радиоактивных загрязнений в горных породах и подземных водах на территории завода велся постоянный контроль, бурили скважины и исследовали образцы грунта, взятого на разных глубинах. Установлено, что благодаря благоприятным гидрогеологическим условиям района Хенфорда (платообразная местность, приподнятая над уровнем р. Колумбия, низкое стояние грунтовых вод — на глубине 70—100 м, высокая ионная емкость фунтов, значительно удаление района от зоны дренажа грунтовых вод) на большие расстояния (до 13 км) перемещался только тритий, содержание которого в грунтовой воде на границе этой зоны было равно 3 Бк/л. Общая β -активность грунтовых вод в непосредственной близости от колодцев составляла от 3700 Бк/л до 222 МБк/л, а в несколько удаленных местах — 55 Бк/л. β -Активность грунтовых вод преимущественно была обусловлена присутствием ^{106}Ru , но иногда на расстоянии до 350 м от колодцев отмечали небольшое количество ^{60}Co , ^{90}Sr и ^{137}Cs — в пределах 37 Бк/л.

Другим примером удаления жидких радиоактивных отходов в грунт могло служить атомное предприятие в Саванна-Ривер расположенное на прибрежной равнине Атлантического океана (США). Район размещения предприятия состоит из песков, имеющих сравнительно малую сорбционную способность. Уровень грунтовых вод находится на глубине от 8 до 20 м. Выше этого уровня, на глубине 1,5—8 м, отмечались локальные водонасыщенные породы. В открытые фильтрующие бассейны удаляли жидкие отходы с низким содержанием радионуклидов от 5 реакторов, 2 химических заводов и установок тяжелой воды. Результаты исследований показали, что в радиусе 30 м от бассейна в локальных насыщенных породах обнаруживали удаляемые в бассейны изотопы. В основном водоносном горизонте β -активность грунтовых вод не превышала 18,5 Бк/л. По данным на январь 1962 г., ^{90}Si находили в грунтовой воде на расстоянии не более 250 м от границ бассейна.

Жидкие радиоактивные отходы удаляли в грунтовые воды на атомном предприятии в Чок-Ривер в Канаде. Пробы грунтовых вод из контрольных

скважин на этом объекте свидетельствуют о том, что радиоактивные продукты распространяются от поглощающих устройств на расстояние до 60 м.

Таким образом, в зависимости от конкретных гидрогеологических условий, объема и радиохимического состава отходов характер и степень загрязнения радионуклидами имеют определенные особенности.

Жидкие радиоактивные отходы удалялись в межпластовые горизонты. Преимущество применения для этих целей глубоких водоносных горизонтов, содержащих пресные или слабоминерализованные воды, заключается в том, что, во-первых, они часто характеризуются значительной водоприемной особенностью и, во-вторых, имеют хорошую гидродинамическую изоляцию от верхних водоносных горизонтов. Основным недостатком такого способа захоронения отходов является загрязнение подземных вод, представляющих использование указанных горизонтов для удаления в них радиоактивных отходов необходима сравнительная оценка выгоды этого мероприятия и того ущерба, который будет нанесен водным ресурсам данного района.

Критерием возможности удаления отходов в межпластовые горизонты служила их изолированность. Под изолированностью поглощающих горизонтов понимают совокупность показателей, характеризующих глубину их залегания и степень их перекрытия толщами глин, скорость водообмена и сорбционную способность водоносных пород. При оценке гидродинамической изолированности горизонтов учитывают также возможность закачки того или иного объема отходов без нарушения естественного режима подземных вод.

Радиоактивные воды предлагалось удалять в отработанные шахты горнодобывающей промышленности, в частности шахтные выработки соли (подвергаясь под землей постоянному сжатию, эта соль обладает текучестью, поэтому соляные толщи абсолютно водоупорны. Однако при закачке в соляные полости отходов с высокой удельной активностью возможны закипание растворов и растворение кровли соляных выработок).

В настоящее время имеются сообщения о возможности захоронения радиоактивных отходов в отработавших нефтяных скважинах и др.

В любых случаях при удалении жидких радиоактивных отходов в недра Земли необходимо соблюдать следующие основные санитарные требования:

- предупреждать выход загрязненных радионуклидами подземных вод в местах их дренирования;
- следить за тем, чтобы радионуклиды не проникали в воду водозаборных скважин, окружающих участок удаления радиоактивных растворов;

- предупреждать возможное загрязнение радионуклидами разрабатываемых и перспективных месторождений полезных ископаемых;
- сохранять естественный режим подземных вод.

В нашей стране, где охрана подземных вод проводится в общегосударственном масштабе, устройство поглощающих колодцев и скважин для захоронения радиоактивных отходов запрещено документами законодательного характера. Оно может быть в отдельных случаях осуществлено с разрешения Минздравсоцразвития РФ.

7. Удаление радиоактивных отходов в моря и океаны

В ряде стран, в первую очередь в США и Англии, практиковалось удаление радиоактивных отходов в моря и океаны. Так, в США с 1946 г. отходы с низким уровнем активности, поступающие из научно-исследовательских центров, смешивали с цементом, помещали в стальные емкости объемом 210 л и сбрасывали в воды Атлантического и Тихого океанов. Общее число емкостей, захороненных в 1964 г. в океаны, составило около 45 000, а суммарная их активность к моменту захоронения достигала 814 ТБк. В 1961 г. Комиссия по атомной энергии США обследовала 2 места захоронения радиоактивных отходов у берегов Калифорнии. При оценке радиоактивности многочисленных проб воды, взятых у дна зон захоронения, оказалось, что уровень ее не отличается от уровня радиоактивности воды контрольных участков.

В течение ряда лет в Уиндсейле (Англия) жидкие радиоактивные отходы удаляли в Ирландское море по трубопроводу, выходящему в море примерно на 3 км от берега. Гидрологические и радиобиологические исследования английских ученых в зоне выброса, позволили определить, что в данном случае можно было сбрасывать от 740 ТБк до 3,7 ПБк в месяц, не опасаясь существенного изменения удельной активности морской воды и гидробионтов.

8. Организация санитарно-защитных зон, зон наблюдения и радиационный производственный контроль

Вокруг радиационных объектов устанавливаются особые территории — санитарно-защитная зона (СЗЗ) и зона наблюдения (ЗН).

Санитарно-защитная зона — территория вокруг предприятия, на которой запрещается размещение жилых зданий, детских учреждений, а также промышленных и подсобных сооружений, не относящихся к предприятию, для которого установлена эта зона. СЗЗ является защитным барьером, обеспечивающим безопасность населения при эксплуатации радиационного объекта («Санитарнозащитные зоны и зоны наблюдения радиационных объектов: условия эксплуатации и обоснование границ» — СП 2.6.1.2216-07).

Зона наблюдения — территория, граничащая с СЗЗ, на которой уровень облучения проживающего населения за счет радиоактивных выбросов и сбросов предприятия (учреждения) может достигать установленного предела, что диктует необходимость проведения в ней контроля радиационной обстановки.

В соответствии с требованиями ОСПОРБ-99 СЗЗ устанавливается вокруг радиационных объектов I, II, III категорий. В отдельных случаях по согласованию с федеральным органом исполнительной власти, уполномоченным осуществлять государственный санитарно-эпидемиологический надзор, СЗЗ радиационных объектов I и II категории может быть ограничена пределами территории (промышленной площадки) объекта, для объекта III категории СЗЗ всегда ограничивается периметром территории, занимаемой объектом.

Промышленная площадка (далее промплощадка) радиационного объекта является структурным элементом СЗЗ. Территория промплощадки может быть общей или устанавливается отдельно для каждого производства, входящего в состав радиационного объекта.

Критерием для определения размеров СЗЗ является непревышение на ее внешней границе годовой эффективной дозы облучения населения 1 мЗв или квоты предела годовой эффективной дозы облучения населения, утвержденной федеральным органом исполнительной власти, уполномоченным осуществлять государственный санитарно-эпидемиологический надзор на данном радиационном объекте в условиях его нормальной эксплуатации.

При размещении на одной площадке нескольких радиационных объектов размер СЗЗ устанавливается с учетом их суммарном воздействия на население.

Размеры СЗЗ (полосы отчуждения) вдоль трассы трубопровода для удаления жидких радиоактивных отходов устанавливает в зависимости от активности последних, рельефа местности, характера грунтов, глубины залегания трубопровода, уровня напора в ней и должны быть не менее 20 м в каждую сторону от трубопровода. В проекте ЗН радиационного объекта I категории должны быть определены размер и границы ЗН, объем, периодичность и приборно-методическое обеспечение радиационного контроля проводимого в ЗН.

Размер ЗН может быть изменен на основе материалов радиационного контроля при нормальной эксплуатации радиационного объекта, а также в случае изменения размеров соответствующей СЗЗ.

Размеры СЗЗ и ЗН радиационных объектов, подлежащих обслуживанию Федеральным медико-биологическим агентством, могут быть изменены по постановлению Главного государственного санитарного врача Федерального медико-биологического агентства России в порядке, установленном данными правилами.

Радиационный контроль на территории СЗЗ и ЗН должен осуществляться службами радиационной безопасности, а так же органами, уполномоченными осуществлять государственный санитарно-эпидемиологический надзор.

Организация радиационного контроля в СЗЗ и ЗН является составной частью системы радиационного контроля объекта, имеющая функциональные связи с остальными ее частями.

Оценка доз облучения населения, проживающего в ЗН, осуществляется органами Роспотребнадзора на основании данных радиационно-гигиенической паспортизации и ЕСКИД.

Радиационный контроль в СЗЗ и ЗН должен обеспечивать получение достоверной информации о параметрах радиационной обстановки, позволяющей принять оперативные решения, направленные на снижение уровня облучения людей как при нормальной эксплуатации радиационного объекта, так и в случае аварии.

Контроль радиационной обстановки в СЗЗ и ЗН в зависимости от реально действующих радиационных факторов включает:

- контроль мощности дозы γ -излучения;
- контроль загрязнения воздушной среды радиоактивными газами и аэрозолями;
- контроль поверхностного загрязнения территории радиоактивными веществами;
- контроль содержания радиоактивных веществ в почве, донных отложениях и воде открытых водоемов, грунтовых водах и биологических объектах;
- определение нуклидного состава радиоактивного загрязнения.

Организация радиационного контроля должна разрабатываться проектом СЗЗ и/или ЗН и определять виды и объем радиационного контроля, а также перечень необходимых дозиметрических, радиометрических, спектрометрических и других приборов, оборудования и методов, применяемых при осуществлении радиационного контроля, размещение стационарных приборов, точек постоянного и периодического контроля, состав необходимых помещений и т.п.

Контроль облучения персонала группы Б осуществляется групповым методом на основании измерения на рабочих местах мощности дозы

внешнего излучения, плотности потока ионизирующих частиц и объемной активности аэрозолей воздуха.

Контроль уровней поверхностного загрязнения осуществляется как непосредственными измерениями на месте стационарными и переносными приборами, так и путем отбора проб.

Радиационный контроль проводится стационарными и передвижными постами, которые размещают на территории промплощадки, СЗЗ и ЗН.

В соответствии с СанПиН 2.6.1.07.03 число стационарных постов в зоне наблюдения зависит от численности населения.

В населенных пунктах следует устанавливать один пост через каждые 0,5-5,0 км с учетом рельефа местности и наличия других источников загрязнения.

За пределами ЗН с наветренной стороны от радиационного объекта I категории должен дополнительно устанавливаться контрольный пост наблюдения.

В составе службы радиационной безопасности объектов I—III категорий должна быть выделена лаборатория (группа) радиационного контроля внешней среды, аккредитованная в установленном порядке и обеспеченная соответствующими транспортными средствами (включая при необходимости плавсредства), а также комплектом стационарной и переносной пробоотборной и измерительной аппаратуры.

Лаборатория контроля внешней среды должна быть размещена в специальных помещениях.

Организация радиационного контроля в СЗЗ и ЗН должна обеспечивать функционирование базы данных индивидуального дозиметрического контроля персонала группы Б, а также параметров радиационной обстановки.

Организация дозиметрического контроля населения, проживающего в ЗН радиационного объекта I категории, и обеспечение функционирования базы данных индивидуального дозиметрического контроля осуществляются органами Роспотребнадзора.

Все приборы, аппаратура и методики радиационного контроля должны быть метрологически аттестованы.

9. Санитарно-дозиметрический контроль

Санитарно-дозиметрический контроль состояния окружающей среды включает выявление и паспортизацию источников загрязнения окружающей среды радионуклидами, установление мест образования радиоактивных отходов, характера их переработки, хранения и удаления, оценку миграции радионуклидов в окружающей среде, степени создаваемого ими загрязнения и уровней внешнего и внутреннего облучения.

Отделы (группы) радиационной гигиены организуют лабораторную работу по исследованию объектов окружающей среды, проводят инструктаж и контролируют работы по ликвидации последствий аварий в соответствии с существующими инструкциями.

В зависимости от технологии использования открытых источников на радиологических объектах санитарно-дозиметрическому контролю подлежат системы канализации, открытые водоемы, подземные источники, атмосферный воздух, выпадения, почва, наземная растительность, продукты питания.

Программа санитарно-дозиметрического контроля радиационного состояния окружающей среды зависит от конкретных условий и задач, стоящих перед отделами (группами) радиационной гигиены службы Роспотребнадзора. Так, при образовании на радиологическом объекте жидких радиоактивных отходов, сбрасываемых в систему канализации, дается санитарное описание этой системы и путей удаления сточных вод от данного учреждения до открытого водоема, а также системы переработки жидких отходов, излагается качественная и количественная характеристики радиоактивных отходов и сточных вод.

С целью получения объективной информации о содержании радионуклидов в сточных водах, эффективности работы установок по переработке жидких радиоактивных отходов, степени их разбавления в канализационных коллекторах пробы сточных вод отбирают на каждом этапе, включая последний смотровой колодец коллектора учреждения и место спуска сточных вод в водоемы. Для получения более полных данных можно отбирать отложения, образующиеся на стенках трубопроводов, поверхности фильтров и т.д.

В дальнейшем пробы подвергают радиометрическому, спектрометрическому или радиохимическому анализу.

Санитарно-дозиметрический контроль состояния воздушной среды предполагает количественную и качественную оценку радиоактивных загрязнений атмосферного воздуха. Изучение технологии производства на объектах позволяет установить основные этапы, на которых образуются радиоактивные газы и аэрозоли, пути их удаления и методы переработки радиоактивных отходов. С целью оценки степени загрязнения атмосферного воздуха и дальности распространения радиоактивных веществ в районе расположения радиологического учреждения устанавливают пункты наблюдения, в которых отбирают пробы воздуха аспирационным и седиментационным методами. В отдельных случаях (при поступлении в

воздух радиоактивных инертных газов, короткоживущих изотопов углерода, азота и кислорода) измеряют активность β - и γ -излучения и т.д.

Материалы санитарно-дозиметрического контроля в случае нарушения требований санитарного законодательства служат основанием для центров Роспотребнадзора принимать решительные меры для предупреждения загрязнения окружающей среды радионуклидами.

При оценке радиационной обстановки, складывающейся в окружении радиологических объектов в окружающей среде, основными критериями служат допустимые мощности дозы за пределами данного учреждения или его СЗЗ, предел дозы внешнего и внутреннего облучения для отдельных лиц из населения, допустимые концентрации радиоактивных изотопов в воздухе и воде наблюдаемых зон.

Важное место в работе, выполняемой центрами гигиены и эпидемиологии, занимает контроль радиационной обстановки, обусловленной глобальными выпадениями. Эти исследования одновременно выполняются рядом научно-исследовательских радиационно-гигиенических институтов, радиологическими лабораториями, группами системы гидрометеослужбы и ветеринарии. Благодаря комплексным исследованиям в этой области в нашей стране решен ряд важных вопросов по прогнозированию возможных последствий, обусловленных выпадениями, что имеет особо важное значение при аварийных и чрезвычайных ситуациях.

В настоящее время отделы и группы радиационной гигиены проводят большую работу по изучению влияния естественной активности на окружающую среду (контроль за строительными материалами, содержанием радона в воздухе жилых помещений, оценка радиационной обстановки на строительных площадках и т.д.).

