

Приборно-методическое обеспечение контроля радиоактивных выбросов на объектах ядерно-топливного цикла ФГУП «ПО «Маяк»

Обобщены данные по приборно-методическому обеспечению контроля радиоактивных выбросов. Рассмотрены схемы непрерывного и периодического (аналитического) контроля газообразных выбросов. Кратко представлены методы, применяемые на ФГУП «ПО «Маяк» для контроля активности воздушной среды в технологических трактах, спецвентиляции помещений и источниках газообразных выбросов.

Ключевые слова:

газоаэрольные выбросы, методы контроля, средства пробоотбора, газообразный тритий, оксид трития, углерод-14, инертные радиоактивные газы.

Е.Л.Мурашова, Ю.В.Кулишов, А.А.Тарасенко, А.А.Ануфриева
(ФГУП «ПО «Маяк», г. Озерск Челябинской обл.)

Несмотря на предварительную очистку газообразных потоков на предприятиях ядерного топливного цикла, часть аэрозолей, паров и газов поступает в окружающую среду. В соответствии с действующими нормами и правилами в области радиационной безопасности и природоохранного законодательства, для обеспечения стабильной работы предприятия, охраны здоровья персонала и населения необходима достоверная и оперативная оценка радиационных параметров промышленных систем предприятия. На ФГУП «ПО «Маяк» создана и успешно функционирует автоматизированная система радиационного контроля (АСРК) объемной активности газовой среды технологических трактов, спецвентиляции

помещений и всех основных источников выбросов радионуклидов в атмосферу, обеспечивающая оперативно-предупредительный контроль. Наряду с АСРК, выполняется периодический контроль радионуклидного состава и объемной активности газообразных выбросов, что позволяет отслеживать содержание всех подлежащих контролю нормируемых радионуклидов.

Методическое обеспечение контроля газообразных выбросов из основных источников многопрофильного предприятия ФГУП «ПО «Маяк» главным образом зависит от типа производства. Так, например, для реакторного производства основными составляющими воздушного выброса по активности являются радиоизотопы инертных газов (Ar-41, Xe-133, Kr-85) и тритий, в газообразной фазе выбросов присутствуют

также углерод-14, радиоизотопы йода и аэрозоли Co-60, Mn-54, Na-24, Cu-64, Cr-51, Cs-137, Se-144 и др. В отличие от энергетических реакторов (АЭС) с постоянным топливным составом количество аэрозолей промышленного реактора ФГУП «ПО «Маяк» зависит от вида облучаемых блоков, загруженных в активную зону реактора, периода рабочей кампании, периода эксплуатации реактора, температуры активной зоны и т. д.

Общая схема радиационного контроля для реакторного производства ФГУП «ПО «Маяк» представлена на рис.1.

Представленная на рис.1 схема отображает общий подход контроля выбросов на предприятии ФГУП «ПО «Маяк» вне зависимости от типа производства:

- контроль суммарной активности выброса;

- контроль с улавливанием и концентрированием радионуклидов;
- контроль аэрозолей.

Прямые методы контроля

Контроль суммарной объемной активности радиоактивных газов в источнике выброса в режиме реального времени (непрерывный контроль) обеспечивается ионизационным методом с использованием измерительных трактов с блоками детектирования БДГБ-14И или другого типа, производимых на ФГУП «ПО «Маяк» [1]. БДГБ-14И относится к элементам нормальной эксплуатации, имеет классификационное обозначение ЗН по НП-016-05 (ОПБ ОЯТЦ), НП-001-97 (ОПБ-88/97), ПОБ КПРО-98 и исполнение в виде двух вариантов (рис.2) с характеристиками, указанными в табл.1:



Рис.1. Схема контроля газообразных выбросов.

Табл.1. Характеристики блоков детектирования.

Тип исполнения	Номер в Госреестре	Объем ионизационной камеры, дм ³	Диапазон измерений, Бк·м ⁻³		
			H-3	C-14	Xe-133, Kr-85, Ar-41
БДГБ-14И	59721-15	10	от 4·10 ⁴ до 5·10 ⁹	от 4·10 ³ до 4·10 ⁹	от 2·10 ³ до 4·10 ¹⁰
БДГБ-14И-1	59721-15	0,2	от 4·10 ⁷ до 5·10 ¹¹	от 4·10 ⁶ до 4·10 ¹¹	от 2·10 ⁶ до 4·10 ¹²

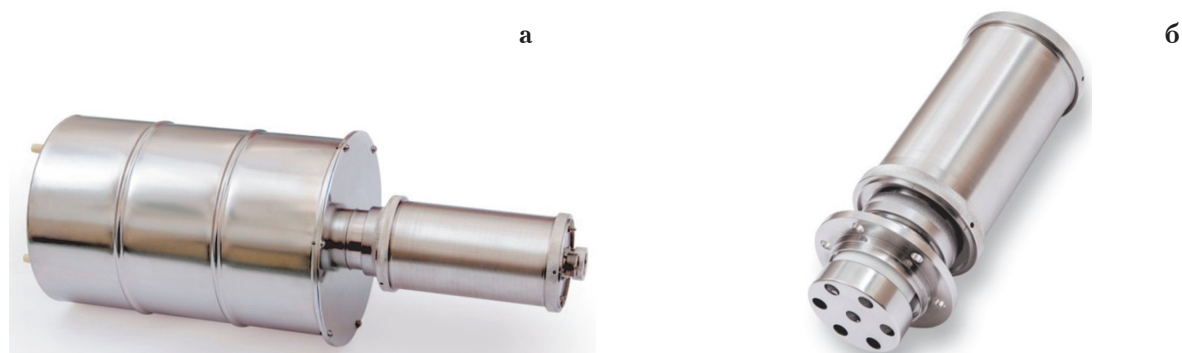


Рис.2. Блок детектирования в двух исполнениях: БДГБ-14И (а) и БДГБ-14И1 (б).

- с проточной ионизационной камерой ПИК-10 ЖГИЦ.418221.006;
- с диффузионной ионизационной камерой ДИК-02 ЖГИЦ.418221.007.

Ионизационный метод хорошо реализуем в широком диапазоне активности для контроля газообразного выброса бета-активных газов, в виде моногаза. Объемную активность вычисляют по результатам измерений ионизационного тока, создаваемого радионуклидом во внутреннем объеме ионизационной камеры блока детектирования с учетом коэффициента преобразования ионизационного тока и объема прокачанного газа.

При нормальном режиме эксплуатации реакторных установок или химических производств данный способ непригоден, поскольку не позволяет контролировать

газовоздушную смесь (ГВС) на уровне значений нижней границы диапазона измерений аппаратуры. Для определения радионуклидного состава при контроле многокомпонентного газа и повышения чувствительности контроля малых значений активностей радионуклидов в газообразном выбросе применяют системы улавливания газообразных выбросов с последующим измерением их спектрометрическими методами: жидкосцинтилляционным (альфа-бета-радиометр спектрометрический *Tri-Carb*, *Quantulus-1220*) и гамма-спектрометрическим (гамма-спектрометр с ОЧГ-детектором).

Пробоотборные системы для улавливания трития и углерода-14

Для периодического отбора проб трития (в форме НТО и

T₂O) и углерода-14 (в форме CO₂) из ГВС на ФГУП «ПО «Маяк» разработаны и действуют простые пробоотборные устройства. Они представляют собой наборы последовательно подключенных барботеров, заполненных сорбционными растворами, которые подключаются к пробоотборным системам вентиляционных труб. Регулировка скорости прокачки ГВС через систему барботеров и контроль за поддержанием постоянной скорости прокачки ведется с помощью ротаметров в ручном режиме. На рис.3 представлены виды данных барботеров.

Для осуществления отбора проб трития в газообразной и органически связанной форме и углерода-14 в формах CO, C_xH_y, C_xT_yO применяется установка автоматизированная пробоотбора трития

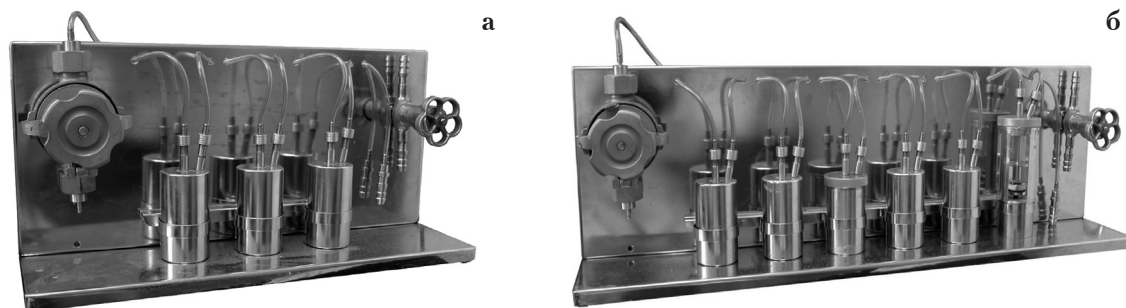


Рис.3. Пробоотборное устройство для трития (а) и углерода-14 (б).

и углерода-14 УОТ-02 [2], разработанная специалистами ФГУП «ПО «Маяк». УОТ-02 представляет собой шкафную конструкцию с выносными элементами, которая представлена на рис.4.

Контроль объемной активности трития и углеро-

да-14 в ГВС (в газообразных выбросах или приземном слое атмосферы) основан на накоплении трития в форме тритиевой воды, углерода-14 в форме карбоната путем непрерывной прокачки через барботеры с сорбентами и дальнейшем анализе жидко-

сцинтилляционным методом. Объемную активность трития в форме НТО и углерода-14 в форме CO_2 в газообразном выбросе устанавливают расчетным путем по результатам измерений объемной активности в счетном образце (СОБ), приготовленном из раствора барботера, с учетом коэффициента улавливания и объема прокачанной ГВС. Объемную активность трития в форме НТ, C_xT_y и углерода-14 в форме CO , C_xH_y , $\text{C}_x\text{T}_y\text{O}$ в газообразных выбросах устанавливают расчетным путем по результатам измерений объемной активности в СОБ с учетом коэффициента улавливания, коэффициента конверсии и объема прокачанной ГВС.

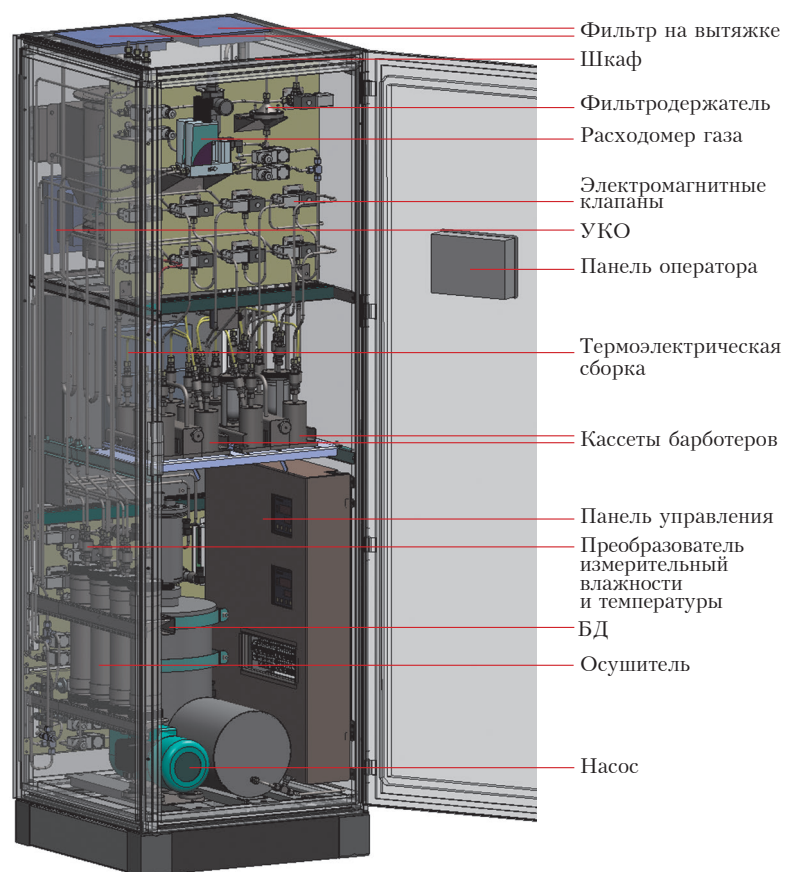


Рис.4. Конструктив автоматизированного устройства пробоотборного трития и углерода УОТ-02 одиночного «шкафа».

Пробоотборные системы для отбора инертных радиоактивных газов

Система улавливания газообразных выбросов представляет собой автоматизированное пробоотборное устройство РГБ-18 [3], предназначенное для разделения газообразных

выбросов на составляющие ее фракции радионуклидов, позволяющие измерять активность каждого радионуклида из ГВС. Определение активностей радионуклидов, выброшенных в атмосферу, выполняют по результатам измерений ионизационного тока, создаваемого бета-излучением радионуклидов во внутреннем объеме блока детектирования БДГБ-14И с учетом фона, коэффициента преобразования ионизационного тока, установленного по результатам определений радионуклидного состава, активности инерт-

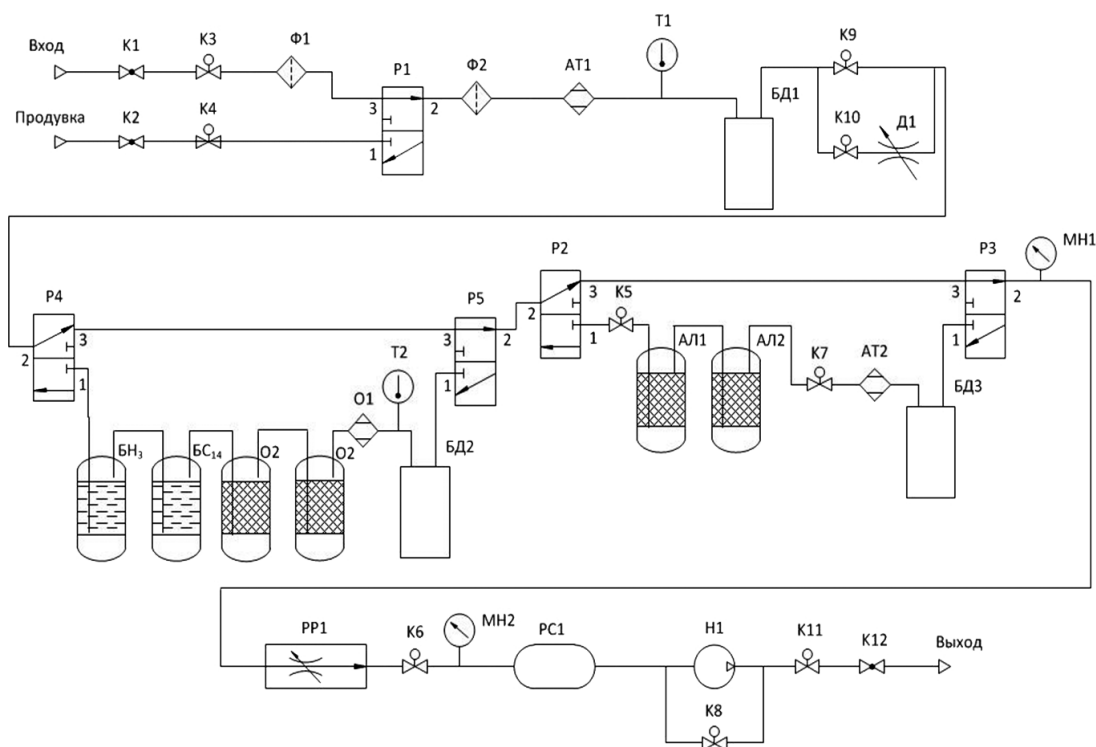
ных радиоактивных газов гамма-спектрометрическим методом с использованием криогенного замораживания, активности радионуклидов трития и углерода-14, измеренной жидкостинтилляционным методом, и объема прокачанного газообразного выброса через РГБ-18. В состав РГБ-18 входят:

- фильтродержатели;
- узел азотных ловушек;
- узел барботеров;
- блоки детектирования БДГБ-14И;
- расходомер газа с функцией регулирования;

- контроллер управления установкой;
- панель оператора;
- программное обеспечение накопления и обработки архива;
- датчики температуры, влажности, давления;
- насос.

На рис. 5 и 6 представлена пневматическая схема отбора газообразного выброса и внешний вид установки.

Особенностью пробоотборного устройства РГБ-18 является применение азотных ловушек при температуре жидкого азота ($t_{kun} = -196\text{ }^{\circ}\text{C}$)



- К-1, К-2, К-12 – клапан отсечной;
- К-3 – К-11 – клапан нормально-закрытый;
- Ф2 – фильтр-регулятор;
- АТ1, АТ2 – змеевик;
- О1, О2 – осушитель;
- Т1, Т2 – преобразователь измерительный влажности и температуры;
- Р1 – Р5 – клапаны с коммутируемыми штуцерами;

- Д1 – клапан игольчатый;
- БД1, БД2, БД3 – блоки детектирования;
- АЛ1, АЛ2 – азотные ловушки;
- БН3, БС-14 – барботеры;
- МН1, МН2 – преобразователь давления;
- Н1 – насос;
- РС1 – ресивер.

Рис. 5. Блок-схема установки РГБ-18.

с наполнителем из пористой структуры с высокой удельной поверхностью, что позволяет сконцентрировать инертные радиоактивные газы в двух последовательно соединенных криогенных ловушках и уловить изотопы ксенона и криптона на 100%, аргона на 70%.

Контроль аэрозолей

Анализ аэрозолей на ФГУП «ПО «Маяк» проводят как в текущем режиме, так и после завершения процедуры пробоотбора, т. е. с задержкой во времени. В качестве аналитических фильтров используют фильтры марки АФА-РСП, АФА-РМП, «МАЙ» (для контроля йода).

Для оперативного измерения суммарной объемной активности долгоживущих альфа-активных аэрозолей в воздухе рабочей зоны и в выбросах в атмосферу из воздухопроводов технологических и вентиляционных систем предприятия на фоне присутствия естественных короткоживущих аэрозолей и контроля радиационной обстановки применяют радиометрические установки РАА-01 [4] и РАА-02 [5], разработанные приборомеханическим заводом ФГУП «ПО «Маяк», вид которых представлен на рис.7 и 8. Радиометрические установки внесены

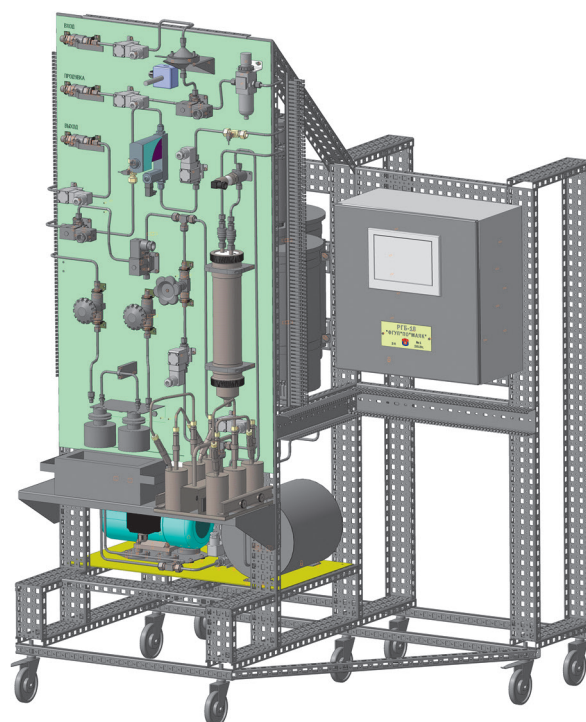


Рис.6. Внешний вид установки РГБ-18.

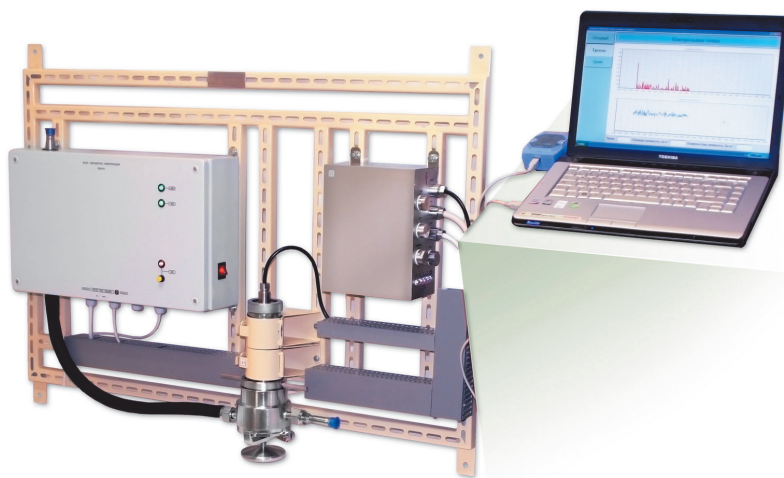


Рис.7. Установка радиометрическая РАА-01.

в Госреестр: РАА-01 (под N 57703-14) и РАА-02 (под N 58798-14) и являются сертифицированными техническими средствами для контроля альфа-излучающих аэрозолей на объектах использования атомной энергии.

В состав установки РАА-01 входят следующие технические средства:

- датчик-А ЖГИЦ.418223.002-01 для преобразования поверхностной активности альфа-частиц, осажденных на фильтре типа АФА-РСП-20 или АФА-РМП-20, в скорость

счета статистически распределенных во времени импульсов тока;

- устройство преобразования комбинированное УПМ-12 956-0800 для амплитудного отбора импульсов, поступающих с датчика А, распределения их по двум трактам измерения с целью исключения радоновой составляющей, а также формирования их по амплитуде и длительности;

- блок обработки информации БОИ-01 ЖГИЦ.301441.001, включающий в себя:

- электронный ротаметр *Honeywell AWM720P1* для измерения расхода воздуха, проходящего через пробоотборную систему;
- сетевой фильтр *EMI Filter DL-1D31* для обеспечения помехозащищенности;
- блок питания *TracoPower TXL035-1212D* для питания технических средств;
- модуль *ICP-con I-7080 Counter/Frequency Input Module* для приема и обработки числоимпульсных сигналов с УПМ-12;
- модуль *ICP-con I-7017 8-Channel Analog Input Module* для приема и обработки аналогового сигнала с электронного ротаметра *Honeywell AWM720P1*, контроля низковольтного питания и режима замены фильтра.

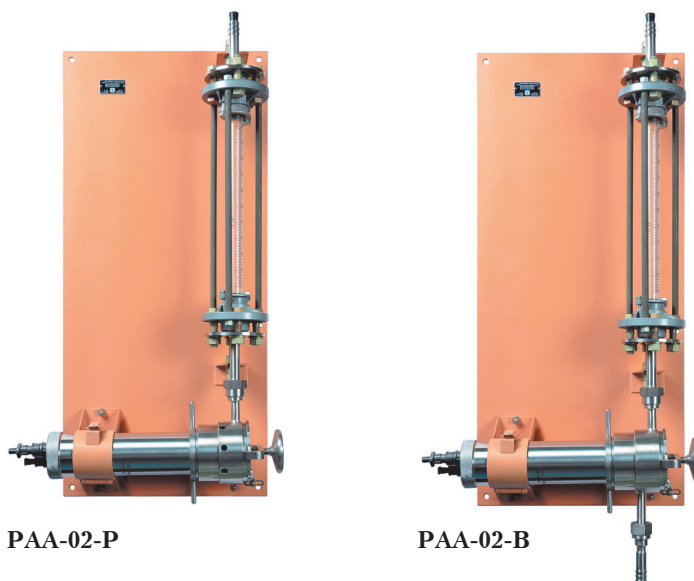


Рис. 8. Установка радиометрическая РАА-02.

Принцип регистрации искусственных долгоживущих альфа-активных нуклидов на фоне присутствия естественных короткоживущих основан на разделении по энергиям: один канал УПМ-12 настроен на энергию 5,15 МэВ (искусственные долгоживущие), а второй – на энергию 8 МэВ (естественные короткоживущие). После измерения приращения поверхностной активности альфа-излучающих аэрозолей, осевших на фильтре за определенный промежуток времени, и вычисления объема прокачанного через фильтр воздуха за этот же промежуток времени выполняется вычисление по заданному алгоритму объемной активности альфа-излучающих аэрозолей. При расчете объемной активности учитывается проскок альфа-частиц через фильтр, а также самопоглоще-

ние альфа-частиц материалом фильтра и веществом осадка.

Установка РАА-02 имеет два исполнения: РАА-02-Р (для измерения объемной активности ДЖА в воздухе рабочей зоны) и РАА-02-В (для измерения объемной активности ДЖА в выбросах). В состав установки РАА-02 входят:

- блок детектирования БДПА-02 ЖГИЦ.418252.006 (далее – блок БДПА);
- ротаметр РМ-IV-4,0 ГУЗ-К ЛГФИ.407142.001 (далее – ротаметр);
- воздухозаборник ЖГИЦ.306584.003(-01) (далее – воздухозаборник).

Модули блока БДПА выполняют следующие функции:

- модуль МДК-20, являющийся кремниевым спектрометрическим модулем детектирования альфа-излу-

чения, преобразует энергию альфа-излучающих радионуклидов в пропорциональный ей по амплитуде электрический сигнал со скоростью счета импульсов, пропорциональной потоку альфа-частиц. Детектирование альфа-излучения осуществляется кремниевой планарной ионно-имплантированной детектирующей структурой *n*-типа;

- модуль процессорный МПП-07 выполняет функции амплитудного отбора импульсов, регистрации скорости счета, вычисления физической величины, управления режимами работы, преобразования информации в сигнал интерфейса *RS485* и передачи информации по протоколу *ModBus RTU*;
- модуль напряжений питания МНП-02 преобразует входное напряжение питания в диапазоне от 12 до 36 В в напряжение питания для модуля МДК-20 и модуля МПП-07.

Установки характеризуются устойчивостью к бета- и гамма-излучающим радионуклидам с энергией до 2274 кэВ (итрий-90) и активностью до $2 \cdot 10^5$ Бк. Диапазон измерений объемной активности долгоживущих альфа-излучающих аэрозолей на РАА-01 составляет от $1 \cdot 10^{-2}$ до $5 \cdot 10^4$ Бк·м⁻³, РАА-02 – от $1 \cdot 10^{-2}$ до $1 \cdot 10^5$ Бк·м⁻³.

В настоящее время две установки РАА-01 успешно эксплуатируются на Белоярской АЭС, установки РАА-02 успешно эксплуатируются на радиохимическом заводе ФГУП «ПО «Маяк».

Проэкспонированные фильтры отдают на анализ радионуклидного состава в лабораторию. Измерение активности радионуклидов на фильтре выполняют как прямыми методами измерений (гамма-спектрометрическим, радиометрическим), так и с применением пробоподготовки, включая радиохимическое выделение отдельных радионуклидов. Сложность определения активности аэрозольного выброса заключается в необходимости учета поправки на снижение улавливающей способности фильтра при изменении скорости покачивания газовой смеси, учета дисперсности аэрозолей, поправки на самопоглощение α - и β -частиц в материале фильтра. С целью повышения чувствительности методов анализа (снижения нижнего предела измерений) объединяют отдельно экспонированные фильтры за определенный период (квартал, полугодие) с точки отбора. Объемную активность радиоактивных аэрозолей устанавливают по измеренной активности на фильтре и объему прокачанной газоаэрозольной смеси через фильтры.

Вопрос оперативного контроля аэрозолей, который необходим для технологических задач, позволяющий отследить кратковременный выброс активности, например, при регламентных работах, остается открытым.

Дополнительный контроль за безопасной работой предприятия ФГУП «ПО «Маяк» обеспечивают мониторинговые исследования приземной атмосферы на территории промышленной площадки, санитарно-защитной зоны и зоны наблюдения, которые насчитывают в общем количестве до 90 точек контроля. Контроль радиационных параметров в воздухе приземной атмосферы и аэрозольных выпадениях осуществляют с помощью фильтрующих материалов планшетов и конусов с декадной и месячной экспозицией, а также по суммарному выпадению осадков за зимний период в виде снега в 76 точках контроля.

Методическое обеспечение контроля газообразных выбросов

Достоверность получаемых результатов по контролю радионуклидного состава газообразных выбросов ФГУП «ПО «Маяк» с использованием приборно-методического комплекса, разработанного приборомеханическим заводом, обеспечивается

аттестованными и внесенными в реестр РФ методиками измерений.

Отработку методов, экспериментальные исследования и набор статистических данных для оценки метрологических характеристик методик измерений с использованием указанных пробоотборных комплексов выполняли в реальных условиях на ФГУП «ПО «Маяк». Основной проблемой при разработке методик измерений являлось отсутствие государственных стандартных образцов газовых смесей трития, углерода-14, инертных радиоактивных газов. Данная проблема была решена благодаря уникальной специфике химического и радиоизотопного производств ФГУП «ПО «Маяк»: наличие моногазов трития и углерода-14. Возможность проведения исследований на пробах моногаза (не содержащего примеси других бета-излучающих радионуклидов) позволила оценить характеристики БДГБ-14И и БДГБ-14И-1 методом непосредственного сличения с рабочим эталоном радиометра газов РГБ-07. По результатам испытаний определены коэффициенты преобразования ионизационного тока. Разработаны и аттестованы методики измерений по определению активности газов:

- Тритий. Методика измерений объемной активности в воздухе помещений, установок, боксов, выбросных труб и расчета активности в газообразных радиоактивных выбросах [6];
- Углерод-14. Методика измерений активности в газообразных выбросах радиометрическим методом [7].

Для выполнения методического сопровождения установок УОТ-02 проводили экспериментальные исследования на моногазе (тритий/углерод-14) по подбору скорости прокачки, температуры работы узла каталитического окисления, оценке коэффициентов улавливания методом барботирования (тритий/углерод-14) и конверсии радионуклида (тритий/углерод-14) на установке УОТ-02. Оценивали возможность по длительности отбора радионуклида (тритий/углерод-14) на УОТ-02. Выполняли оценку правильности измерений активности радионуклида (тритий/углерод-14), предусмотренную при разработке методик измерений отраслевым стандартом [8]. Процедура аттестации методик измерений [9,10] основывалась на методе сравнения по аттестованным методикам измерений [6,7].

Измерение объемной активности радионуклида (тритий/углерод-14) в газе

выполняли с использованием двух методов: радиометрическим методом с помощью БДГБ-14И [6,7] в режиме «on-line» и жидкосцинтилляционным методом, измеряя суммарную активность радионуклида, уловленного в барботере, с учетом объема прокачанного газа за период отбора. Затем методы измерений обрабатывали на реакторном производстве, контролируя активность радионуклида (тритий/углерод-14) в газовых средах сложного состава.

В газообразных выбросах форма углерода-14 и трития зависит от типа реактора, а дозовые коэффициенты для разных форм по НРБ-99/2010 различаются на порядок, поэтому, особенно в производственных помещениях, необходимо контролировать молекулярные формы радионуклидов. В отличие от методик измерений [6,7], в методиках измерений [9,10] с использованием УОТ-02 реализована возможность определять активность молекулярных форм трития и углерода-14. На рис.9 представлена схема отбора трития.

В соответствии со схемой, представленной на рис.9, газообразные выбросы через систему фильтров последовательно поступают в первый блок детектирования, далее – в первую систему барботеров, затем в конвертер водорода

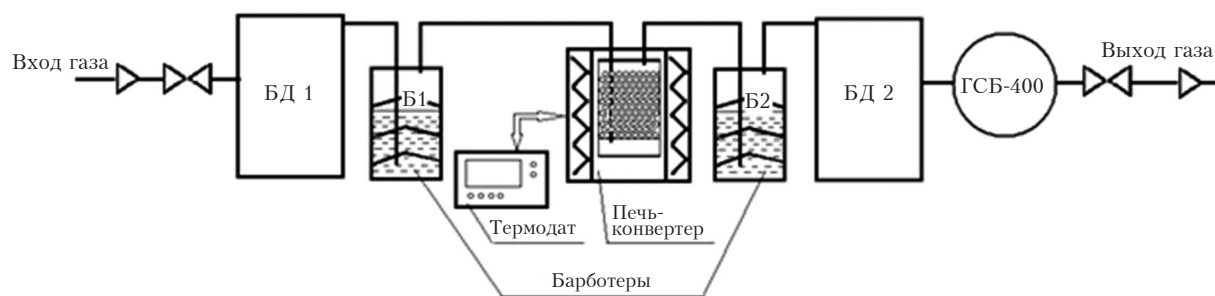


Рис.9. Схема разделения трития на газообразный и в форме НТО.

для каталитического окисления газообразной формы до НТО и затем вновь в систему барботеров для улавливания трития в форме тритиевой воды. Контроль полноты улавливания анализируемого газа обеспечивает второй блок детектирования. В первой и второй системе барботеров поглощается тритий в форме НТО, присутствующий в анализируемом газе. Суммарная активность трития в первой системе барботеров соответствует тритию в форме НТО, во второй – газообразной и органически связанной форме трития. Конвертер водорода представляет собой цилиндрическую трехзонную печь с программным управлением нагревом и емкостью, заполненную катализатором, в которую поступает анализируемый газ.

Метод, реализованный в УОТ-02, позволяет улавливать и концентрировать радионуклид (тритий/углерод-14) в небольшом объеме раствора, который затем анализируется жидкосцин-

тиляционным методом, что позволяет его использовать для регистрации низких уровней активности углерода-14 и трития в газообразных выбросах (или в приземной атмосфере). Значение нижней границы диапазона активности трития в форме НТО в соответствии с методиками измерений [9,10] составляет от 0,55 Бк/м³, углерода-14 в форме СО₂ – 0,9 Бк/м³ и может быть снижено за счет увеличения объема прокачанного газа.

Как сообщалось ранее, ионизационный метод контроля активности инертных радиоактивных газов не позволяет определить радионуклидный состав и выделить вклад отдельных радионуклидов в общем газообразном выбросе. Чувствительность гамма-детектора не позволяет проводить полноценный качественный и количественный анализ состава инертных радиоактивных газов на протоке. Поэтому в РГБ-18 реализован метод разделения анализируемого газа на его составляю-

щие. Объемную активность инертных радиоактивных газов в газообразном выбросе вычисляют по результатам измерений ионизационного тока, создаваемого бета-излучением инертных радиоактивных газов во внутреннем объеме ионизационной камеры блока детектирования, с учетом коэффициента преобразования по ионизационному току. Коэффициент преобразования по ионизационному току устанавливают по результатам определений радионуклидного состава и активности инертных радиоактивных газов гамма-спектрометрическим методом с использованием криогенного замораживания газообразных выбросов. В данном случае инертный радиоактивный газ является как анализируемой пробой для гамма-спектрометрических измерений, так и аттестованным объектом для радиометрического метода.

В соответствии с рис.5, ГВС через систему фильтров последовательно поступает в первый блок детекти-

рования, затем в систему улавливания НТО и CO_2 , далее в третий блок детектирования, затем в систему криогенных ловушек и для проверки полноты улавливания – во второй блок детектирования. Улавливание инертных радиоактивных газов проводят с помощью специально сконструированных, заполненных силикагелем криогенных ловушек при температуре жидкого азота ($t_{\text{кин}} = -196^\circ\text{C}$), что позволяет полностью уловить изотопы ксенона ($t_{\text{кин}} = -109^\circ\text{C}$), криптона ($t_{\text{кин}} = -153^\circ\text{C}$), аргона ($t_{\text{кин}} = -186^\circ\text{C}$) из радиоактивной газовой смеси. Объем газа, прокачанного через систему отбора, определяют расходомером за период времени отбора Δt . Определение объемной активности окиси трития и углерода-14 проводят на жидкостинцилляционном спектрометре. Радионуклидный состав и объемную активность инертных радиоактивных газов определяют на гамма-спектрометре с ОЧГ-детектором в геометрии измерений, аналогичной геометрии криогенных ловушек с учетом времени отбора Δt и времени измерения гамма-спектра с использованием соответствующего программного обеспечения. Результаты определения радионуклид-

ного состава и активности радиоактивной газовой смеси используют для корректировки коэффициента преобразования по току.

Преимуществом данного метода измерений [11] является то, что коэффициент преобразования ионизирующего тока корректируется во времени в зависимости от радионуклидного состава радиоактивных выбросов. Использование метода криогенного улавливания инертных радиоактивных газов позволяет повысить чувствительность и качество контроля за радиоактивными газообразными выбросами и получить более точный состав ИРГ гамма-спектрометрическим методом.

На предприятии ФГУП «ПО «Маяк» разработаны и действуют методики измерений суммарной активности альфа- и бета-излучающих радионуклидов [12,13], которые учитывают поправку на самопоглощение и равномерность распределения активности в материале фильтра, а также методики измерений с предварительным радиохимическим выделением радионуклидов Sr-90 [14] и альфа-излучающих аэрозолей (Pu, U, Am и др.) [15], уловленных на фильтрах АФА.

Заключение

ФГУП «ПО «Маяк» имеет значительный опыт в разработке аппаратного и методического обеспечения для решения задач периодического и непрерывного радиационного контроля газообразных выбросов и приземной атмосферы вокруг предприятия.

Вопросы методического обеспечения контроля газоаэрозольных выбросов достаточно сложны из-за отсутствия государственных аттестованных смесей, но реализованная схема оценки метрологических характеристик на моногазе методом оценки с использованием другой аттестованной методики измерений позволила реализовать метод периодического контроля с помощью пробоотборных установок.

Опыт ФГУП «ПО «Маяк» может быть применен на предприятиях атомной отрасли, включая АЭС, при создании систем радиационного контроля. В настоящее время методы измерений трития и углерода-14 в соответствии с методиками измерений И.ЦЗЛ.МИ.351-2020 и И.ЦЗЛ.МИ.352-2020 в совокупности с пробоотборной системой УОТ-02 распространены и успешно применяются на АЭС с разными типами реакторов.

Литература

1. Руководство по эксплуатации. БДГБ-14И ЖГИЦ.412123.005РЭ.
2. Руководство по эксплуатации. Установка автоматизированная пробоотбора трития и углерода-14 УОТ-02 ЖГИЦ.421451.007РЭ.
3. Руководство по эксплуатации. РГБ-18 ЖГИЦ.412123.010РЭ.
4. Установка радиометрическая РАА-01. Руководство по эксплуатации ЖГИЦ.412123.002РЭ.
5. Установка радиометрическая РАА-02. Руководство по эксплуатации ЖГИЦ.412123.003РЭ.
6. Тритий. Методика измерений активности (суммарной активности) в газообразных радиоактивных отходах: инструкция И.ЦЗЛ.МИ.133-2020. Озерск: ФГУП «ПО «Маяк», 2020. С. 19.
7. Углерод-14. Методика измерений активности в газообразных выбросах радиометрическим методом: инструкция И.ЦЗЛ.МИ.333-2019. Озерск: ФГУП «ПО «Маяк», 2019. С. 15.
8. ОСТ 95 10353-2008. Отраслевая система обеспечения единства измерений. Алгоритмы оценки метрологических характеристик при аттестации методик выполнения измерений. Введ. 2008-31-03.
9. Измерение объемной активности трития в приземной атмосфере и газообразных выбросах с использованием установки автоматизированной пробоотбора трития и углерода-14 УОТ-02: инструкция И.ЦЗЛ.МИ.351-2020. Озерск: ФГУП «ПО «Маяк», 2019. С. 25.
10. Измерение объемной активности углерода-14 в приземной атмосфере и газообразных выбросах с использованием установки автоматизированной пробоотбора трития и углерода-14 УОТ-02: инструкция И.ЦЗЛ.МИ.352-2020. Озерск: ФГУП «ПО «Маяк», 2020. С. 25.
11. Определение качественного и количественного состава радиоактивных газов в газообразных выбросах: инструкция И.ЦЗЛ.МИ-311-2016. Озерск: ФГУП «ПО «Маяк», 2016. С. 28.
12. Фильтры аэрозольные. Методика измерений активности альфа-излучающих радионуклидов радиометрическим методом: инструкция И.ЦЗЛ.МИ.241-2019. Озерск: ФГУП «ПО «Маяк», 2019. С. 20.
13. Фильтры аэрозольные. Методика измерений активности бета-излучающих радионуклидов радиометрическим методом: инструкция И.ЦЗЛ.МИ.242-2019. Озерск: ФГУП «ПО «Маяк», 2019. С. 20.
14. Стронций-90. Методика измерений удельной активности в пробах окружающей среды, поверхностной активности атмосферных выпадений и активности аэрозолей: инструкция И.ЦЗЛ.МИ.378-2020. Озерск: ФГУП «ПО «Маяк», 2020. С. 36.
15. Методика измерений удельной (объемной) активности альфа-излучающих радионуклидов с радиохимической подготовкой пробы: И.ЦЗЛ.МИ.368-2019. Озерск: ФГУП «ПО «Маяк», 2019. С. 36.

Instrumentation and Methodological Support of Radioactive Release Monitoring from the Mayak PA Nuclear Fuel Cycle Facilities

Murashova Ekaterina, Kulishov Yuri, Tarasenko Anton, Anufriyeva Alyona (FSUE Mayak PA, Ozyorsk, Russia)

Abstract. Data on instrumentation and methodological support of radioactive release monitoring are summarized. Flow charts of continuous and periodical (analytical) gas release monitoring are described. Methods used at the Mayak PA for monitoring of the air medium activity in process ducts, room active ventilation systems and gas release sources are summarized.

Key words: gas-aerosol emissions, monitoring methods, sampling equipment, gaseous tritium, tritium oxide, carbon-14, inert radioactive gases.

*Е.Л.Мурашова (нач.гр.), Ю.В.Кулишов (вед.инж.), А.А.Тарасенко (инж.),
А.А.Ануфриева (инж.) – ФГУП «ПО «Маяк», г. Озерск Челябинской обл.*

Контакты: тел. +7 (35130) 3-33-54, e-mail: cpl@po-mayak.ru, mayak@po-mayak.ru.