

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
Физический Факультет

УТВЕРЖДАЮ
Декан физического факультета
МГУ имени М.В. Ломоносова
профессор



В.В. Белокуров

«20» мая 2024 г.

ПРОГРАММА
повышения квалификации
**Радиационная обработка пищевых продуктов и
испытания пищевых продуктов, прошедших радиационную
обработку**

Москва - 2024

1. Цель реализации программы

Цель программы - обучение специалистов, работающих в области испытаний пищевых продуктов, прошедших радиационную обработку, а также в области разработки рекомендательных методик по радиационной обработке для разных видов пищевой продукции.

2. Формализованные результаты обучения

Слушатели, прошедшие обучение и итоговую аттестацию, должны быть готовы к профессиональной деятельности в качестве:

- руководителя проекта по радиационной обработке пищевых продуктов;
- эксперта в области испытаний пищевых продуктов, прошедших радиационную обработку.

Обучение по программе предполагает получение образовательных результатов (знаний, умений и опыта практической деятельности) необходимых для формирования соответствующих профессиональных компетенций:

ПК1. Разрабатывать техническое задание на проведение радиационной обработки и испытаний пищевых продуктов, прошедшей радиационную обработку;

ПК2. Составлять перечень показателей пищевых продуктов, прошедших радиационную обработку и готовить экспертное заключение по результатам проведенных испытаний.

3. Содержание программы

Учебный план

программы повышения квалификации

«Радиационная обработка пищевых продуктов и испытания пищевых продуктов, прошедших радиационную обработку»

Срок обучения – 300 часов (77 аудиторных часов).

Форма обучения – очно-заочная с применением дистанционных технологий.

Индекс элемента	Наименование элементов учебного процесса, в т.ч. учебных дисциплин, профессиональных модулей	Всего часов	Всего учебных часов	Аудиторная учебная нагрузка		Самостоятельная работа, час.	Практики, стажировки, час.
				всего, часов	в т.ч. лабораторно-практические занятия, часов		
Общепрофессиональный цикл							

УД1	«Введение в радиационную обработку продуктов»	90	90	-	-	90	-
УД2	«Физика, химия и биология радиационной обработки продуктов»	40	40	35	8	5	-
УД3	«Испытания пищевой продукции, прошедшей радиационную обработку»	30	30	16	-	14	-
Профессиональный цикл в формате очного обучения*							
ПМ1	«Организация радиационной обработки и проведения испытаний пищевых продуктов, прошедших радиационную обработку»	138	40	26	15	14	98
ПМ2	«Исследование пищевых продуктов, прошедших радиационную обработку»	138	40	26	15	14	98
Итоговая аттестация		экзамен (2 час.)					
Общее количество часов							
Группа 1: УД1, УД2, УД3, ПМ1.		300	200	77	23	123	98
Группа 2: УД1, УД2, УД3, ПМ2.							

*нормативный срок обучения одного слушателя программы составляет не менее 300 ч. и складывается из набора УД общепрофессионального цикла и УД профессионального цикла, выбираемого с учётом одного из двух направлений (руководитель проекта по радиационной обработке пищевых продуктов; эксперт в области испытаний пищевых продуктов, прошедших радиационную обработку).

Учебно-тематический план
программы повышения квалификации
«Радиационная обработка пищевых продуктов и испытаний пищевых продуктов, прошедших радиационную обработку»

№ п/п	Наименование разделов и тем	Всего, час.	В том числе		Практи ка, час.	Самост оятель ная работа, час.
			лекции	практич. и лаборат. занятия		
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
Общепрофессиональный цикл						
УД1 «Введение в радиационную обработку продуктов»		90				90
1	<p>Физические основы радиационной обработки.</p> <p>1. Строение ядра. NZ-диаграмма стабильных ядер. Масса и энергия связи ядра. Энергия отделения нуклона. Модель жидкой капли. Основное и возбужденное состояние ядра. Оболочечная модель. Радиоактивность. Ядерные реакции. Фотоядерные реакции. Превращение элементов.</p> <p>2. Внешний фотоэффект. Излучение абсолютно черного тел. Гипотеза квантов. Ранние модели атома. Модель атома Бора. Понятие волновой функции. Квантово-механические операторы координаты и импульса. Соотношения неопределенности. Уравнение Шредингера. Атомные оболочки.</p> <p>3. Взаимодействие фотонов: Внутренний фотоэффект, комптон-эффект, рождение пар, коэффициенты поглощения энергии, передачи энергии, ослабления, связь с сечениями. Расчеты коэффициентов для сложных веществ. Эффективный атомный номер. Дозовые распределения в различных веществах при различных энергиях. Защитные свойства материалов. Дозовые распределения нуклидов. Взаимодействие электронов: упругое и неупругое рассеяние релятивистских и нерелятивистских электронов. Формула Резерфорда, формула Бете-Блоха. Радиационные потери. Генерация тормозного излучения. Генерация</p>	50			50	

	<p>рентгеновского излучения. Дозовые распределения электронов различных энергий в различных материалах. Защитные свойства материалов, пробег.</p> <p>4. Ионизирующие излучения. Характеристики поля излучения. Дозиметрические характеристики поля излучения. Теория полости. Ионизационные камеры. Пленочная дозиметрия. Термомолинецентная дозиметрия. Электронно-парамагнитный резонанс.</p> <p>5. Основные характеристики частиц при ускорении. Понятие ускорителя. Способы ускорения. Линейный высоковольтный ускоритель. Линейный резонансный ускоритель. Ускорители в промышленности. Ускорительные комплексы для радиационной обработки. Радионуклиды – источники ионизирующих излучений. Кобальт-60. Цезий-137. Радионуклидные комплексы для радиационной обработки.</p>					
2	<p>Химические основы радиационной обработки.</p> <p>1. Основные понятия химии. Квантово-механическая интерпретация периодического закона и периодической системы химических элементов Д.И. Менделеева. Физико-химические закономерности протекания химических реакций. Растворы. Химические свойства неметаллов и их соединения. Химические свойства металлов и их соединения. Теория строения органических соединений. Углеводороды. Химические свойства монофункциональных органических соединений. Химические свойства полифункциональных органических соединений.</p>	20				20
3	<p>Биологические основы радиационной обработки.</p> <p>1. Уровни организации живой материи. Свойства живых организмов. Клеточная теория. Строение клетки. Химический состав клетки. Обмен веществ и энергии в клетке.</p> <p>2. Цели и задачи микробиологии. Открытие микроорганизмов. Общая характеристика основных групп микроорганизмов. Морфология бактерий. Физиология микроорганизмов. Биохимические процессы, вызываемые микроорганизмами. Источники инфицирования пищевых продуктов микроорганизмами.</p>	20				20
УД2 «Физика, химия и биология радиационной обработки продуктов»		40	27	8		5
1	Цель радиационной обработки продуктов.	8	5			3

	<p>1. Безопасность пищевых продуктов, прошедших радиационную обработку. Нормирование вредных веществ в пищевых продуктах, прошедших радиационную обработку. Микробиологические показатели безопасности пищевых продуктов, прошедших радиационную обработку. Снижение уровня загрязнения пищевых продуктов микроорганизмами с помощью радиационной обработки.</p> <p>2. Дозы ионизирующего излучения, применяемые при радиационной обработке пищевых продуктов для различных целей. Цели и задачи радиационной обработки в промышленности для различных типов продуктов питания. Изменения качества и потребительских свойств различных продуктов питания после проведения радиационной обработки.</p> <p>3. Применение упаковки пищевых продуктов, подлежащих облучению. Материалы упаковки, соответствующие виду продукта и способу его обработки ионизирующим излучением. Упаковка, обеспечивающая эффективный барьер, препятствующий контаминации и заражению паразитами продукта после облучения.</p>				
2	<p>Физика радиационной обработки продуктов.</p> <p>1. Ионизация и возбуждение в молекулярных средах. Многостадийность действия ионизирующего излучения. Линейная передача энергии (ЛПЭ). Основные типы трековых образований («шпоры», «блобы», «кортки» и длинные треки).</p> <p>2. Связь пространственного распределения событий ионизации с особенностями радиационно-химических эффектов. Разброс полной поглощенной дозы, за все время обработки, по заданной области пространства. Измерение распределения дозы и ее вариабельности в материале, облученном при заданных условиях. Отношение максимальной поглощенной дозы к минимальной поглощенной дозе.</p>	9	5	4	
3	<p>Химия радиационной обработки продуктов.</p> <p>1. Дозиметрические системы в радиационной химии. Экспериментальные методы в радиационной химии. Радиационно-химический выход.</p> <p>2. Физическая, физико-химическая и химическая (гомогенная) стадии радиолиза. Образование различных поколений продуктов радиолиза. Пострадиационные эффекты.</p>	13	9	4	

	<p>Влияние фазового состояния вещества на радиационно-химические процессы. Свободные радикалы и их роль в радиационно-химических процессах. Механизмы образования, свойства и реакции свободных радикалов различных типов. Радиолиз воды и водных растворов. Первичные продукты радиолиза воды. Гидратированный электрон, гидроксильный радикал и атом водорода. Перекись водорода и «молекулярный» водород. Радиационно-химические выходы и свойства первичных продуктов радиолиза воды. Влияние различных факторов (ЛПЭ, температура, мощность дозы) на радиолиз воды. Радиолиз льда. Радиолиз воды в присутствии кислорода. Ферросульфатная дозиметрическая система (дозиметр Фрике). Радиолиз концентрированных водных растворов.</p> <p>3. Понятие об электронной доле, прямое и косвенное действие излучения в бинарных системах. Радиолиз органических соединений. Спирты. Углеводороды. Соединения с гетероатомами. Радиолиз водных растворов неорганических соединений. Первичные радиационно-химические процессы в газах. Радиолиз соединений, растворенных в воде. Позитрон в радиационной химии. Проблемы радиационной стабилизации и радиационного модифицирования биоматериалов.</p>			
4	<p>Биология радиационной обработки продуктов.</p> <p>1. Пороговая и беспороговая модели зависимости поражающего эффекта радиационного облучения от дозы. Стохастические и детерминированные поражающие эффекты от воздействия ионизирующим излучением. Особенности действия больших и малых доз ионизирующего излучения. Идея «гормезиса» в радиобиологии и радиационной биохимии.</p> <p>2. Правило Бергонье-Трибондо. Радиочувствительность тканей животного и растительного происхождения. Радиочувствительность и радиопоражаемость с учетом явления гормезиса, различия в биохимических механизмах их реализации. Причины вариабельности радиочувствительности тканей живых организмов и растений. Радиочувствительность. Радиотооксины. Радионуклиды. Действие ионизирующего излучения на микроорганизмы. Радиочувствительность основных групп микроорганизмов.</p>	10	8	2

	<p>3. Изменение морфологии и функций бактерий. Биохимические процессы, вызываемые облученными микроорганизмами. Зависимость общей обсемененности биотканей от дозы облучения. Источники инфицирования пищевых продуктов микроорганизмами. Изменения нуклеиновых кислот, белков и углеводов при радиационной обработке. Изменения дыхания клеток и изолированных митохондрий, изменения окислительного фосфорилирования в митохондриях, ядрах. Особенности радиационных изменений в отдельных системах, органах и тканях.</p>	30	16		14
<p>УДЗ «Испытания пищевой продукции, прошедшей радиационную обработку»</p>	<p>Нормативно-правовая документация, содержащая требования, действующие на территории РФ, к проведению испытаний пищевых продуктов, прошедшей радиационную обработку.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Технический регламент Таможенного Союза о безопасности пищевой продукции. Общие положения. Границы применимости. Технический регламент Евразийского Союза о безопасности пищевой продукции. Общие положения. Границы применимости. 2. Технические регламенты о безопасности пищевой продукции, рекомендованной к радиационной обработке. Требования к безопасности мяса и мясной продукции, рыбы и рыбной продукции, зерна (семян), специй, мукомольно-крупяных и хлебобулочных изделий, плодовоовощного сырья, диетической продукции. 	6	2		4
<p>2</p>	<p>Основные испытания пищевых продуктов, прошедших радиационную обработку в соответствии с техническими регламентами и стандартами, действующими на территории РФ.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Перечень испытаний пищевых продуктов с целью идентификации пищевой продукции, прошедшей радиационную обработку, с помощью методик, указанных в технических регламентах и государственных стандартах. 2. Испытание на сравнение наименования и назначения пищевой продукции, указанных в товаросопроводительной документации, с наименованием, указанным в определении вида пищевой продукции в технических регламентах и стандартах. Испытание на сравнение внешнего вида пищевой продукции, прошедшей радиационную 	14	10		4

	<p>обработку, с признаками, изложенными в определении такой пищевой продукции в технических регламентах и стандартах. Испытания на сравнение органолептических показателей (запах, вкус, цвет) пищевой продукции с признаками, изложенными в определении такой пищевой продукции в технических регламентах и стандартах. Испытания по определению химических показателей (токсикологические элементы, пестициды, антибиотики) пищевых продуктов.</p> <p>3. Испытания по определению паразитологических показателей пищевых продуктов. Испытания по определению микробиологических показателей пищевой продукции. Микробиологические нормы безопасности мяса и мясной продукции, рыбы и рыбной продукции, мяса птицы, зерна (семян), специй, мукомольно-крупяных и хлебобулочных изделий, плодовоовощного сырья.</p>			
3	<p>Дополнительные испытания пищевых продуктов, прошедших радиационную обработку.</p> <p>1. Испытание на наличие остаточной радиоактивности в продуктах, прошедших радиационную обработку. Энергетический порог ядерных реакций при взаимодействии гамма-излучения и электронного излучения. Наведенная активность. Зависимость показателя наличия остаточной наведенной активности от физико-технических параметров радиационной обработки.</p> <p>2. Испытания на измерение степени окислительных процессов в пищевых продуктах, прошедших радиационную обработку. Испытание на измерение степени окисления жиров в пищевой продукции, прошедшей радиационную обработку. Перекисное окисление липидов как основной биохимический механизм окислительных процессов в продуктах, прошедших радиационную обработку. Испытание на измерение степени окисления белков в пищевой продукции, прошедшей радиационную обработку. Испытание на определение концентрации токсичных свободнорадикальных соединений в пищевых продуктах, прошедших радиационную обработку. Испытание на измерение уровня pH продукции, прошедшей радиационную обработку, как показатель окислительных процессов, возникающих в продукции, прошедшей радиационную обработку.</p>	10	4	6
Профессиональный цикл в формате очного обучения				
ПМ1 «Организация радиационной обработки и проведения испытаний пищевых продуктов, прошедших радиационную обработку»				
УД4. Расчет дозиметрических характеристик				
		30	10	6
				14

1	<p>Расчет дозиметрических характеристик при проведении радиационной обработки.</p> <p>1. Разработка технического задания на проведение сертификационных испытаний пищевых продуктов, прошедших радиационную обработку. Аналитические методы расчета дозовых характеристик при радиационной обработке низкоэнергетичным фотонным излучением. Аналитические методы расчета дозовых характеристик при радиационной обработке высокоэнергетичным фотонным излучением. Аналитические методы расчета дозовых характеристик при радиационной обработке низкоэнергетичным электронным излучением. Аналитические методы расчета дозовых характеристик при радиационной обработке высокоэнергетичным электронным излучением. Аналитические методы расчета дозовых характеристик при радиационной обработке фотонным излучением. Численные методы расчета дозовых характеристик при радиационной обработке электронным излучением.</p>	20	8	6	6	
2	<p>Требования действующих на территории РФ и международных стандартов к проведению радиационной обработки продуктов питания.</p> <p>1. Требования, действующих на территории РФ, и международных стандартов к дозиметрическому контролю при проведении радиационной обработки пищевой продукции.</p>	10	2		8	
УД5. Организация проведения радиационной обработки и испытаний пищевых продуктов, прошедших радиационную обработку.						
1	<p>1. Требования ГОСТ 19.201-78 «Единая система программной документации (ЕСПД). Техническое задание. Требования к содержанию и оформлению</p> <p>Практика П 1 «Практика по разработке и организации проектов по проведению радиационной обработки и испытаний пищевых продуктов, прошедших радиационную обработку» (стажировка в аккредитованную лабораторию по проведению испытаний продуктов питания).</p>	10	1	9		
		10	1	9		
		98			98	

1	Составление перечня испытаний пищевых продуктов, для которых планируется применение радиационной обработки	35				35	
2	Разработка технического задания на проведение радиационной обработки пищевых продуктов.	35				35	
3	Разработка технического задания на проведение сертификационных испытаний пищевых продуктов, прошедших радиационную обработку	28				28	
ПМ2 «Исследование пищевых продуктов, прошедших радиационную обработку»							
УД6. Экспертиза пищевой продукции, прошедшей радиационную обработку.							
1	Перечень показателей пищевой продукции, прошедших радиационную обработку, в соответствии с требованиями к безопасности продукции, действующими на территории РФ. 1. Микробиологические нормативы безопасности мяса и мясной продукции, рыбы и рыбной продукции, мяса птицы, зерна (семян), специй, мукомольно-крупяных и хлебобулочных изделий, плодоовощного сырья. Паразитологические нормативы безопасности мяса и мясной продукции, рыбы и рыбной продукции, мяса птицы. Токсикологические нормативы безопасности мяса и мясной продукции, рыбы и рыбной продукции, мяса птицы. Международные стандарты безопасности мяса и мясной продукции, рыбы и рыбной продукции, мяса птицы, зерна (семян), специй, мукомольно-крупяных и хлебобулочных изделий, плодоовощного сырья.	40	11	15		14	
2	Основные показатели безопасности и качества пищевых продуктов, прошедших радиационную обработку, и методы их исследования, указанные в технических регламентах и стандартах, действующих на территории РФ. 1. Перечень основных показателей (внешний вид, консистенция, цвет, вкус, запах, микробиологические показатели, химические показатели, паразитологические показатели) безопасности мяса и мясной продукции, рыбы и рыбной продукции, мяса	5	1			4	
2		12	2			10	

<p>пшеницы, зерна (семян), специй, мукомольно-крупяных и хлебобулочных изделий, плодовоовощного сырья, указанный в технических регламентах о безопасности пищевой продукции.</p>	<p>2. Методы и методики определения основных показателей пищевых продуктов и границы их применимости. Метод «идентификация по наименованию» путем сравнения наименования и назначения пищевой продукции, указанных в товаросопроводительной документации, с наименованием, указанным в определении вида пищевой продукции в технических регламентах и стандартах. Визуальный метод сравнения внешнего вида пищевой продукции, прошедшей радиационную обработку, с признаками, изложенными в определении такой пищевой продукции в технических регламентах и стандартах. Органолептический метод сравнения органолептических показателей (запах, вкус, цвет) пищевой продукции с признаками, изложенными в определении такой пищевой продукции в технических регламентах и стандартах. Аналитические методы проверки соответствия физико-химических и микробиологических показателей пищевой продукции признакам, изложенным в определении такой пищевой продукции в технических регламентах и международных стандартах. Методики определения химических показателей (токсикологические элементы, пестициды, антибиотики) пищевых продуктов. Методики определения паразитологических показателей пищевой продукции. Методики определения микробиологических показателей пищевой продукции.</p>	<p>3. Классификация и физико-технические параметры оборудования по определению основных показателей пищевой продукции, прошедшей радиационную обработку.</p>																																																																																																																																													

3	<p>Дополнительные физические, физико-химические и биохимические показатели безопасности и качества пищевых продуктов, прошедших радиационную обработку.</p> <p>1. Показатель наличия остаточной наведенной активности в пищевых продуктах. Метод измерения наведенной активности в пищевых продуктах, прошедших радиационную обработку, с помощью бета- и гамма-спектрометров. Зависимость показателя наличия остаточной наведенной активности от физико-технических параметров радиационной обработки.</p> <p>2. Показатель степени окисления жиров в пищевой продукции, прошедшей радиационную обработку. Метод TBARS (с использованием 2-тиобарбитуровой кислоты) определения степени окисления жиров. Методика подготовки образцов для проведения анализа TBARS. Границы применимости метода. Зависимость степени окисления жиров в продуктах после радиационной обработки от физико-технических параметров радиационной обработки.</p> <p>3. Показатель степени окисления белков в пищевой продукции, прошедшей радиационную обработку. Метод Pierce bicinchoninic acid (BCA) Protein Kit Assay (с использованием бицинхониновой кислоты) определения степени окисления белков. Методика подготовки образцов для проведения анализа BCA. Границы применимости метода. Зависимость степени окисления белков в продуктах после радиационной обработки от физико-технических параметров радиационной обработки.</p> <p>4. Показатель концентрации токсичных свободнорадикальных соединений в пищевых продуктах, прошедших радиационную обработку. Прямые и косвенные методы определения концентрации свободных радикалов. Метод электронного парамагнитного резонанса (ЭПР). Определение продуктов реакций, протекавших с</p>	14	6	8
---	--	----	---	---

	участие свободных радикалов с помощью метода ЭПР-анализа. Спектрофотометрический и электрохимический методы определения концентрации свободных радикалов. Сравнение методов и их границы применимости. Зависимость концентрации свободных радикалов в продуктах после радиационной обработки от физико-технических параметров радиационной обработки.				
4	<p>5. Показатель уровня rH продукции, прошедшей радиационную обработку. Метод измерения уровня rH в пищевой продукции с помощью rH-метра. Зависимость уровня rH в продуктах после радиационной обработки от физико-технических параметров радиационной обработки.</p> <p>6. Классификация и физико-технические параметры оборудования по определению дополнительных показателей пищевой продукции, прошедшей радиационную обработку.</p> <p>Оформление экспертного заключения по результатам проведенных испытаний пищевой продукции, прошедшей радиационную обработку.</p> <p>1. Математические методы статистического анализа и обработки результатов испытаний по определению показателей пищевой продукции, прошедшей радиационную обработку.</p> <p>2. Государственные стандарты требований к содержанию и оформлению экспертного заключения по результатам проведенных испытаний пищевой продукции, прошедшей радиационную обработку.</p>	9	2	7	
	Практика П2 «Практика по составлению перечня показателей пищевой продукции, прошедшей радиационную обработку; и подготовке экспертного заключения по результатам проведенных испытаний.»	98			98
1	Подготовка экспертного заключения по результатам проведенных испытаний пищевой продукции, для которой планируется проведения радиационной обработки.	35			35

2	Составление перечня показателей, пищевой продукции, прошедшей радиационную обработку, и методик проведения испытаний, указанных в техническом задании на проведение испытаний пищевой продукции, прошедшей радиационную обработку.	35			35	
3	Подготовка экспертного заключения по результатам проведенных испытаний пищевой продукции, прошедшей радиационную обработку.	28			28	

4. Материально-технические условия реализации программы

Реализация программы планируется на базе физического факультета МГУ, практика – на базе исследовательских лабораторий организаций, осуществляющих деятельность по профилю программы в рамках реализации договоров или соглашений о научно-образовательном сотрудничестве. Для реализации программы есть необходимый аудиторный фонд, позволяющий работать с маркерной (меловой) доской, проектором, персональным компьютером. Аттестация участников осуществляется в форме экзамена. Занятия по программе проводятся дистанционно-очно с использованием материалов лекций учебных дисциплин программы.

5. Учебно-методическое обеспечение программы

Реализация обеспечивается доступом каждого слушателя к базам данных и библиотечным фондам физического факультета МГУ, по содержанию соответствующих полному перечню дисциплин из расчета обеспеченности учебниками и учебно-методическими пособиями не менее 0,5 экземпляра на одного студента, наличием методических пособий и рекомендаций по всем дисциплинам и по всем видам занятий, а также наглядными пособиями, аудио-, видео- и мультимедийными материалами. Каждый обучающийся в течение всего периода обучения обеспечивается индивидуальным неограниченным доступом к электронной информационно-образовательной среде физического факультета МГУ, в т.ч. к электронным базам данных научной периодики и к научной литературе.

6. Требования к результатам обучения

Повышение квалификации по программе заканчивается итоговой аттестацией в форме практического экзамена. Приводится перечень задач, соответствующих программе и согласованных с преподавателем. Оценка уровня освоения программы осуществляется аттестационной комиссией по пятибалльной системе. Результаты экзамена определяются оценкам «отлично», «хорошо» или «удовлетворительно». Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» означают сдачу экзамена.

7. Составители программы

Черняев Александр Петрович, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой физического факультета МГУ.