

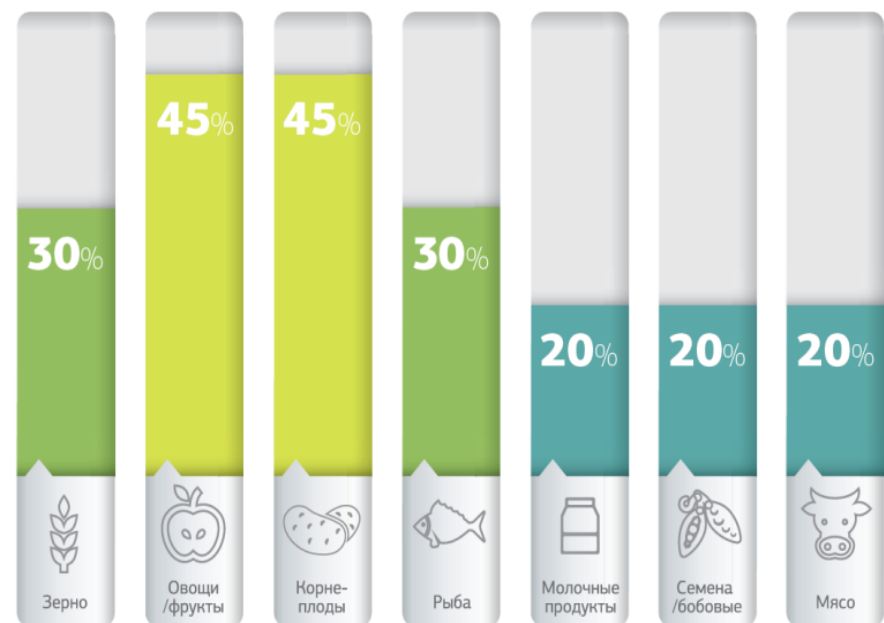
*Перспективы применения радиационных технологий в  
пищевой промышленности*



«Обучение в мире изменяющихся технологий: роль и возможности женщин-специалистов» в рамках мероприятий, посвященных 65-летию Атомной Энергетики и пуска первой в мире АЭС.



# Мировые потери продукции на всех этапах производства



Источник: Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН, 2013

По данным ФАО ООН ежегодно в мире пропадает примерно треть всех произведенных продуктов питания (**1,3 млрд. тонн**). Основные причины потерь (до 40%) связаны с поражением зерновых культур насекомыми-вредителями и микроорганизмами, преждевременным прорастанием корнеплодов, бактериальной порчей муки, мяса, рыбы и других продуктов питания в процессе хранения.

Возрастает риск появления не характерных для регионов угроз микробиологического и др. видов заражения, обусловленного тем, что сельскохозяйственное сырье и продукты питания, вследствие активного развития международных торгово-экономических связей, поступают из различных уголков земного шара.

# ОБЪЕМЫ ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ НЕ СООТВЕТСТВУЮЩЕЙ СанПиН-2.3.2.1078-01

## ФГБУ «Ленинградская МВЛ» за 9 мес. 2014 г.

1. Китай – 20 %;
2. Бразилия – 17%;
3. Норвегия - 10 %;
4. Российская Федерация – 10 %;
5. Чили – 5 %;
6. США – 4 %;
7. Вьетнам – 4 %;
8. Парагвай – 4%;
9. Таиланд – 3%;
10. Дания – 3%;
11. Индия - 3%

## ФГБУ «Приморская МВЛ»

Продукция, т		Поставщик	Превышение КМАФАнМ	Примечание
свинина	25,0	Канада	10 раз	6.03.2014 г. I кв. 2015 г.
говядина	25,0	Парагвай	2 раза + листериоз	
свинина	21,8	Бразилия	19 раз	
тушки кур	24,0	Аргентина	96 раз	

# Проблемы обеспечения микробиологической безопасности

Особенности технологий и нарушение сан-гигиенических требований при получении и изготовлении продукции, отсутствие широкого внедрения системы ХАССП, создает условия для превышения безопасного уровня ее микробиологического загрязнения.

*От желудочно-кишечных заболеваний, передаваемых через продукты питания и воду, умирают примерно*

**2,2**

**МИЛЛИОНОВ ЧЕЛОВЕК / ГОД**



Сальмонеллез: распространение, профилактика, лечение

**Сальмонелла (Salmonella)** — это инфекционная бактерия, вызывающая бактериальную дизентерию, понос, лихорадку и в тяжелых случаях с летальными исходами менингит, энцефалит.

**Основные пути заражения:**  
 пищевой — при употреблении мяса и зарезанных животных и птиц, а также яиц, прошедших недостаточную термическую обработку; контактно-бытовой — фекалии, моча, слюна и секреты, слезный пот; загрязнение воды при не мытых руках.

**Симптомы:** острое начало, тошнота, рвота, диарея, абдоминальная боль, лихорадка, головная боль, боли в мышцах и суставах.

**Лечение:** в тяжелых случаях — применение антибиотиков и электролитов, соблюдение диеты, обильное питье.

*Возрастает опасность развития смертельно опасных заболеваний при заражении через продукты питания такими патогенами, как*

**Listeria monocytogenes**

**Причины:**

- *увеличение количества людей с ослабленным иммунитетом*
- *увеличение резистентности микроорганизмов к различным химическим дезинфекторам и консервантам*

Table 1: Fatality of *L. monocytogenes* infection (CDC 2000)

Pathogen	Illnesses	Deaths	% Deaths
<i>Campylobacter</i> spp.	10,539	99	0.95
<i>Salmonella non-typhoidal</i>	15,608	553	3.54
<i>L. monocytogenes</i>	2,298	499	21.71

**В 2016 г в РФ зарегистрировано 625406 случаев возникновения кишечных инфекций**

# Радиационные технологии - альтернатива других видов инактивации (химической, тепловой и т.н.) процессов и организмов-вредителей, которые наносят существенный урон агропромышленной сфере при получении, транспортировке и хранении продуктов питания

## Исторические этапы

- 1904 г. - Самуэль Прескотт впервые описал бактерицидные эффекты ионизирующего излучения.
- 1906 г. - Дж. Аплеби и А. Бэнкс зарегистрировали во Великобритании первый патент на радиационную обработку пищевых продуктов
- 1943 г. - Радиационная технология принята для обработки продукции в армии США; с 1953 г. замена замораживания и консервирования на радиационную стерилизацию.
- 1951 г. - Национальная комиссия по атомной энергии США разворачивает широкомасштабные научные исследования РТ.
- В 50-70-е гг. – исследования РТ в западной Европе и в СССР.
- В 1958 г. Минздрав СССР разрешил облучение картофеля и зерна;
- С 1958 по 1983 гг. было разрешено облучение ряда продуктов питания (овощи, фрукты, мясо и мясные изделия, рыба, консервы, крупы, мука, специи).



**М.Н. Мейсель**

**50-60-е годы**

Институт микробиологии АН СССР

Институт биофизики АН СССР

ВНИИ консервной и овощесушильной промышленности

**70-80-е годы**

ВНИИ сельскохозяйственной радиологии



**А.М. Кузин**

*Перечень продуктов, допущенных Министерством  
Здравоохранения СССР для питания*

Наименование продуктов	Назначение облучения	Доза, крад (кГр)	Дата выдачи разрешения
Сырые мясные полуфабрикаты из говядины, свинины и кроликов, <u>упакованные в пленки</u> (опытные партии)	Подавление микроорганизмов для удлинения срока хранения (радуризация)	600-800 (6-8)	11 июля 1964 г.
Потрошенные битые куры, <u>упакованные в пленки</u> (опытные партии)	Подавление микроорганизмов для удлинения срока хранения (радуризация)	600 (6)	4 июля 1966 г.
Кулинарно- подготовленные мясные продукты (мясо жареное, антрекот) , <u>упакованные в пленки</u> (опытные партии)	Подавление микроорганизмов для удлинения срока хранения (радуризация)	800 (8)	1 февраля 1967 г.

## *Базовые требования*

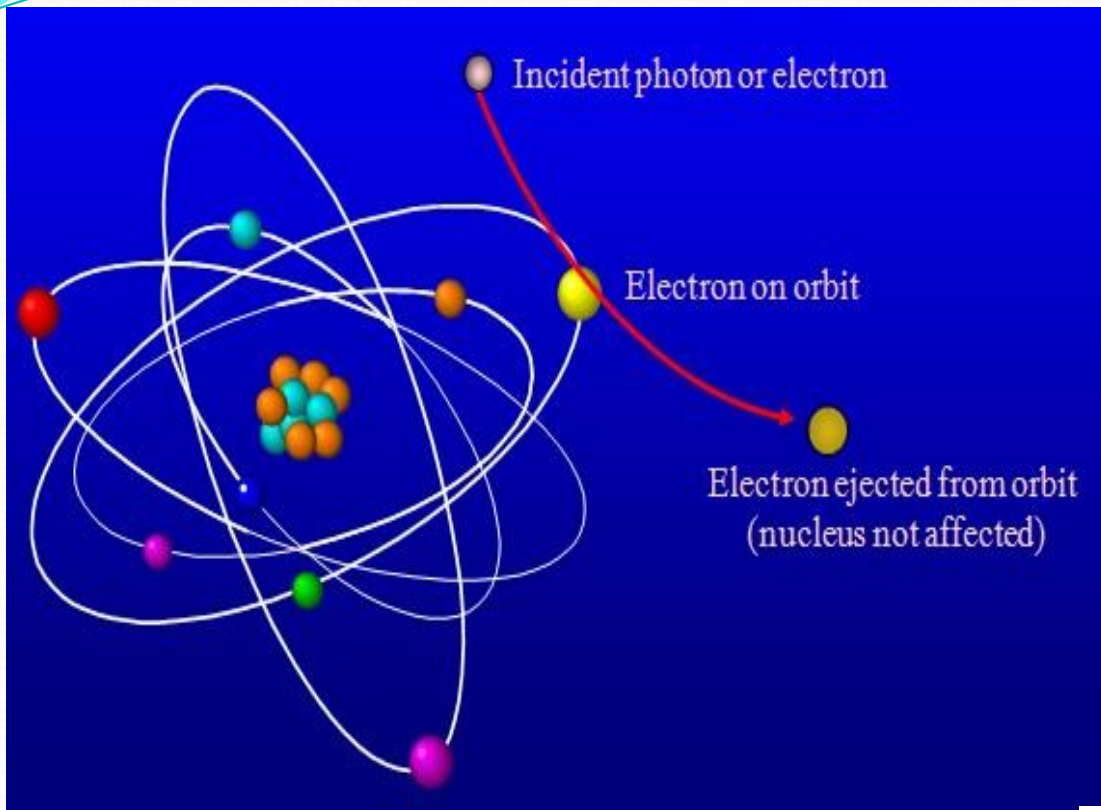
В 1970 г. 19 стран подписали Международную программу в области облучения пищевых продуктов. Создана Международная консультативная группа по облучению пищевых продуктов.

- По предложению объединенного комитета экспертов трех международных организаций (ФАО, МАГАТЭ и ВОЗ) в 1970 году было решено провести дополнительные исследования мутагенных свойств облученных пищевых продуктов. Исследования в широком масштабе проводились в течение ряда лет в США. Большая программа, финансируемая 23 странами, была выполнена в рамках международного проекта в Карлсруэ (ФРГ) по заданию МАГАТЭ.
- В 1980 г. объединенный комитет экспертов (ФАО, МАГАТЭ и ВОЗ) рассмотрел данные международного проекта по исследованию токсичности облученных пищевых продуктов и заключила, что они не более вредны, чем обычные пищевые продукты, содержащие в неуловимо малых количествах мутагены, при дозе облучения не более 10 кГр.

В 1981 г. объединенный комитет экспертов ФАО, МАГАТЭ и ВОЗ пришел к выводу о том, что облучение любого пищевого продукта с дозами, не превышающими **10 кГр**, не вызывает токсического действия и не требуются дальнейшие токсикологические исследования обработанной продукции.

В 2011 г. Комиссия Европейского Управления по безопасности пищевых продуктов (EFSA) подтвердила эффективность радиационной обработки для обеспечения микробиологической безопасности продуктов питания и перспективность использования ионизирующих излучений в агротехнологиях.

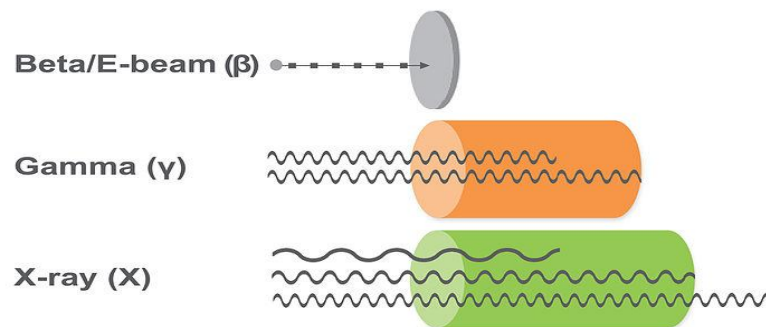
# Физические процессы при использовании ионизирующего излучения в рекомендованных режимах для обработки пищевой продукции



**Облученный продукт**  
**не становится**  
**радиоактивным!!!**

*Для радиационной обработки пищевых продуктов разрешено применять, чтобы избежать любой наведенной активности (Кодекс Алиментариус, 2007) :*

- электронное излучение с энергией
- не более 10 МэВ;
- γ-излучение:
- $^{60}\text{Co}$  ( $E = 1,25$  МэВ),
- $^{137}\text{Cs}$  ( $E = 0,66$  МэВ);
- тормозное излучение, генерируемое ускорителями с энергией не более 5 МэВ.



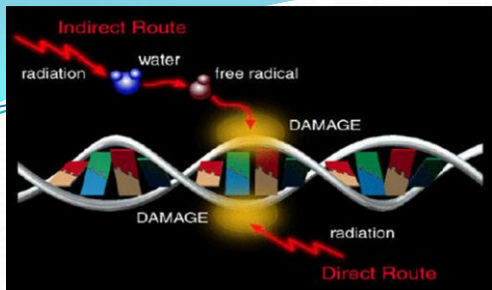


# Эффекты облучения

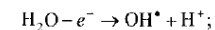
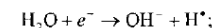
## Ионизация

## Образование радикалов

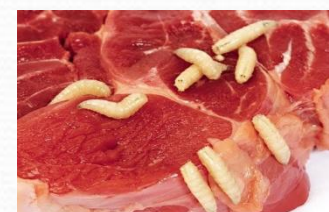
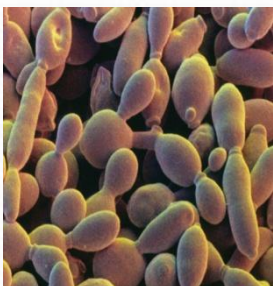
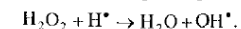
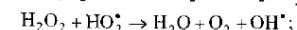
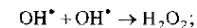
## Химические реакции



Радиолиз воды:



Образование вторичных свободных радикалов:



**Биологические эффекты:**  
**Прямое и опосредованное**  
**воздействие на геном**  
**(нерепарируемые двунитьевые**  
**разрывы молекулы ДНК),**  
**повреждение внутриклеточных**  
**структур**

**Нарушение функциональной**  
**активности и воспроизводства**  
**Гибель живых организмов**

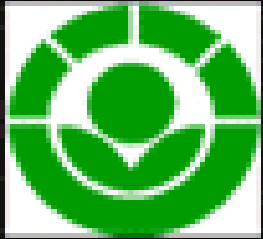
**Незначительные изменения физико-**  
**химических свойств продукта,**  
**обусловленные особенностями его состава**  
**и величиной дозы облучения**



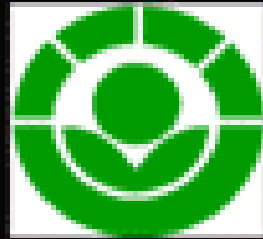
## Международная и национальные системы нормативного регулирования лучевой обработки продуктов

- Основные принципы контроля процесса изложены в CODEX ALIMENTARIUS, частности, в разделах CAC/RCP 19-1979, Rev. 2-2003, и основного стандарта CODEX STAN 106-1983, REV. 1-2003 (принципы кодекса были согласованы СССР в 1980 г.)
- На международном уровне приняты:
  - Европейские директивы об облучении пищи и с/х продукции 1999/2/ЕС и 1999/3/ЕС
  - Создана Международная консультативная группа по облучению пищи (ICGFI) под эгидой ФАО, МАГАТЭ, ВОЗ, разработавшая в 90-х-2000 гг. 23 кодекса (технологических регламента) облучения различных продуктов и с/х продукции
  - Международные стандарты облучения, контроля продуктов, установок и дозиметрии
- На национальном уровне приняты законодательные (в 16 странах) и нормативные (57 стран) акты по облучению пищи и с/х продукции





# Irradiation kills harmful bacteria to make your food safer



USDA

# Применение радиационных технологий в мире

Глобальная ситуация с применением лучевой обработки продуктов питания и использованием РТ в сельском хозяйстве



*Пищевая промышленность и сельское хозяйство – один из основных сегментов применения радиационных технологий*

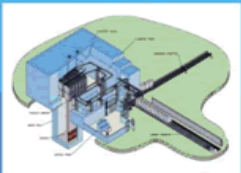


- Ежегодно в мире облучается более 800 тысяч тонн пищевой продукции: Китай (146 тыс. т), США (92 тыс. т), страны Карибского бассейна (300 тыс. т).
- Обработка более 80 видов пищевых продуктов ионизирующим излучением разрешена в 69 странах мира.
- Мировой рынок услуг по облучению продуктов питания и с/х продукции составляет ~ 2,3 млрд. долл.
- По прогнозу рынок облучения может составить к 2020 г. 4,8 млрд. долл.,
- а к 2030 г. 10,9 млрд. долл.



## Food Processing by Radiation

Gamma Rays (cobalt-60)



Gamma Rays (cobalt-60)



### Advantages

- Highly effective
- Non-residue forming
- Safety of workers & environment
- Can be applied to pre-packed commodities
- Can penetrate deeper in to tissues
- Cold process

### Safe & Wholesome

#### International Endorsement

- FAO/IAEA/WHO 1981, 1994, 1999
- WTO/ GAT 1993, 1995
- Codex Alimentarius Commission 1998, 2003
- IPPC 2003
- USFDA/ USDA-APHIS 2003
- Scientific bodies

#### National Endorsement

- DAE/ BARC Studies
- Ministry of Health, GOI
- Ministry of agriculture, GOI



### Managing Supply Chain



### Managing Post-harvest Losses



### Quarantine Treatment & International Trade



В США и других странах проводится систематическая разъяснительная реклама безвредности пищевых продуктов после их радиационной обработки.

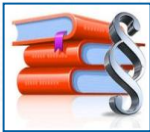
Указываются законодательные акты, международные соглашения, сопоставляются качество продуктов, подвергнутых и не подвергнутых обработке.

Все это способствует продвижению продуктов на рынки сбыта.

# Основные проблемы внедрения в РФ

Объемы производства в РФ сельскохозяйственной и пищевой продукции, для обеспечения микробиологической безопасности которой могут быть применены радиационные технологии, составляют:

- по мясным продуктам – около 10 млн. тонн в год,
- по основным овощным культурам – более 12 млн. тонн в год,
- по пищевым ингредиентам, специям и кормам – около 200 тыс. тонн в год.



Необходимость развития нормативной базы. Продолжение разработки стандартов на разные виды продукции. Гармонизация нормативной базы с международными подходами.



Отсутствие программы развития и внедрения радиационных технологий неэнергетического профиля. Программы создаются инициативными группами.



Радиофобия



РТ не встроены в технологические процессы производства, переработки и хранения продукции. Отсутствуют документы, регламентирующие процесс радиационной обработки в рамках производств.



Отсутствие логистики. Облучательские центры создаются не с точки зрения удобства логистики, а с точки зрения возможности создания. Создание «Дорожной карты».

## К настоящему времени приняты российские национальные и межгосударственные (Евразийский союз) стандарты:

- ГОСТ ISO 14470-2014 «Радиационная обработка пищевых продуктов. Требования к разработке, валидации и повседневному контролю процесса облучения пищевых продуктов ионизирующим излучением» (Основополагающий межгосударственный стандарт по облучению пищи, введенный в действие 01.01.2016 г.);
- ГОСТ 33271-2015. Пряности сухие, травы и приправы овощные. Руководство по облучению в целях борьбы с патогенными и другими микроорганизмами
- ГОСТ 33302-2015. Продукция сельскохозяйственная свежая. Руководство по облучению в целях фитосанитарной обработки
- ГОСТ Р ИСО/АСТМ 51204-2012. Руководство по дозиметрии при обработке пищевых продуктов гамма-излучением;
- ГОСТ Р ИСО/АСТМ 51431-2012. Руководство по дозиметрии при обработке пищевых продуктов электронными пучками и рентгеновским (тормозным) излучением.
- ГОСТ Р 52529-2006. Мясо и мясные продукты. Метод электронного парамагнитного резонанса для выявления радиационно-обработанных мяса и мясопродуктов, содержащих костную ткань;
- ГОСТ Р 53186-2008. Продукты пищевые. Метод электронного парамагнитного резонанса для выявления радиационно-обработанных продуктов, содержащих целлюлозу;
- ГОСТ Р 52829-2007. Продукты пищевые. Метод электронного парамагнитного резонанса для выявления радиационно-обработанных продуктов, содержащих кристаллический сахар;
- **ГОСТ 33820-2016 «Мясо свежее и мороженое. Руководство по облучению для уничтожения паразитов, патогенных и иных микроорганизмов».**
- **ГОСТ 33825-2016 «Полуфабрикаты из мяса упакованные. Руководство по облучению для уничтожения паразитов, патогенных и иных микроорганизмов».**
- **ГОСТ 34154-2017 Руководство по облучению рыбы и морепродуктов с целью подавления патогенных и вызывающих порчу микроорганизмов**

## *Основные направления применения РТ*

- *обработка пищевых продуктов для обеспечения микробиологической безопасности;*
- *продление сроков хранения: облучение картофеля, клубне- и корнеплодов для задержки прорастания при хранении, а свежих фруктов и овощей - в целях ингибирования созревания;*
- *борьба с насекомыми-вредителями (дезинсекция);*
- *обработка посевного материала для борьбы болезнями (замещение химического протравливания);*
- *предпосевная обработка для повышения урожайности культур;*
- *селекция новых сортов (радиационный мутагенез);*
- *обработка кормов и обеззараживание отходов.*





## Дозы облучения

Функция	Доза (кГр)	Облученные продукты
<b>Низкая доза (до 1 кГр)</b>		
Стимуляция семян	0,003-0,04	Семена сельскохозяйственных культур
Задержка прорастания	0,05 – 0,15	Картофель, лук, морковь и т.п.
Дезинсекция	0,15 – 1,0	Зерно, крупы, мука, сухофрукты
Задержка созревания	0,2 – 1,0	Свежие фрукты
<b>Средняя доза (1 – 10 кГр) (Радисидация, радуризация)</b>		
Увеличение срока годности	0,1 – 3,0	Фрукты, овощи, мясо, рыба
Холодная пастеризация	1,5 – 6,0	Пищевая продукция (мясные полуфабрикаты, рыбная продукция и т.д.)
Частичная стерилизация	5 – 10,0	Специи, пряности, сухофрукты и др.
<b>Высокая доза (10 – 50 кГр) (Радаппертизация)</b>		
Глубокая стерилизация	30 – 50	Пищевая продукция

## Сравнение технологий

Технология	Особенности	Обработка в упаковке
СВЧ	Нагревание продукции. Ухудшение органолептических свойств, потеря вкусовых соединений.	Да
Ультрафиолет	Ухудшение органолептических свойств, возможно изменение цвета.	Нет
Паровая обработка	Нагревание продукции. Ухудшение потребительских качеств вследствие потери термолабильных ароматических соединений, повышения влажности, термического разложения, возникновения термически индуцированных радикалов.	Нет
Химическая обработка	Возможно негативное влияние на здоровье потребителей в силу наличия остаточных химических соединений в продукте. Технология запрещена в ЕС с 1991г.	Да
Обработка ИИ	Холодный процесс. Не влияет на органолептику и другие потребительские свойства продукта. Наиболее высокая эффективность обеззараживания. Отсутствие остаточных химических соединений, безопасность работников и населения.	Да



**Благодарю за  
внимание!**