|  |
| --- |
| МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  федеральное государственное АВТОНОМНОЕ образовательное учреждение высшего образования  «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» |
| **Озерский технологический институт –**  филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  **(ОТИ НИЯУ МИФИ)** |

***Факультет повышения квалификации и переподготовки кадров***

|  |  |
| --- | --- |
| **СОГЛАСОВАНО**  ФГУП «ПО «Маяк»  Заместитель генерального  директора по управлению персоналом  *\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_* О.В. Суханова  «\_\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2016 г. | **Утверждаю**  ОТИ НИЯУ МИФИ  Директор  *\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_* И.А. Иванов  «\_\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2018 г. |

**УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА**

**по дополнительной профессиональной программе**

**профессиональной переподготовки:**

*«Технология переработки радиоактивных отходов. Радиохимическая переработка облученного ядерного топлива» (18.00.00 Химические технологии)*

**Озерск, 2018**

Учебная программа составлена:

Кочкиной Г.В., заведующей лабораторией СХД кафедры ХиХТ ОТИ НИЯУ МИФИ;

Демченко Е.А., к.х.н., начальником лаборатории ЦЗЛ ФГУП «ПО «Маяк», доцентом кафедры ХиХТ ОТИ НИЯУ МИФИ.

Учебная программа обсуждена на заседании Факультета повышения квалификации и переподготовки кадров \_\_\_\_\_\_\_\_\_ (протокол № \_\_\_ ).

Декан Е.Г. Изарова

1. **Введение**

Дополнительная профессиональная программа профессиональной переподготовки ««Технология переработки радиоактивных отходов. Радиохимическая переработка облученного ядерного топлива» (18.00.00 Химические технологии)» (далее Программа), предназначена для специалистов и инженерных работников предприятий, занимающихся деятельностью, связанной с переработкой облученного ядерного топлива.

* 1. **Цели и задачи Программы:**

Цель программы – формирование у слушателей знаний научных и технологических основ обращения с облученным ядерным топливом (ОЯТ).

Задачи программы – изложение научно-технических вопросов, связанных с образованием, хранением, транспортировкой и переработкой ОЯТ.

Рассматриваются основные типы ядерного топлива, используемого в современных реакторах, характеристики образующегося при их эксплуатации ОЯТ, процессы хранения и транспортировки ОЯТ, способы вскрытия ТВЭЛов для последующей переработки топлива.

Излагаются основные способы переработки ОЯТ (водные и неводные), приводятся технологические схемы проведения процессов, их физико-химические основы, описывается используемое оборудование.

Реализация Программы обеспечивает получение компетенций инженерными кадрами в области профессионального использования методов переработки облученного ядерного топлива..

Прошедший переподготовку и защитивший выпускную квалификационную работу должен знать:

* типы образующегося ОЯТ и его характеристики;
* особенности ОЯТ в зависимости от типа реактора;
* способы хранения и транспортировки ОЯТ;
* основные способы переработки ОЯТ, технологические схемы проведения процессов, их физико-химические основы;
* используемое в процессах переработки оборудование.

Программа включает теоретические и практические занятия. Промежуточный контроль по каждому разделу профессионального модуля осуществляется в форме опроса по контрольным вопросам, который помогает отследить динамику формирования компетенций. Выполнение выпускной квалификационной работы дает возможность комплексно оценить уровень освоения профессиональных компетенций всей Программы.

|  |  |
| --- | --- |
| Форма итоговой аттестации по  Программе | *Выпускная квалификационная работа* |

* 1. **Профессиональные компетенции**

Обучение по программе предполагает освоение соответствующих профессиональных компетенций в процессе изучения перечисленных профессиональных модулей:

| Категория  работника | Вид профессиональной (трудовой) деятельности (ВПД) | Профессиональные компетенции (ПК) / готовность к выполнению трудовых действий  в разрезе видов профессиональной (трудовой) деятельности  (образовательный результат) | Профессиональный стандарт/ Квалификационные требования/ ФГОС | Профессиональный модуль |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 1. Специалисты | ВПД применяет радиохимические технологий в вопросах обращения с радиоактивными отходами, переработки ОЯТ, радиоэкологии, медицине | ПК1.1.1. Знает теоретические основы аналитических методов и аналитическое оборудование для целей контроля объектов профессиональной деятельности | 18.05.02. «Химическая технология материалов современной энергетики» | ПМ1, ПМ2, ПМ3 |
|  |  | ПК1.1.2. Знает практическое применение методов анализа объектов профессиональной деятельности и методы обработки результатов анализа | 18.05.02. «Химическая технология материалов современной энергетики» | ПМ1, ПМ2, ПМ3 |
| ПК1.1.3. Знает аналитический процесс и может выбрать метод анализа для конкретной аналитической задачи | 18.05.02. «Химическая технология материалов современной энергетики» | ПМ1, ПМ2, ПМ3 |
| ПК1.1.4. Знает аналитический процесс в соответствии с требованиями нормативных документов и технические средства для контроля параметров объектов профессиональной деятельности | 18.05.02. «Химическая технология материалов современной энергетики» | ПМ1, ПМ2, ПМ3 |
| ПК1.1.5. Умеет профессионально использовать современное аналитическое оборудование | 18.05.02. «Химическая технология материалов современной энергетики» | ПМ1, ПМ2, ПМ3 |
| ПК1.1.6. Умеет осуществлять аналитический процесс в соответствии с требованиями нормативных документов и использовать соответствующие технические средства для измерения параметров объектов профессиональной деятельности | 18.05.02. «Химическая технология материалов современной энергетики» | ПМ1, ПМ2, ПМ3 |
| ПК 1.1.7. Умеет профессионально выбрать метод анализа для заданной аналитической задачи, самостоятельно планировать рабочий процесс с использованием методов анализа объектов профессиональной деятельности | 18.05.02. «Химическая технология материалов современной энергетики» | ПМ1, ПМ2, ПМ3 |
| ПК 1.1.8. Умеет самостоятельно проводить корректную обработку результатов, устанавливать адекватность моделей и интерпретировать результаты | 18.05.02. «Химическая технология материалов современной энергетики» | ПМ1, ПМ2, ПМ3 |
| ПК 1.1.9. Умеет использовать элементы управления качеством результатов применительно к конкретным условиям работы | 18.05.02. «Химическая технология материалов современной энергетики» | ПМ1, ПМ2, ПМ3 |
| ПК 1.1.10. Умеет анализировать рабочий процесс с целью оптимизации работы оборудования | 18.05.02. «Химическая технология материалов современной энергетики» | ПМ1, ПМ2, ПМ3 |
|  |  | ПК 1.1.11. Знает физико-химические особенности состояния и поведения микро-компонентов в водных растворах; основные пути выделения, разделения и концентрирования радионуклидов; закономерности реакций изотопного обмена; основы химии горячих атомов. | 18.05.02. «Химическая технология материалов современной энергетики» | ПМ4 |
|  |  | ПК 1.1.12. Умеет использовать в процессах переработки оборудование и технологические схемы проведения процессов переработки ОЯТ | 18.05.02. «Химическая технология материалов современной энергетики» | ПМ4 |

**учебный план**

**дополнительной профессиональной программы профессиональной переподготовки инженерных кадров/или технических специалистов среднего звена**

*«Технология переработки радиоактивных отходов. Радиохимическая переработка облученного ядерного топлива»*

Форма обучения – очно-заочная

Общий объем программы (в часах), включая самостоятельную работу: 502 часов

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №  п/п | Наименование  Модулей | Всего  часов | В том числе: | | | | |
| Аудиторная учебная нагрузка | | | Формы контроля | Самостоятельная работа |
| Теоретические занятия | Практические (лабораторные)  занятия, часов | В том числе выездные занятия в ЦЗЛ ФГУП «ПО «Маяк», часов | Контрольные вопросы, тестирование |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 1 | Модуль ПМ1 «Общая химия» | 123 | 13 | 12 | Х | 2 | 96 |
| 2 | Модуль ПМ2 «Аналитическая химия и физико-химические методы анализа» | 123 | 10 | 23 | Х | 2 | 88 |
| 3 | Модуль ПМ3 «Современное аналитическое оборудование» | 123 | 16 | 4 | 6 | 2 | 95 |
| 4 | Модуль ПМ4 «Радиохимическая переработка облученного ядерного топлива» | 123 | 38 | Х | Х | 2 | 83 |
| 5 | Итоговая аттестация | 10 | 6 | Х | Х | 4 | Х |
|  | **ИТОГО** | **502** | **83** | **39** | **6** | **8** | **362** |

**Оценка качества освоения дополнительной профессиональной программы профессиональной переподготовки**

К итоговой аттестации допускаются лица, выполнившие требования, предусмотренные программой, и успешно прошедшие все оценочные процедуры, предусмотренные программами профессиональных модулей.

Форма итоговой аттестации по Программе: **выпускная квалификационная работа.**

Слушателям после успешного окончания обучения (выполнившим все требования учебного плана) выдаётся **диплом о профессиональной переподготовке.**

Приложение 1 Программа профессионального модуля (ПМ1) («Общая химия»).

Приложение 2 Программа профессионального модуля (ПМ2) («Аналитическая химия и физико-химические методы анализа»).

Приложение 3 Программа профессионального модуля (ПМ3) («Современное аналитическое оборудование»).

Приложение 4 Программа профессионального модуля (ПМ4) («Радиохимическая переработка облученного ядерного топлива»).

**3. ОПИСАНИЕ ПРОГРАММ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ МОДУЛЕЙ**

Приложение 1

**Программа профессионального модуля 1**

*«Общая химия»*

**1.1 Область применения программы**

Профессиональный модуль используется для профессиональной переподготовки специалистов, имеющих высшее образование

Программа профессионального модуля является частью Программы:

*«Технология переработки радиоактивных отходов. Радиохимическая переработка облученного ядерного топлива»*

в части освоения вида профессиональной (трудовой) деятельности по использованию современного аналитического оборудования в аналитическом контроле технологического процесса и качества продукции и соответствующих профессиональных компетенций (ПК):

| Категория  работника | Вид профессиональной (трудовой) деятельности | Компетенции / готовность к выполнению трудовых действий  в разрезе видов профессиональной (трудовой) деятельности |
| --- | --- | --- |
| 1.Специалисты | ВПД применяет радиохимические технологий в вопросах обращения с радиоактивными отходами, переработки ОЯТ, радиоэкологии, медицине | ПК1.1.1. Знает теоретические основы аналитических методов и современное аналитическое оборудование, применяемое для контроля технологических процессов |
| ПК1.1.2. Знает методы анализа объектов профессиональной деятельности и методы обработки результатов анализа |
| ПК1.1.3. Знает элементы управления качеством результатов деятельности применительно к конкретным условиям производства в соответствии с требованиями российских и международных стандартов |
| ПК1.1.4. Знает аналитический процесс в соответствии с требованиями нормативных документов и технические средства для контроля параметров технологического процесса и показателей качества продукции |
| ПК1.1.5. Умеет профессионально использовать современное аналитическое оборудование |
| ПК1.1.6. Умеет осуществлять аналитический процесс в соответствии с требованиями нормативных документов и использовать соответствующие технические средства для измерения параметров технологического процесса и показателей качества продукции |
| ПК 1.1.7. Умеет самостоятельно планировать и выполнять научные исследования с использованием методов анализа объектов профессиональной деятельности |
| ПК 1.1.8. Умеет самостоятельно проводить корректную обработку результатов, устанавливать адекватность моделей и интерпретировать результаты |
| ПК 1.1.9. Умеет использовать элементы управления качеством результатов применительно к конкретным условиям производства |
| ПК 1.1.10. Умеет анализировать рабочий процесс с целью оптимизации работы персонала и оборудования |

**1.2 Требования к промежуточным результатам освоения модуля**

С целью овладения указанными видами профессиональной деятельности и соответствующими профессиональными компетенциями обучающийся в ходе освоения профессионального модуля должен:

*получить знания*:

- основных положений атомно-молекулярного учения, учения о периодичности и Периодической системе;

- основ теории строения атома и химической связи в соединениях разных типов;

- основных закономерностей протекания химических процессов и характеристики равновесного состояния;

*овладеть*:

- методами выполнения основных стехиометрических расчетов, вычисления состава соединений, смесей веществ и сплавов;

- навыками использования основных химически законов, термодинамических справочных данных и количественных соотношений неорганической химии для решения профессиональных задач;

- навыками прогнозировать и определять свойства соединений и направления химических реакций на основе представлений о строении атома, химической связи и положения элементов в Периодической системе.

**1.3. Структура и содержание профессионального модуля (ПМ1)**

1.3.1. Тематический план профессионального модуля

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №  п/п | Наименование  модулей | Всего  часов | В том числе: | | | |
| Аудиторная учебная нагрузка | | | Формы контроля |
| Теоретические занятия | Практические (лабораторные)  занятия, часов | В том числе выездные занятия в ЦЗЛ ФГУП «ПО «Маяк», часов | Контрольные вопросы, тестирование |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| **1** | **Раздел 1. Основные законы и теории химии.** | **20** | **10** | **9** |  | **1** |
| 2 | **Тема 1.1.** Атомно-молекулярная теория. Вещества с молекулярной и немолекулярной структурой |  | 2 | 2 |  |  |
| 3 | **Тема 1.2** Теория строения атома, химическая связь |  | 2 | 1,5 |  | 0,5 |
| 4 | **Тема 1.3** Химическая кинетика, химическое равновесие |  | 2 | 2 |  |  |
| **5** | **Тема 1.4**. Общие свойства растворов, равновесие в растворах электролитов |  | 2 | 1,5 |  | 0,5 |
| 6 | **Тема 1.5** Окислительно-восстановительные реакции |  | 2 | 2 |  |  |
| **7** | **Раздел 2. Химия элементов и их соединений** | **6** | **3** | **3** |  |  |
| **8** | **Тема 2.1.**  Простые вещества**.** Основные классы неорганических соединений |  | 3 | 3 |  |  |
| **9** | **Итоговая аттестация** | **1** | **Х** | **Х** | **Х** | **1** |
| 10 | **ИТОГО** | **27** | **13** | **12** |  | **2** |

**1.3.2. Содержание обучения по профессиональному модулю (ПМ1)**

| **Наименование разделов профессионального модуля тем** | **Содержание учебного материала, лабораторные работы и практические занятия, самостоятельная работа обучающихся *(если предусмотрены)*** | | | **Объем часов** |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Раздел 1. Основные законы и теории химии** |  | | | **20** |
| **Тема 1.1.** Атомно-молекулярная теория | Содержание | | | 2 |
| **Понятие вещества в химии**. Вещества с молекулярной и немолекулярной структурой. Количество вещества. Моль. Молярная масса. Химический эквивалент. Закон эквиалентов | | |
| Практические занятия: | | | 2 |
| 1. | | Расчеты химических эквивалентов простых и сложных веществ |  |
| **Тема 1.2.** Теория строения атома, химическая связь | Содержание | | | 2 |
| **Развитие представлений о строении атома**. Волновая природа электрона. Волновая функция. Уравнение Шредингера. Квантовые числа. Атомные орбитали. Принцип Паули. Порядок заполнения электронами атомных орбиталей. Правило Хунда. Принцип наименьшей энергии. Структура периодической системы и ее связь с электронной структурой атомов. Периодический закон. Периодическая система химических элементов.  Понятие о природе химической связи. Основные характеристики химической связи: длина, энергия, кратность. Дипольный момент связи. Типы химической связи. Ковалентная (полярная и неполярная) связь. Ионная связь. Свойства веществ с различным типом связи. Основные положения и недостатки метода валентной связи (ВС). Валентность. Типы гибридизации атомных орбиталей, валентные углы.  Химическая связь в комплексных (координационных) соединениях. Классификация и номенклатура комплексных соединений | | |
| Практические занятия | | | 2 |
| 1.  2. | Составление электронных конфигураций атомов  Определение пространственной конфигурации молекул и комплексов | |  |
| Промежуточный контроль по темам 1.1, 1.2 | | | 0,5 |
| **Тема 1.3.** Химическая кинетика, химическое равновесие | Содержание | | | 2 |
| Скорость химической реакции, ее зависимость от природы и концентрации реагентов, температуры. Порядок и молекулярность реакции. Гомо- и гетерогенные реакции. Скорость гомогенной химической реакции. Закон действия масс. Константа скорости. Факторы, влияющие на скорость реакции. Зависимость скорости реакции от температуры. Правило Вант-Гоффа.  Представление о теории активных столкновений. Уравнение Аррениуса. Энергия активации. Химическое равновесие. Константы химического равновесия, её связь с константами скорости прямой и обратной реакций. Смещение химического равновесия. Принцип Ле Шателье | | |
| Практические занятия | | | 2 |
| 1.  2. | Расчеты влияния концентрации и температуры на скорость реакции.  Решение задач на химическое равновесие. | |  |
| **Тема 1.4.** Общие свойства растворов, равновесие в растворах электролитов | Содержание | | | 2 |
| Истинные растворы. Общие свойства растворов. Растворение как физико-химический процесс. Растворимость веществ, коэффициент растворимости. Способы выражения концентраций растворов. Понятие об идеальном растворе. Законы Рауля. Криоскопия и эбулиоскопия. Явление осмоса. Закон Вант-Гоффа. Изотонический коэффициент.  Растворы электролитов. Электролитическая диссоциация в водных растворах. Сильные и слабые электролиты. Константа и степень диссоциации слабого электролита. Закон разбавления Освальда. Теория сильных электролитов. Кажущаяся степень диссоциации сильного электролита. Активность и коэффициент активности. Ионная сила раствора. Уравнение Дебая-Хюккеля | | |
| Практические занятия | | | 2 |
| 1.  2. | Определение массовой доли, молярности, нормальности и моляльности растворов  Решение задач на равновесие в растворах слабых и сильных электролитов | |  |
| Промежуточный контроль по темам 1.3, 1.4 | | | 0,5 |
| **Тема 1.5.** Окислительно-восстановительные реакции | Содержание | | | 2 |
| Окислительно-восстановительные реакции. Степень окисления, правила ее определения. Важнейшие окислители и восстановители. Метод электронного баланса и метод полуреакций. Направление окислительно-восстановительных реакций. Электродный потенциал. Ряд напряжений металлов. Уравнение Нернста. Химические источники электрического тока: гальванический элемент, топливный элемент, аккумуляторы ЭДС гальванического элемента.  Электролиз как окислительно-восстановительный процесс. Электролиз расплавов и водных растворов электролитов. Законы Фарадея. Инертные и растворимые электроды. Электрохимическая коррозия металлов | | |
| Практические занятия | | | 2 |
| 1.  2. | Составление уравнений окислительно-восстановительных реакций.  Определение возможности электрохимической коррозии металлов с водородной и кислородной деполяризацией | |
| **Раздел 2. Химия элементов и их соединений** |  | | | **6** |
| **Тема 2.1.**  Простые вещества. Основные классы неорганических соединений | Содержание | | | 3 |
| Простые вещества. Типы структур простых веществ. Получение простых веществ. Свойства простых веществ.  Оксиды, основания, кислоты, соли: номенклатура, классификация, химические свойства, методы получения. Генетическая связь между различными классами неорганических соединений | | |
| Практические занятия | | | 3 |
| 1. Решение примеров на взаимное превращение различных классов неорганических соединений | | |  |
|  | Итоговая аттестация по модулю | | | 1 |
|  | Всего | | | **27** |

**3.4. Условия реализации программы профессионального модуля ПМ1**

3.4.1. Материально-технические условия реализации программы модуля

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Материально-технические условия реализации программы | Обеспеченность реализации программы собственными материально техническими условиями (указать наименование, год выпуска используемого оборудования) | Наличие договоров/ соглашений с предприятиями, учреждениями или организациями об использовании помещений, технологического оборудования, размещенного вне образовательной организации, в целях организации обучения |
| Наличие кабинетов | Кабинеты, оснащенные компьютером, проектором мультимедийной системой, интерактивной доска. (309/310) |  |
| Наличие лабораторий | Лаборатория химических дисциплин  ОТИ НИЯУ МИФИ |  |
| Наличие полигонов, технических установок | - |  |
| Наличие технических средств обучения | Плакаты, презентации по темам |  |
| Наличие оборудования кабинетов/ лабораторий/полигонов | Ко Компьютер, проектор, мультимедийная система, интерактивная доска;  лабораторные принадлежности, химическая посуда и реактивы |  |

3.4.2. Требования к месту проведения практики

Для проведения практики необходимо наличие следующего оборудования и организационных аспектов: компьютер для преподавателя; проектор, подключенный к компьютеру преподавателя; химическая посуда и реактивы; инструкции для работы в химической лаборатории.

3.4.3. Информационное обеспечение образовательного процесса по модулю

Перечень рекомендуемых учебных изданий, Интернет-ресурсов, дополнительной литературы.

Основная литература

1. [Ахметов Н.С. Общая и неорганическая химия. Учебник для вузов. - 4-е изд. испр. - М.: Высшая школа, Изд. центр "Академия", 2001. - 743 с.](file:///D:\Календарные%20планы\Весна-Осень\КП-2012-2013%20Малышев%20Хацкевич\Ахметов%20Н.С.%20Общая%20и%20неорганическая%20химия. Учебник%20для%20вузов.-%204-е%20изд.%20испр.%20-%20М.:%20Высшая%20школа,%20Изд.%20центр%20%22Академия%22,%202001.%20-%20743%20с.%20DJVU)  <http://www.twirpx.com/file/18231/>
2. [Глинка Н.Л. Общая химия Учебное пособие для вузов / Под ред. А.И. Ермакова, изд. 30-е, исправленное. – М.: Интеграл-Пресс, 2003. — 728 с. DJVU](http://www.twirpx.com/file/17907/) <http://www.twirpx.com/file/17907/> <http://www.twirpx.com/file/743794/>
3. Глинка Н.Л. Задачи и упражнения по общей химии: Учебное пособие для вузов / Под ред. В.А. Рабиновича и X.М. Рубиной. – М.: Интеграл-Пресс, 2005. – 240 с. DJVU <http://www.twirpx.com/file/586538/>

Дополнительная литература

1. Угай Я.А. Общая и неорганическая химия. М.: Высшая школа, 1997г. -527 стр. <http://www.twirpx.com/file/69390/>
2. Малышев А.И. Неорганическая химия в определениях, понятиях, терминах: Учебное пособие-тренажер. / А.И. Малышев. – Озерск: ОТИ НИЯУ МИФИ, 2010. – 152 с.

**3.5. Контроль и оценка результатов освоения профессионального модуля**

Промежуточный контроль по темам проводится преподавателем. Форма контроля – контрольные вопросы по темам разделов. Промежуточный контроль позволяет выявить динамику формирования компетенций слушателей.

Итоговый контроль проводится преподавателем.Форма контроля – тестирование.

Для принятия положительного решения об освоении компетенций модуля необходимо наличие не менее 70% правильных ответов в тесте итогового контроля.

Приложение 2

**Программа профессионального модуля ПМ2**

*«Аналитическая химия и физико-химические методы анализа»*

**3.1 Область применения программы**

Профессиональный модуль используется для профессиональной переподготовки специалистов, имеющих высшее образование

Программа профессионального модуля является частью Программы:

*«Технология переработки радиоактивных отхо*

*дов. Радиохимическая переработка облученного ядерного топлива»*

в части освоения вида профессиональной (трудовой) деятельности по использованию современного аналитического оборудования в аналитическом контроле технологического процесса и качества продукции и соответствующих профессиональных компетенций (ПК):

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Категория  работника | Вид профессиональной (трудовой) деятельности | Компетенции / готовность к выполнению трудовых действий  в разрезе видов профессиональной (трудовой) деятельности |
| 1.Специалисты | ВПД применяет радиохимические технологий в вопросах обращения с радиоактивными отходами, переработки ОЯТ, радиоэкологии, медицине | ПК1.1.1. Знает теоретические основы аналитических методов и современное аналитическое оборудование, применяемое для контроля технологических процессов |
| ПК1.1.2. Знает методы анализа объектов профессиональной деятельности и методы обработки результатов анализа |
| ПК1.1.3. Знает элементы управления качеством результатов деятельности применительно к конкретным условиям производства в соответствии с требованиями российских и международных стандартов |
| ПК1.1.4. Знает аналитический процесс в соответствии с требованиями нормативных документов и технические средства для контроля параметров технологического процесса и показателей качества продукции |
| ПК1.1.5. Умеет профессионально использовать современное аналитическое оборудование |
| ПК1.1.6. Умеет осуществлять аналитический процесс в соответствии с требованиями нормативных документов и использовать соответствующие технические средства для измерения параметров технологического процесса и показателей качества продукции |
| ПК 1.1.7. Умеет самостоятельно планировать и выполнять научные исследования с использованием методов анализа объектов профессиональной деятельности |
| ПК 1.1.8. Умеет самостоятельно проводить корректную обработку результатов, устанавливать адекватность моделей и интерпретировать результаты |
| ПК 1.1.9. Умеет использовать элементы управления качеством результатов применительно к конкретным условиям производства |
| ПК 1.1.10. Умеет анализировать рабочий процесс с целью оптимизации работы персонала и оборудования |

**3.2 Требования к промежуточным результатам освоения модуля**

С целью овладения указанными видами профессиональной деятельности и соответствующими профессиональными компетенциями обучающийся в ходе освоения профессионального модуля должен:

приобрести умения:

- выбора метода анализа для заданной аналитической задачи и проведения статистической обработки результатов аналитических определений; выполнения основных химических операций;

- прогнозирования влияния различных факторов на равновесие в химических реакциях; определения направленности процесса в заданных условиях;

- профессионально использовать аналитическое оборудование;

- осуществлять аналитический процесс в соответствии с требованиями нормативных документов и использовать технические средства для контроля химических параметров технологического процесса и показателей качества продукции;

- самостоятельно планировать и выполнять исследования с использованием современной аппаратуры и методов анализа объектов профессиональной деятельности, проводить корректную обработку результатов, устанавливать адекватность моделей и интерпретировать результаты анализа;

получить знания:

- по количественному анализу; теоретическим основам и принципам химических методов анализа (титриметрическому анализу; кислотно-основному, окислительно-восстановительному, осадительному, комплексонометрическому титрованию), методам разделения и концентрирования веществ, методам метрологической обработке результатов анализа;

овладеть:

- методами проведения химического анализа и метрологической оценки его результатов;

- навыками приготовления и расчета концентраций растворов;

- навыками приготовления и расчета концентраций растворов; титрования и определения рН растворов;

- определением растворимости и условиями выпадения осадков; выполнения экспериментов с целью определения количественного состава.

**3.3. Структура и содержание профессионального модуля (ПМ2)**

3.3.1. Тематический план профессионального модуля

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №  п/п | Наименование  модулей | Всего  часов | В том числе: | | | |
| Аудиторная учебная нагрузка | | | Формы контроля |
| Теоретические занятия | Практические (лабораторные)  занятия, часов | В том числе выездные занятия в ЦЗЛ ФГУП «ПО «Маяк», часов | Контрольные вопросы, тестирование |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| **1** | **Раздел 1. Ионные равновесия в растворе** | **8,5** | **4** | **4** |  | **0,5** |
| 2 | **Тема 1.1.**Равновесия в водных растворах:  кислот и оснований;  малорастворимых соединений; |  | 2 | 2 |  |  |
| 3 | Тема 1.2 Равновесия в растворах координационных соединений.  Равновесия при протекании окислительно-восстановительных процессов. |  | 2 | 2 |  |  |
| 4 | **Раздел 2. Методы титриметрического анализа** | **25,5** | **6** | **19** |  | **0,5** |
| **5** | Тема 2.1. Кислотно-основное титрование. |  | 2 | 8 |  |  |
| 6 | Тема 2.2. Окислительно-восстановительное титрование.  Осадительное титрование. |  | 2 | 8 |  |  |
| **7** | Тема 2.3. Комплексометрическое титрование |  | 2 | 3 |  |  |
| **14** | **Итоговая аттестация** | **1** | **Х** | **Х** | **Х** | **1** |
|  | **ИТОГО** | **35** | **10** | **23** | **Х** | **2** |

**3.3.2. Содержание обучения по профессиональному модулю (ПМ2)**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование разделов профессионального модуля тем | Содержание учебного материала, лабораторные работы и практические занятия, самостоятельная работа обучающихся *(если предусмотрены)* | | | Объем часов |
| 1 | 2 | | | 3 |
| **Раздел 1. Ионные равновесия в растворе** |  | | | **8,5** |
| Тема 1.1. Равновесия в водных растворах: кислот и оснований; малорастворимых соединений; | Содержание | | | 2 |
| **Кислотно-основные реакции**. Современные представления о кислотах и основаниях. Теория Льюиса. Теория Бренстеда-Лоури. Равновесие в системе кислота−сопряженное основание и растворитель. Кислотно-основное равновесие в водных растворах. Вычисление рН кислот и оснований смеси кислот и оснований.  Буферные растворы и их свойства. Буферная емкость. Вычисление рН буферных растворов.  **Осаждение и растворение** малорастворимых соединений. Произведение растворимости. Условия выпадения осадка. Растворимость осадков в воде и водных растворов электролитов. Растворение малорастворимых соединений под действием сильных кислот. Растворение осадков вследствие комплексообразования. Растворение осадков в результате окислительно-восстановительных реакций. | | |
| Практические занятия: | | | 2 |
| 1. | | Расчеты рН растворов кислот и оснований; буферных смесей |  |
| Тема 1.2.Равновесия в растворах координационных соединений;Равновесия при протекании окислительно-восстановительных процессов | Содержание | | | 2 |
| **Реакции комплексообразования.** Основные характеристики комплексных соединений. Равновесия в растворах координационных соединений. Константы устойчивости. Влияние температуры на равновесия в растворах координационных соединений.  **Реакции окисления-восстановления**. Окислительно-восстановительный потенциал. Окислительно-восстановительные свойства воды. Влияние кислотно-основного взаимодействия, комплексообразования и образования малорастворимых соединений на редокс-потенциал. | | |
| Практические занятия | | | 2 |
| 1.  2. | Расчеты равновесной концентрации ионов в растворах комплексных соединений.  Расчеты при протекании окислительно-восстановительных реакций. | |  |
| Промежуточный контроль по темам 1.1, 1.2 | | | 0,5 |
| **Раздел 2. Методы титриметрического анализа** |  | | | **25,5** |
| **Тема 2.1. Кислотно-основное титрование.** | Содержание | | | 2 |
| Требования, предъявляемые к реакции в титриметрическом анализе. Приемы титрования: прямое и обратное, косвенное. Кислотно-основные индикаторы. Теория ионных окрасок Оствальда. Интервал перехода индикатора. Хромофорная теория индикаторов. Правило выбора индикаторов. Индикаторные ошибки титрования: водородная и гидроксильная. | | |
| Практические занятия | | | 8 |
| 1.  2. | Приготовление рабочего раствора соляной кислоты. Стандартизация приготовленного раствора соляной кислоты по буре  Определение содержания щелочноземельных металлов в растворе.  Решение задач на кислотно-основное титрование. | |  |
| **Тема 2.2. Окислительно-восстановительное титрование**.  **Осадительное титрование**. | Содержание | | | 2 |
| Факторы, влияющие на характер кривых титрования: концентрация ионов водорода, комплексообразование, ионная сила. Способы определения конечной точки титрования; индикаторы. Погрешности титрования. Методы окислительно-восстановительного титрования:  Перманганатометрия. Рабочие растворы. Определение железа (II), марганца (II), оксалатов, пероксида водорода, нитритов.  Иодометрия. Система иод−иодид как окислитель или восстановитель. Рабочие растворы. Индикаторы Определение восстановителей. Определение окислителей.  **Осадительное титрование**. Построение кривых титрования. Первичные и вторичные стандарты; индикаторы. Погрешности титрования. Примеры практического применения. | | |
| Практические занятия | | | 8 |
| 1.  2. | Стандартизация приготовленного раствора перманганата калия по щавелевой кислоте. Определение железа (II) в соли Мора  Йодометрическое титрование: Стандартизация раствора тиосульфата натрия по перманганату калия. Определение меди в растворе.  Решение задач на окислительно-восстановительное титрование и осадительное титрование. | |  |
| Промежуточный контроль по темам 2.1, 2.2 | | | 0,5 |
| Тема 2.3.  **Комплексометрическое титрование** | Содержание | | | 2 |
| Использование аминополикарбоновых кислот в комплексонометрии. Построение кривых титрования. Металлоиндикаторы и требования, предъявляемые к ним. Важнейшие универсальные и специфические металлоиндикаторы. Способы комплексонометрического титрования: прямое, обратное, косвенное. Селективность титрования и способы ее повышения. Погрешности титрования. Примеры практического применения. Определение кальция, магния, железа, алюминия. | | |
| Практические занятия | | | 3 |
| 1.  2. | Стандартизация раствора трилона Б. Определение общей жесткости воды.  Решение задач на комплексометрическое титрование | |
|  | Итоговая аттестация по модулю | | | **1** |
|  | Всего | | | **35** |

**3.4. Условия реализации программы профессионального модуля**

3.4.1. Материально-технические условия реализации программы модуля

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Материально-технические условия реализации программы | Обеспеченность реализации программы собственными материально техническими условиями (указать наименование, год выпуска используемого оборудования) | Наличие договоров/ соглашений с предприятиями, учреждениями или организациями об использовании помещений, технологического оборудования, размещенного вне образовательной организации, в целях организации обучения |
| Наличие кабинетов | Ка Кабинеты, оснащенные компьютером, проектором мультимедийной системой, интерактивной доска. (309/329). |  |
| Наличие лабораторий | Лаборатория аналитической химии ОТИ НИЯУ МИФИ |  |
| Наличие полигонов, технических установок | - |  |
| Наличие технических средств обучения | Плакаты, презентации по темам |  |
| Наличие оборудования кабинетов/ лабораторий/полигонов | Ко Компьютер, проектор, мультимедийная система, интерактивная доска;  лабораторные принадлежности, химическая посуда и реактивы |  |

3.4.2. Требования к месту проведения практики

Для проведения практики необходимо наличие следующего оборудования и организационных аспектов: компьютер для преподавателя; проектор, подключенный к компьютеру преподавателя; химическая посуда и реактивы; инструкции для работы в химической лаборатории.

3.4.3. Информационное обеспечение образовательного процесса по модулю

Перечень рекомендуемых учебных изданий, Интернет-ресурсов, дополнительной литературы

Основная литература

1. Основы аналитической химии: в 2-х т. / Под ред. Ю.А. Золотова. – М.: Высшая школа, 2000. – Т. 1-2.
2. Медведев В.П., Боровик Л.А. Лабораторные работы по дисциплине «Аналитическая химия». – Озерск: ОТИ МИФИ, 2003. – 46 с.
3. Боровик Л.А. Лабораторные работы по количественному анализу. – Озерск: ОТИ МИФИ, 2004. – 33 с.
4. Практикум по аналитической химии: Учебное пособие для вузов. / В.П. Васильев [и др.]. – М.: Высшая школа, 2000. – 320 с.
5. Аналитическая химия. Сборник вопросов, упражнений и задач по аналитической химии. / Под ред. В.П. Васильева. – М.: Дрофа, 2003. – 320 с.
6. Алексеев В.Н. Количественный анализ. / Пол ред. П.К. Агасяна. – М.: Альянс 2013. – 504с.

Дополнительная литература

1. Крешков А.П. Основы аналитической химии: в 3-х кн. – М.: Химия, 1976. – Кн. 1-3.
2. Лурье Ю.Ю. Справочник по аналитической химии. – М.: Альянс, 2013. – 484 с.
3. Дорохова Е.Н. Задачи и вопросы по аналитической химии. – М.: Мир, 2001. – 267 с.
4. Пилипенко А.Т. Пятницкий И.В.Аналитическая химия.- М.: Химия, 1990.- 480 с.
5. Васильев В.П. Аналитическая химия. Ч.1.- М.: Высшая школа, 1989.- 320 с.

Электронные ресурсы

1. Торосян В.Ф. Аналитическая химия и физико-химические методы анализа. Практическое руководство: учебно-методическое пособие /В.Ф. Торосян – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 195 с.

2. Интернет сайты: <http://ua-referat.com/warcraft/Кислотно_лужну_рівновагу>

http://www. chemport. ru/data/chemipedia/article\_1662.html

<http://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=260>

**3.5. Контроль и оценка результатов освоения профессионального модуля**

Промежуточный контроль по темам проводится преподавателем. Форма контроля – контрольные вопросы по темам разделов. Промежуточный контроль позволяет выявить динамику формирования компетенций слушателей.

Итоговый контроль проводится преподавателем.Форма контроля – тестирование.

Итоговый контроль призван оценить уровень освоения следующих компетенций:

ПК1.1.1. Знает теоретические основы аналитических методов и аналитическое оборудование для целей контроля технологических процессов и качества продукции;

ПК1.1.2. Знает методы анализа объектов профессиональной деятельности и методы обработки результатов анализа;

ПК1.1.3. Знает аналитический процесс и может выбрать метод анализа для заданной аналитической задачи;

Практические занятия по модулю призваны оценить уровень освоения следующих компетенций:

ПК1.1.4 Умеет профессионально выбрать метод анализа для заданной аналитической задачи;

ПК1.1.5. Умеет осуществлять аналитический процесс в соответствии с требованиями нормативных документов и использовать технические средства для измерения параметров технологического процесса и показателей качества продукции;

ПК 1.1.6. Умеет самостоятельно проводить корректную обработку результатов анализа и интерпретировать результаты;

Для принятия положительного решения об освоении компетенций модуля необходимо наличие не менее 70% правильных ответов в тесте итогового контроля.

Приложение 3

**Программа профессионального модуля ПМ3**

*«Современное аналитическое оборудование»*

**3.1 Область применения программы**

Профессиональный модуль используется для профессиональной переподготовки специалистов, имеющих высшее образование

Программа профессионального модуля является частью Программы:

*«Технология переработки радиоактивных отхо*

*дов. Радиохимическая переработка облученного ядерного топлива»*

в части освоения вида профессиональной (трудовой) деятельности по использованию современного аналитического оборудования в аналитическом контроле технологического процесса и качества продукции и соответствующих профессиональных компетенций (ПК):

| Категория  работника | Вид профессиональной (трудовой) деятельности | Компетенции / готовность к выполнению трудовых действий  в разрезе видов профессиональной (трудовой) деятельности |
| --- | --- | --- |
| 1.Специалисты | ВПД применяет радиохимические технологий в вопросах обращения с радиоактивными отходами, переработки ОЯТ, радиоэкологии, медицине | ПК1.1.1. Знает теоретические основы аналитических методов и аналитическое оборудование для целей контроля объектов профессиональной деятельности |
| ПК1.1.2. Знает практическое применение методов анализа объектов профессиональной деятельности и методы обработки результатов анализа |
| ПК1.1.3. Знает аналитический процесс и может выбрать метод анализа для конкретной аналитической задачи |
| ПК1.1.4. Знает аналитический процесс в соответствии с требованиями нормативных документов и технические средства для контроля параметров объектов профессиональной деятельности |
| ПК1.1.5. Умеет профессионально использовать современное аналитическое оборудование |
| ПК1.1.6. Умеет осуществлять аналитический процесс в соответствии с требованиями нормативных документов и использовать соответствующие технические средства для измерения параметров объектов профессиональной деятельности |
| ПК 1.1.7. Умеет профессионально выбрать метод анализа для заданной аналитической задачи, самостоятельно планировать рабочий процесс с использованием методов анализа объектов профессиональной деятельности |
| ПК 1.1.8. Умеет самостоятельно проводить корректную обработку результатов, устанавливать адекватность моделей и интерпретировать результаты |
| ПК 1.1.9. Умеет использовать элементы управления качеством результатов применительно к конкретным условиям работы |
| ПК 1.1.10. Умеет анализировать рабочий процесс с целью оптимизации работы оборудования |

**3.2 Требования к промежуточным результатам освоения модуля**

С целью овладения указанными видами профессиональной деятельности и соответствующими профессиональными компетенциями обучающийся в ходе освоения профессионального модуля должен:

приобрести умения:

- выбора адекватного метода анализа для решения аналитической задачи и проведения статистической обработки результатов анализа;

- осуществлять аналитический процесс в соответствии с требованиями нормативных документов и использовать алгоритмы контроля показателей качества результатов анализа;

- самостоятельно выполнять анализ с использованием современной аппаратуры, проводить корректную обработку результатов, устанавливать адекватность моделей и интерпретировать результаты анализа;

- анализировать процесс для оптимизации работы оборудования;

получить знания:

- по теоретическим основам электрохимических и спектральных методов анализа; практическому применению методов анализа, основанных на взаимодействии вещества с электрическим током и электромагнитным излучением;

- принципиальных схем аналитических приборов;

овладеть:

- методами проведения физико-химического и физического анализа;

- навыками работы на электрохимическом и спектральном оборудовании;

- экспериментальными приемами, используемыми в количественном анализе.

**3.3. Структура и содержание профессионального модуля (ПМ3)**

3.3.1. Тематический план профессионального модуля

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №  п/п | Наименование  Модулей | Всего  часов | В том числе: | | | |
| Аудиторная учебная нагрузка | | | Формы контроля |
| Теоретические занятия | Практические (лабораторные)  занятия, часов | В том числе выездные занятия в ЦЗЛ ФГУП «ПО «Маяк», часов | Контрольные вопросы, тестирование |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| **1** | **Раздел 1. Общие сведения о методах и технических средствах аналитической химии** | **4** | **2** |  | **2** |  |
| 2 | Тема 1.1. Цели и задачи аналитического контроля объектов исследования |  | 1 |  | 1 |  |
| 3 | Тема 1.2. Классификация методов аналитического контроля |  | 1 |  | 1 |  |
| **4** | **Раздел 2. Электрохимические методы анализа. Классификация и использование в целях технологического контроля** | **10,5** | **6** | **4** |  | **0,5** |
| 5 | Тема 2.1. Оборудование для измерения рН, окислительно-восстановительных потенциалов, концентрации ионов, растворенных газов в электролитах |  | 4 | 2 |  |  |
| 6 | Тема 2.2. Кондуктометрический метод анализа. Ячейка для измерения удельной электропроводности и концентрации ионов в электролитах |  | 2 | 2 |  |  |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| **7** | **Раздел 3. Методы спектрального анализа, аналитическое оборудование для контроля технологического процесса и качества продукции** | **12,5** | **8** |  | **4** | **0,5** |
| 8 | Тема 3.1. Классификация методов спектрального анализа. Спектральное аналитическое оборудование и области его применения |  | 1 |  | 0,5 |  |
| 9 | Тема 3.2. Методы атомно-эмиссионной, атомно-абсорбционной спектроскопии |  | 2 |  | 1 |  |
| 10 | Тема 3.3. Методы молекулярной спектрометрии. Спектрометры и спектрофотометры, работающие в УФ-, видимой, ИК- областях спектра |  | 2 |  | 1 |  |
| 11 | Тема 3.4 Флуоресцентный метод анализа. Схемы флуориметров |  | 1 |  | 0,5 |  |
| 12 | Тема 3.5 Рентгенофлуоресцентный метод анализа. Устройство рентгеновских спектрометров |  | 1 |  | 0,5 |  |
| 13 | Тема 3.4. Масс-спектрометрия |  | 1 |  | 0,5 |  |
| **14** | **Итоговая аттестация** | **1** | **Х** | **Х** | **6** | **1** |
|  | **ИТОГО** | **28** | **16** | **4** | **6** | **2** |

**3.3.2. Содержание обучения по профессиональному модулю (ПМ3)**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование разделов профессионального модуля тем | Содержание учебного материала, лабораторные работы и практические занятия, самостоятельная работа обучающихся *(если предусмотрены)* | | | Объем часов |
| 1 | 2 | | | 3 |
| Раздел 1. Общие сведения о методах и технических средствах аналитической химии |  | | | 4 |
| Тема 1.1. Цели и задачи аналитического контроля объектов исследования | Содержание | | | 1 |
| Использование методов аналитической химии в решении задач контроля объектов профессиональной деятельности. Задачи испытательных лабораторий. Обеспечение качества результатов анализа | | |
| Практические занятия: | | | 1 |
| 1. | | Ознакомление с организацией аналитического контроля в аналитической лаборатории центральной заводской лаборатории (далее ЦЗЛ) ФГУП «ПО «Маяк» |  |
| Тема 1.2. Классификация методов аналитического контроля | Содержание | | | 1 |
| Классификация методов аналитического контроля. Технические средства контроля. Технические и метрологические характеристики аналитического оборудования. Чувствительность и точность методов анализа | | |
| Практические занятия | | | 1 |
| 1. | Ознакомление с аналитическим оборудованием в аналитической лаборатории ЦЗЛ ФГУП «ПО «Маяк» | |  |
| Раздел 2. Электрохимические методы анализа. Классификация и использование в целях технологического контроля |  | | | 10,5 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | | 3 |
| Тема 2.1. Современное оборудование для измерения рН, окислительно-восстановительных систем, концентрации ионов, растворенных газов в электролитах. | Содержание | | 4 |
| Теоретические основы электрохимии. Понятия равновесного электродного потенциала, ЭДС. Устройства для измерения рН, окислительно-восстановительных потенциалов, концентрации ионов, растворенных газов в электролитах. Электрохимические ячейки для измерения рН, индикаторные электроды и электроды сравнения | |
| Практические занятия | | 2 |
| 1. | Определение железа (III) методом потенциометрического титрования | 2 |
| Тема 2.2. Современное оборудование для измерения удельной электропроводности и концентрации ионов в электролитах. | Содержание | | 2 |
| Основы кондуктометрии. Понятия удельной и эквивалентной электропроводностей. Зависимость электропроводности от различных факторов. Ячейка для измерения удельной электропроводности и концентрации ионов в электролитах. Новые возможности использования кондуктометров в аналитической практике | |
| Практические занятия | | 2 |
| 1. | Комплексонометрическое определение солей металлов (железа, никеля, кобальта, бария) в растворе | 2 |
| Промежуточный контроль по темам 2.1, 2.2 | | 0,5 |
| Раздел 3. Методы спектрального анализа, аналитическое оборудование для контроля технологического процесса и качества продукции |  | | 12,5 |
| Тема 3.1. Классификация методов спектрального анализа. Спектральное аналитическое оборудование и области его применения | Содержание | | 1 |
| Общая характеристика и классификация методов спектрального анализа. Аналитические характеристики различных методов. Принципиальная схема спектральных приборов. Технические характеристики спектральных приборов. Классификация источников света | |
| Практические занятия | | 0,5 |
| 1. | Ознакомление со спектральным оборудованием в аналитической лаборатории ЦЗЛ ФГУП «ПО «Маяк» |
| 1 | 2 | | 3 |
| Тема 3.2. Методы атомно-эмиссионной, атомно-абсорбционной спектроскопии | Содержание | | 2 |
| Общая характеристика атомной спектроскопии: эмиссионной, абсорбционной. Теоретические основы методов, их возможности и сравнительные характеристики, особенности атомных спектров. Устройство спектральных приборов. Принципы возбуждения спектров, разложения электромагнитного излучения в спектр и регистрации спектров | |
| Практические занятия | | 1 |
| 1. | Проведение практических работ в аналитической лаборатории ЦЗЛ ФГУП «ПО «Маяк» по определению массовой концентрации металлов в пробах природной, питьевой и сточной воды атомно-эмиссионным методом на ИСП-спектрометре «Optima-3000»; на атомно-абсорбционном спектрофотометре «Solaar S4» по измерению массовых концентраций элементов в водных растворах. | 1 |
| Тема 3.3. Методы молекулярной спектрометрии. Спектрометры и спектрофотометры, работающие в УФ-, видимой, ИК- областях спектра | Содержание | | 2 |
| Теоретические основы методов молекулярной спектрометрии. Аппаратура ИК-спектрометрии, приготовление образцов. Классификация ИК-спектрометров. Принципиальные схемы ИК-спектрофотометров (источники света, детекторы). Интерферометры, Фурье-преобразование. Структура колебательных спектров. Применение инфракрасных спектров поглощения в качественном и количественном анализах.  Специфика электронных спектров поглощения различных классов соединений.  Спектральные приборы, работающие в видимой и УФ областях. Применение электронных спектров поглощения в качественном и количественном анализах | |
| Практические занятия | | 1 |
| 1. | Изучение работы ИК-Фурье-спектрометра «Nexus AES» в практике контроля загрязняющих веществ в воде. Проведение практической работы в аналитической лаборатории ЦЗЛ ФГУП «ПО «Маяк» по измерению массовой концентрации нефтепродуктов в водных растворах спектрофотометрическим методом на ИК-Фурье-спектрометре «Nexus AES» | 1 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | | 3 |
| Тема 3.4 Флуоресцентный метод анализа. Схема спектрофлуориметра | Содержание | | 1 |
| Аналитические характеристики метода. Механизм флуоресценции. Схема спектрофлуориметра. Круг анализируемых соединений. Область применения | |
| Практические занятия | | 0,5 |
| 1. | Проведение практической работы в аналитической лаборатории ЦЗЛ ФГУП «ПО «Маяк» по измерению массовой концентрации АПАВ на анализаторе жидкости «Флюорат 02-3М» | 0,5 |
| Тема 3.5 Рентгенофлуоресцентный метод анализа. Устройство рентгеновских спектрометров | Содержание | | 1 |
| Основы метода. Взаимодействие рентгеновского излучения с веществом. Испускание характеристического излучения. Оборудование для рентгенофлуоресцентной спектрометрии. Приборы с волновой и энергетической дисперсией. Аналитическое приложение метода | |
| Практические занятия | | 0,5 |
| 1. | Ознакомление с методикой измерения массовой концентрации элементов и определения состава растворов рентгенофлуоресцентным энергодисперсионным анализатором состава веществ «ReSPECT» в лаборатории ядерно-физических методов анализа ЦЗЛ ФГУП «ПО «Маяк» | 0,5 |
| Тема 3.4. Масс-спектрометрия | Содержание | | 1 |
| Теоретические основы метода. Принципиальная схема масс-спектрометра. Ионные источники. Принципы разделения ионов. Регистрация масс-спектров. Аналитические характеристики метода | |
| Практические занятия | | 0,5 |
| 1. | Ознакомление с методикой измерения массовой концентрации элементов и определения состава растворов на ИСП-масс-спектрометре «Agilent 7500cx» в лаборатории ядерно-физических методов анализа ЦЗЛ ФГУП «ПО «Маяк» | 0,5 |
| Промежуточный контроль по разделу 3 | | 0,5 |
| Итоговая аттестация по модулю | | | 1 |
| Всего | | | 28 |

**3.4. Условия реализации программы профессионального модуля (ПМ3)**

3.4.1. Материально-технические условия реализации программы модуля

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Материально-технические условия реализации программы | Обеспеченность реализации программы собственными материально техническими условиями (указать наименование, год выпуска используемого оборудования) | Наличие договоров/ соглашений с предприятиями, учреждениями или организациями об использовании помещений, технологического оборудования, размещенного вне образовательной организации, в целях организации обучения |
| Наличие кабинетов | Кабинеты, оснащенные компьютером, проектором (2010/2013) |  |
| Наличие лабораторий | Лаборатория ядерно-физических методов анализа,  аналитическая лаборатория ЦЗЛ ФГУП «ПО «Маяк»; лаборатория спецхимдисциплин кафедры химии и химической технологии ОТИ НИЯУ МИФИ |  |
| Наличие полигонов, технических установок | - |  |
| Наличие технических средств обучения | Плакаты, презентации по темам (2014) |  |
| Наличие оборудования кабинетов/ лабораторий/полигонов | Компьютер, проектор, иономеры, кондуктометры, спектрофотометры «Юнико-1200», атомно-абсорбционном спектрофотометре «Solaar S4», ИСП-спектрометр «Optima-3000»; анализатор жидкости «Флюорат 02-3М», ИК-Фурье-спектрометр «Nexus AES»; рентгенофлуоресцентный энергодисперсионный анализатор состава веществ «ReSPECT»; ИСП-масс-спектрометр «Agilent 7500cx» |  |

3.4.2. Требования к месту проведения практики

Для проведения практики необходимо наличие следующего оборудования и организационных аспектов: компьютер для преподавателя; проектор, подключенный к компьютеру преподавателя; химическая посуда и реактивы; инструкции для работы в химической лаборатории.

3.4.3. Информационное обеспечение образовательного процесса по модулю

Перечень рекомендуемых учебных изданий, Интернет-ресурсов, дополнительной литературы

Основная литература

1. Основы аналитической химии: в 2-х т. / Под ред. Ю.А. Золотова. – М.: Высшая школа, 2000. – Т. 1-2.
2. Медведев В.П., Боровик Л.А. Лабораторные работы по дисциплине «Аналитическая химия». – Озерск: ОТИ МИФИ, 2003. – 46 с.
3. Боровик Л.А. Лабораторные работы по количественному анализу. – Озерск: ОТИ МИФИ, 2004. – 33 с.
4. Практикум по аналитической химии: Учебное пособие для вузов. / В.П. Васильев [и др.]. – М.: Высшая школа, 2000. – 320 с.
5. Аналитическая химия. Сборник вопросов, упражнений и задач по аналитической химии. / Под ред. В.П. Васильева. – М.: Дрофа, 2003. – 320 с.
6. Алексеев В.Н. Количественный анализ. / Пол ред. П.К. Агасяна. – М.: Альянс 2013. – 504с.

Дополнительная литература

1. Крешков А.П. Основы аналитической химии: в 3-х кн. – М.: Химия, 1976. – Кн. 1-3.
2. Лурье Ю.Ю. Справочник по аналитической химии. – М.: Альянс, 2013. – 484 с.
3. Дорохова Е.Н. Задачи и вопросы по аналитической химии. – М.: Мир, 2001. – 267 с.
4. Пилипенко А.Т. Пятницкий И.В. Аналитическая химия.- М.: Химия, 1990.- 480 с.
5. Васильев В.П. Аналитическая химия. Ч.1.- М.: Высшая школа, 1989.- 320 с.

Электронные ресурсы

1. Торосян В.Ф. Аналитическая химия и физико-химические методы анализа. Практическое руководство: учебно-методическое пособие /В.Ф. Торосян – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 195 с.

2. Интернет сайты: <http://ua-referat.com/warcraft/Кислотно_лужну_рівновагу>

http://www. chemport. ru/data/chemipedia/article\_1662.html

<http://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=260>

**3.5. Контроль и оценка результатов освоения профессионального модуля**

Промежуточный контроль по темам проводится преподавателем. Форма контроля – контрольные вопросы по темам разделов. Промежуточный контроль позволяет выявить динамику формирования компетенций слушателей.

Итоговый контроль проводится преподавателем.Форма контроля – тестирование.

Итоговый контроль призван оценить уровень освоения следующих компетенций:

ПК1.1.1. Знает теоретические основы аналитических методов и аналитическое оборудование для целей контроля объектов профессиональной деятельности;

ПК1.1.2. Знает практическое применение методов анализа объектов профессиональной деятельности и методы обработки результатов анализа;

ПК1.1.3. Знает аналитический процесс в соответствии с требованиями нормативных документов и может выбрать метод анализа для заданной аналитической задачи,

Практические занятия по модулю призваны оценить уровень освоения следующих компетенций:

ПК1.1.4 Умеет профессионально выбрать метод анализа для заданной аналитической задачи;

ПК1.1.5. Умеет осуществлять аналитический процесс в соответствии с требованиями нормативных документов и использовать технические средства для контроля параметров объектов профессиональной деятельности;

ПК 1.1.6. Умеет самостоятельно проводить корректную обработку результатов анализа и интерпретировать результаты;

Для принятия положительного решения об освоении компетенций модуля необходимо наличие не менее 70% правильных ответов в тесте итогового контроля.

Приложение 4

**Программа профессионального модуля ПМ4**

**«Радиохимическая переработка облученного ядерного топлива»**

**3.1 Область применения программы**

Профессиональный модуль используется для профессиональной переподготовки специалистов, имеющих высшее образование

Программа профессионального модуля является частью Программы:

*«Технология переработки радиоактивных отходов. Радиохимическая переработка облученного ядерного топлива»*

в части освоения вида профессиональной (трудовой) деятельности по переработки радиоактивных отходов и соответствующих профессиональных компетенций (ПК):

| Категория  работника | Вид профессиональной (трудовой) деятельности | Компетенции / готовность к выполнению трудовых действий  в разрезе видов профессиональной (трудовой) деятельности |
| --- | --- | --- |
| 1.Специалисты | ВПД применяет радиохимические технологий в вопросах обращения с радиоактивными отходами, переработки ОЯТ, радиоэкологии, медицине | ПК 1.1.11. Знает физико-химические особенности состояния и поведения микро-компонентов в водных растворах; основные пути выделения, разделения и концентрирования радионуклидов; закономерности реакций изотопного обмена; основы химии горячих атомов. |
| ПК 1.1.12. Умеет использовать в процессах переработки оборудование и технологические схемы проведения процессов переработки ОЯТ |

**3.2 Требования к промежуточным результатам освоения модуля**

С целью овладения указанными видами профессиональной деятельности и соответствующими профессиональными компетенциями обучающийся в ходе освоения профессионального модуля должен:

приобрести умения:

* использовать в процессах переработки ОЯТ оборудование
* использовать технологические схемы проведения процессов переработки ОЯТ
* самостоятельно выполнять анализ с использованием современной аппаратуры, проводить корректную обработку результатов, устанавливать адекватность моделей и интерпретировать результаты анализа;

получить знания:

* типов образующегося ОЯТ и его характеристики;
* особенности ОЯТ в зависимости от типа реактора;
* способы хранения и транспортировки ОЯТ;
* основные способы переработки ОЯТ, технологические схемы проведения процессов, их физико-химические основы;
* используемое в процессах переработки оборудование.
* физико-химические особенности состояния и поведения микрокомпонентов в водных растворах;
* основные пути выделения, разделения и концентрирования радионуклидов;
* закономерности реакций изотопного обмена;
* основы химии горячих атомов.

**3.3. Структура и содержание профессионального модуля (ПМ4)**

3.3.1. Тематический план профессионального модуля

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №  п/п | Наименование  Модулей | Всего  часов | В том числе: | | | |
| Аудиторная учебная нагрузка | | | Формы контроля |
| Теоретические занятия | Практические (лабораторные)  занятия, часов | В том числе выездные занятия в ЦЗЛ ФГУП «ПО «Маяк», часов | Контрольные вопросы, тестирование |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| **1** | **Раздел 1. Введение. Ядерный топливный цикл. Типы реакторов и используемого в них топлива.** | **4** | **4** | Х | Х | Х |
| 2 | Тема 1.1. Ядерный топливный цикл. Основные компоненты ЯТЦ. Замкнутый и незамкнутый ЯТЦ. Классификация по делящемуся веществу – урановый, уран-плутониевый и уран-ториевые топливные циклы. | 2 | 2 | Х | Х | Х |
| 3 | Тема 1.2. Основные типы реакторов и используемого в них топлива. ТВЭЛы – конструкция, характеристики, требования к сердечникам и конструкционным материалам ТВЭЛов. Конструкция ТВС.. | 2 | 2 | Х | Х | Х |
| **4** | **Раздел 2. Основные характеристики ОЯТ. Хранение и транспортировка ОЯТ. Подготовка ТВЭЛ к переработке, вскрытие.** | **6** | **6** | Х | Х | Х |
| 5 | Тема 2.1. Основные характеристики ОЯТ – состав, выгорание, активность. Коэффициент воспроизводства. Состав продуктов деления. | 2 | 2 | Х | Х | Х |
| 6 | Тема 2.2. Подготовка ТВЭЛ к переработке. Выдержка ТВЭЛ на АЭС (способ организации и задачи). Транспортировка ТВЭЛ на РХЗ (типы транспортных контейнеров (ТУК), требования к ТУК, конструктивное исполнение). Выдержка ТВЭЛ на РХЗ (способы организации и задачи).Ячейка для измерения удельной электропроводности и концентрации ионов в электролитах | 2 | 2 | Х | Х | Х |
| 7 | Тема 2.3. Вскрытие отработавших ТВЭЛов (задачи, способы, оборудование). | 2 | 2 | Х | Х | Х |
| **8** | **Раздел 3. Растворение ОЯТ. Водные методы переработки ОЯТ. Подготовка растворов ОЯТ к экстракции.** | **6** | **6** | Х | Х | Х |
| 9 | Тема 3.1. Растворение ОЯТ. | 2 | 2 | Х | Х | Х |
| 10 | Тема 3.2. Исторические (осадительные и экстракционные) и современные водные схемы переработки ОЯТ. Типовая схема переработки ОЯТ на РТ-1. Схема операций и потоков. Основные продукты и отходы. | 2 | 2 | Х | Х | Х |
| 11 | Тема 3.3. Подготовка растворов ОЯТ к экстракции. Осветление растворов. | 2 | 2 | Х | Х | Х |
| 12 | **Раздел 4. Экстракционная аппаратура. Экстрагенты и разбавители.** | **4** | **4** | Х | Х | Х |
| 13 | Тема 4.1. Экстракционная аппаратура – принцип действия различных типов экстракторов, их достоинства и недостатки. Смесители-отстойники, пульсационные колонны, центробежные экстракторы. | 2 | 2 | Х | Х | Х |
| 14 | Тема 4.2. Типы экстрагентов. Тяжелые и легкие экстрагенты. Разбавители. ТБФ как экстрагент (свойства, радиационная и химическая стойкость, контроль качества и способы регенерации экстрагента). | 2 | 2 | Х | Х | Х |
| 15 | **Раздел 5. Экстракционное разделение компонентов ОЯТ.** | **6** | **6** | Х | Х | Х |
| 16 | Тема 5.1. Первый цикл экстракции. | 2 | 2 | Х | Х | Х |
| 17 | Тема 5.2. Разделение урана и плутония на реэктракции | 1 | 1 | Х | Х | Х |
| 18 | Тема 5.3. Урановая ветвь. Задачи уранового производства. Экстракционный аффинаж урана. | 1 | 1 | Х | Х | Х |
| 19 | Тема 5.4. Переработка высокообогащенного топлива. Особенности организации процесса. | 1 | 1 | Х | Х | Х |
| 20 | Тема 5.5. Разделение нептуния и плутония на аффинажном цикле. | 1 | 1 | Х | Х | Х |
| 21 | **Раздел 6. Изготовление ядерного топлива из регенерированных делящихся материалов.** | **4** | **4** | Х | Х | Х |
| 22 | Тема 6.1. Завершающие стадии урановых процессов на заводах по регенерации ОЯТ. Накопление 232U и связанные с этим проблемы радиационной безопасности в урановых производствах. | 1 | 1 | Х | Х | Х |
| 23 | Тема 6.2. Производство порошков диоксида урана керамического сорта. Характеристики диоксида урана.Оксалатное и пероксидное осаждение плутония. Термическое разложение соединений плутония с целью получения диоксида. Характеристики PuO2. | 1 | 1 | Х | Х | Х |
| 24 | Тема 6.3. Выделение и очистка нептуния. | 1 | 1 | Х | Х | Х |
| 25 | Тема 6.4. Способы изготовления смешанного уран-плутониевого топлива: порошковый метод, метод совместного осаждения аммиаком, метод гелирования и др. Переработка облученного МОХ-топлива. | 1 | 1 | Х | Х | Х |
| 26 | **Раздел 7. Характеристика заводов по переработке ОЯТ** | **2** | **2** | Х | Х | Х |
| 27 | Тема 7.1. Краткая характеристика заводов по переработке ОЯТ. Их особенности и общие черты. Направления дальнейшего развития технологий. | 2 | 2 | Х | Х | Х |
| 28 | **Раздел 8. Неводные методы переработки ОЯТ.** | **6** | **6** | Х | Х | Х |
| 29 | Тема 8.1. Краткая характеристика неводных методов переработки ОЯТ. | 2 | 2 | Х | Х | Х |
| 30 | Тема 8.2. Газофторидная технология переработки ОЯТ. Физико-химические основы процесса. Достоинства и недостатки, границы применимо сти. Комбинированные схемы переработки ОЯТ. | 2 | 2 | Х | Х | Х |
| 31 | Тема 8.3. Пироэлектрохимическая технология переработки ОЯТ. Сущность метода. Достоинства, недостатки, границы применимости. | 2 | 2 | Х | Х | Х |
| **32** | **Итоговая аттестация** | **2** | **Х** | **Х** | **Х** | **2** |
|  | **ИТОГО** | **40** | **38** | **Х** | **Х** | **2** |

**3.3.2. Содержание обучения по профессиональному модулю (ПМ3)**

Раздел 1. *Введение. Ядерный топливный цикл. Типы реакторов и используемого в них топлива*.

Тема 1.1. Ядерный топливный цикл. Основные компоненты ЯТЦ. Замкнутый и незамкнутый ЯТЦ. Классификация по делящемуся веществу – урановый, уран-плутониевый и уран-ториевые топливные циклы.

Тема 1.2. Основные типы реакторов и используемого в них топлива. ТВЭЛы – конструкция, характеристики, требования к сердечникам и конструкционным материалам ТВЭЛов. Конструкция ТВС..

Раздел 2. *Основные характеристики ОЯТ. Хранение и транспортировка ОЯТ. Подготовка ТВЭЛ к переработке, вскрытие.*

Тема 2.1. Основные характеристики ОЯТ – состав, выгорание, активность. Коэффициент воспроизводства. Состав продуктов деления..

Тема 2.2. Подготовка ТВЭЛ к переработке. Выдержка ТВЭЛ на АЭС (способ организации и задачи). Транспортировка ТВЭЛ на РХЗ (типы транспортных контейнеров (ТУК), требования к ТУК, конструктивное исполнение). Выдержка ТВЭЛ на РХЗ (способы организации и задачи).

Тема 2.3. Вскрытие отработавших ТВЭЛов (задачи, способы, оборудование).

2.3.1. Вскрытие с разделением материала оболочки и сердечника ТВЭЛов (водно-химические методы – растворение оболочек, пирохимическое снятие оболочки, пирометаллургическое снятие оболочки, механическое снятие оболочки).

2.3.2. Вскрытие ТВЭЛов без отделения материала оболочки от сердечника (химические и механические методы). Дополнительные операции подготовки топлива к растворению.

Раздел 3. *Растворение ОЯТ. Водные методы переработки ОЯТ. Подготовка растворов ОЯТ к экстракции.*

Тема 3.1. Растворение ОЯТ.

* + 1. Растворение топлива без оболочек (металличекого урана, диоксида урана, МОХ-топлива, карбидного топлива)..
    2. Совместное растворение топлива и оболочек ТВЭЛов (уран-алюминиевое топливо, уран-циркониевое топливо, электрохимическое растворение).
    3. Оборудование для растворения ОЯТ (периодического и непрерывного действия, аппараты для электрохимического растворения).

Тема 3.2. Исторические (осадительные и экстракционные) и современные водные схемы переработки ОЯТ. Типовая схема переработки ОЯТ на РТ-1. Схема операций и потоков. Основные продукты и отходы.

Тема 3.3. Подготовка растворов ОЯТ к экстракции. Осветление растворов.

3.3.1. Состав и природа взвесей.

3.3.2. Фильтрование через намывные и насыпные фильтры.

3.3.3. Центрифугирование.

3.3.4. Использование флокулянтов для интенсификации осветления растворов.

Раздел 4. *Экстракционная аппаратура. Экстрагенты и разбавители.*

Тема 4.1. Экстракционная аппаратура – принцип действия различных типов экстракторов, их достоинства и недостатки. Смесители-отстойники, пульсационные колонны, центробежные экстракторы.

Тема 4.2. Типы экстрагентов. Тяжелые и легкие экстрагенты. Разбавители. ТБФ как экстрагент (свойства, радиационная и химическая стойкость, контроль качества и способы регенерации экстрагента).

Раздел 5. *Экстракционное разделение компонентов ОЯТ.*

Тема 5.1. Первый цикл экстракции.

5.1.1. Работа головного экстракционного аппарата. Совместная экстракция урана и плутония.

5.1.2. Поведение продуктов деления при экстракции ТБФ. Организация очистки урана и плутония от продуктов деления.

Тема 5.2. Разделение урана и плутония на реэкстракции.

5.2.1. Восстановители и стабилизаторы процесса разделения урана и плутония.

5.2.2. Железо (II) как восстановитель плутония.

5.2.3. Уран (IV) как восстановитель плутония и его использование в Пурекс процессе. Способы получения урана (IV).

Тема 5.3. Урановая ветвь. Задачи уранового производства. Экстракционный аффинаж урана.

Тема 5.4. Переработка высокообогащенного топлива. Особенности организации процесса.

Тема 5.5. Разделение нептуния и плутония на аффинажном цикле.

5.5.1. Выделение и очистка плутония. Обзор методов очистки плутония от сопутствующих элементов.

5.5.2. Способы концентрирования плутония.

5.5.3. Изотопный состав плутония и его изменения в процессе облучения в реакторе.

5.5.4. Ионообменный аффинаж плутония.

Раздел 6. *Изготовление ядерного топлива из регенерированных делящихся материалов.*

Тема 6.1. Завершающие стадии урановых процессов на заводах по регенерации ОЯТ. Накопление 232U и связанные с этим проблемы радиационной безопасности в урановых производствах.

Тема 6.2. Производство порошков диоксида урана керамического сорта. Характеристики диоксида урана.Оксалатное и пероксидное осаждение плутония. Термическое разложение соединений плутония с целью получения диоксида. Характеристики PuO2.

Тема 6.3. Выделение и очистка нептуния.

Тема 6.4. Способы изготовления смешанного уран-плутониевого топлива: порошковый метод, метод совместного осаждения аммиаком, метод гелирования и др. Переработка облученного МОХ-топлива.

Раздел 7. *Характеристика заводов по переработке ОЯТ.*

Тема 7.1. Краткая характеристика заводов по переработке ОЯТ. Их особенности и общие черты. Направления дальнейшего развития технологий.

Раздел 8. *Неводные методы переработки ОЯТ.*

Тема 8.1. Краткая характеристика неводных методов переработки ОЯТ.

Тема 8.2. Газофторидная технология переработки ОЯТ. Физико-химические основы процесса. Достоинства и недостатки, границы применимости. Комбинированные схемы переработки ОЯТ.

Тема 8.3. Пироэлектрохимическая технология переработки ОЯТ. Сущность метода. Достоинства, недостатки, границы применимости.

3.4.3. Информационное обеспечение образовательного процесса по модулю

Перечень рекомендуемых учебных изданий, Интернет-ресурсов, дополнительной литературы

1. Копырин А.А., Карелин А.И., Карелин В.А. Технология производства и радиохимической переработки ядерного топлива: Учебное пособие для вузов. – М.: ЗАО «Издательство Атомэнергоиздат», 2006. 576 с.
2. Агеенков А.Т., Ненарокомов Э.А., Савельев В.Ф., Ястребов А.Б. Подготовка облученного ядерного топлива к химической переработке. – М.: Энергоатомиздат, 1982.
3. Громов Б.В., Савельева В.И., Шевченко В.Б. Химическая технология облученного ядерного топлива. – М.: Энергоатомиздат, 1983.
4. Землянухин В.И., Ильенко Е.И., Кондратьев А.Н. и др. Радиохимическая переработка ядерного топлива АЭС. – 2-е издание, перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1989.
5. Урсу И. Физика и технология ядерных материалов. – М.: Энергоатомиздат, 1988.
6. Нигматулин И.Н., Нигматулин Б.Н. Ядерные энергетические установки. - М.: Энергоатомиздат, 1986.

**3.5. Контроль и оценка результатов освоения профессионального модуля**

Промежуточный контроль по темам проводится преподавателем. Форма контроля – контрольные вопросы по темам разделов. Промежуточный контроль позволяет выявить динамику формирования компетенций слушателей.

Итоговый контроль проводится преподавателем.Форма контроля – тестирование.

Итоговый контроль призван оценить уровень освоения следующих компетенций:

ПК 1.1.11. Знает физико-химические особенности состояния и поведения микро-компонентов в водных растворах; основные пути выделения, разделения и концентрирования радионуклидов; закономерности реакций изотопного обмена; основы химии горячих атомов.

ПК 1.1.12. Умеет использовать в процессах переработки оборудование и технологические схемы проведения процессов переработки ОЯТ.

Для принятия положительного решения об освоении компетенций модуля необходимо наличие не менее 70% правильных ответов в тесте итогового контроля.