



# Применение ионизирующего излучения в пищевой промышленности. Мировой опыт и развитие технологии в России



к.б.н., главный технолог  
ООО «Теклеор»  
Чурюкин Роман

27.06.2019 / Обнинск



# Существующие проблемы

## ПОТЕРИ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

*ООН, Продовольственная и Сельскохозяйственная  
Организация:*

**25-30%** всего производства продовольствия во всем мире будет причинен вред на всех этапах производства и хранения.

**1,3 миллиардов тонн / год**

(рыбы, мяса, зерновых культур, фруктов и овощей ежегодно безвозвратно теряются при хранении и транспортировании)



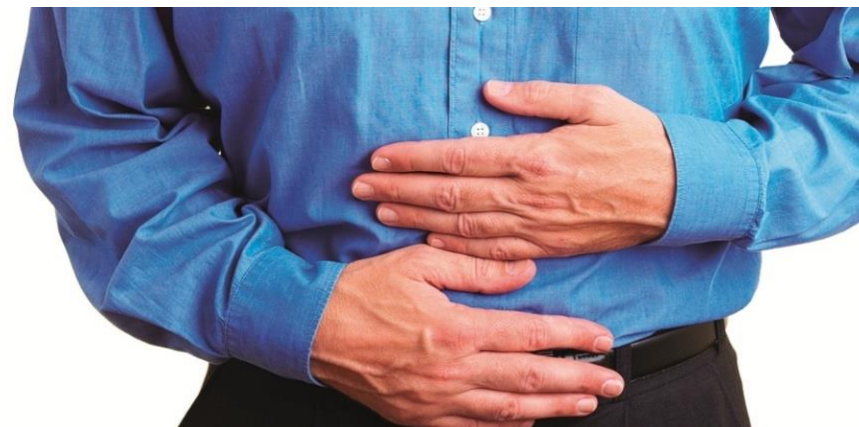
## ЖЕЛУДОЧНО-КИШЕЧНЫЕ ЗАБОЛЕВАНИЯ

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

**2,2**

**МИЛЛИОНОВ ЧЕЛОВЕК / ГОД**

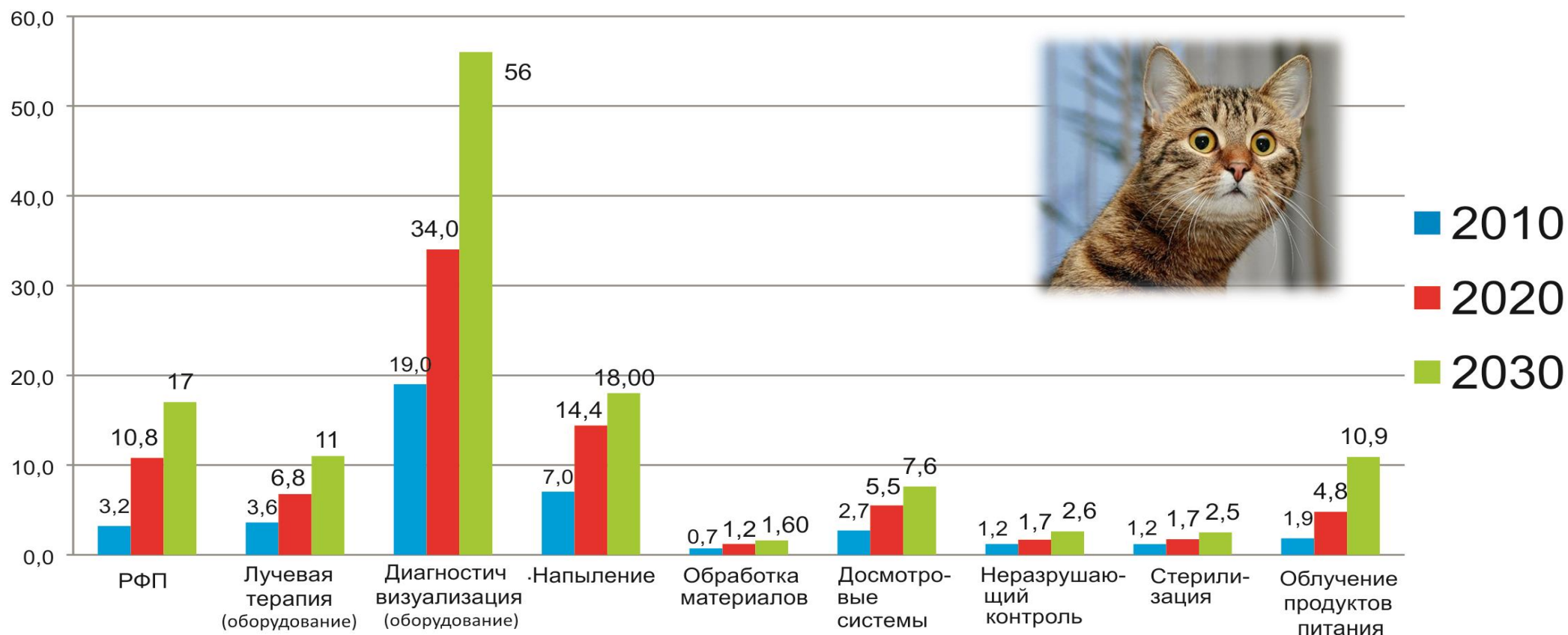
Зараженное мясо птицы! **95%** заболеваний пищевого происхождения. Согласно исследованиям Агентства по управлению здоровьем (АНСА), около 25% всего мяса птицы в продуктовых магазинах может содержать антибиотикоустойчивые стафилококки.



# Прогноз применения рынка РТ

Стабильный рост традиционных рынков применения РТ, в том числе за счет выхода на рынок новых решений для сложившихся рынков

Сформируются новые рынки, в первую очередь, под влиянием «экологической» повестки – очистка газов, переработка мусора, очистка сточных вод и др.



Источник: Центр стратегических разработок «Северо-Запад» на базе GIA, TriMark Publications LLC, Frost&Sullivan, итоговых ежегодных отчетов Varian, IBA, Siemens (2010-2011), докладов OECD/NEA, докладов МАГАТЭ (IAEA).

# О технологии: история

**1905 год**, Великобритания  
Дж. Аплеби и А. Бэнкс зарегистрировали первый патент на радиационную обработку пищевых продуктов.

(A. APPLEBY, J. BANKS. **1905**. Brit.Pat. No. 1609, Jan. 26, 1905)



**2019 год**, обработка ускоренными электронами используется в **69 странах мира**.  
Обрабатывается свыше **200 видов** пищевой продукции, существует более сотни центров обработки.

*2018, Advanced Technologies for Meat Processing*  
*2018, Food Irradiation Technologies. Concepts, Applications and Outcomes*






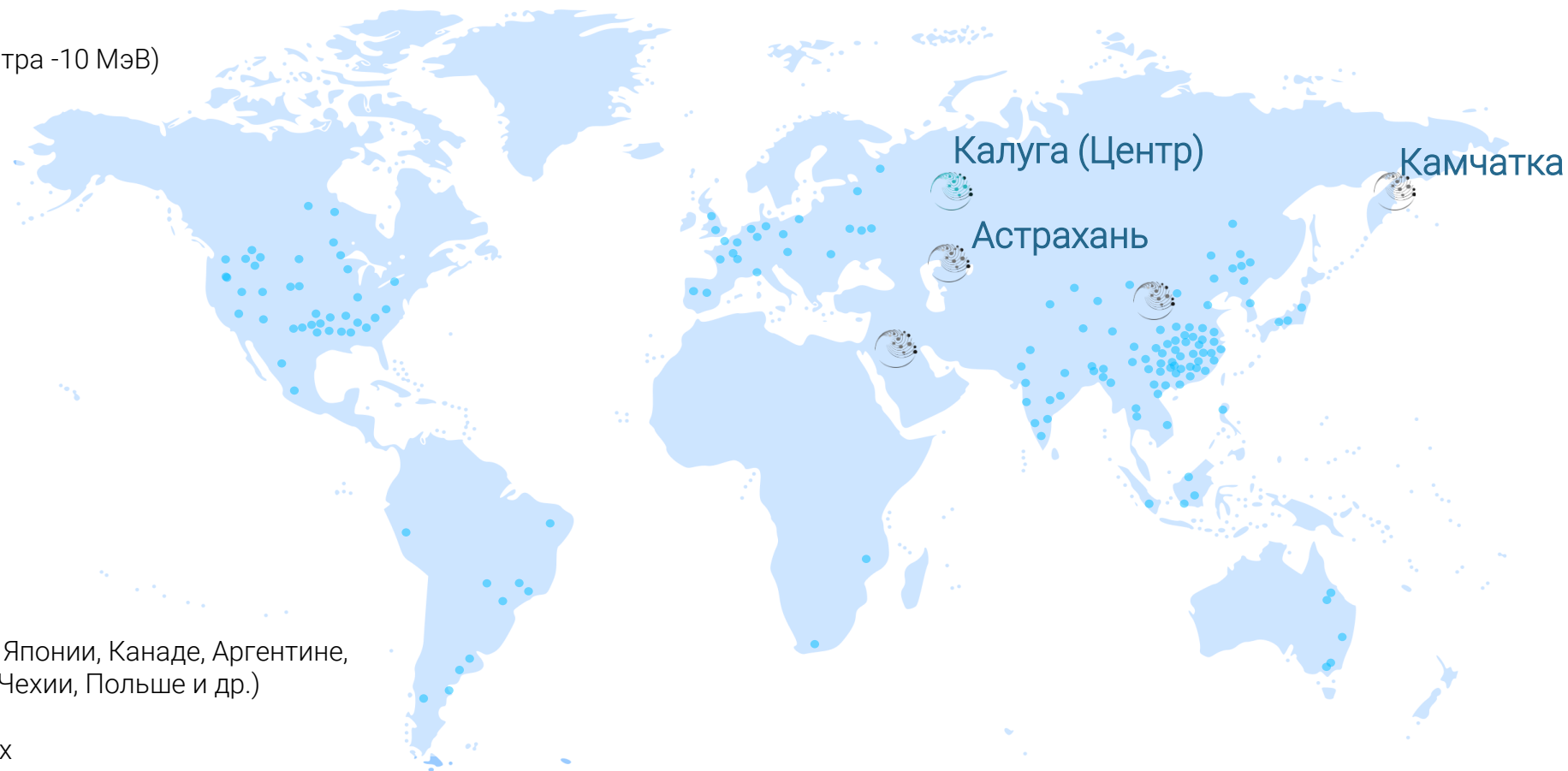
# Мировой опыт

Страны-лидеры по числу центров антимикробной и фитосанитарной обработки ионизирующим излучением (по данным МАГАТЭ, 2018):

Китай: 140 гамма установок,  
400 ускорителей электронов (72 центра -10 МэВ)  
США: ~39  
Индия: ~9  
Германия: ~5  
Франция: ~5  
Нидерланды: ~5  
ЮАР: ~4  
Австралия: ~4  
Бразилия: ~3  
Индонезия: ~3  
Украина: ~3  
Бельгия: ~2  
Мексика: ~2  
Чили: ~2  
Испания: ~2  
Бангладеш: ~2  
Тайланд: ~2  
Вьетнам: ~2,  
Россия: 1, а также центры в Англии, Японии, Канаде, Аргентине, Уругвае, Малайзии, Корее, Австрии, Чехии, Польше и др.)

Обработка применяется в 69 странах  
в т.ч. на постоянной основе: ~40 стран,

-  - действующие центры в России
-  - центры Tecleor на этапе проектирования
-  - другие аналогичные центры в мире



# Мировая практика



2005 год 2010 год



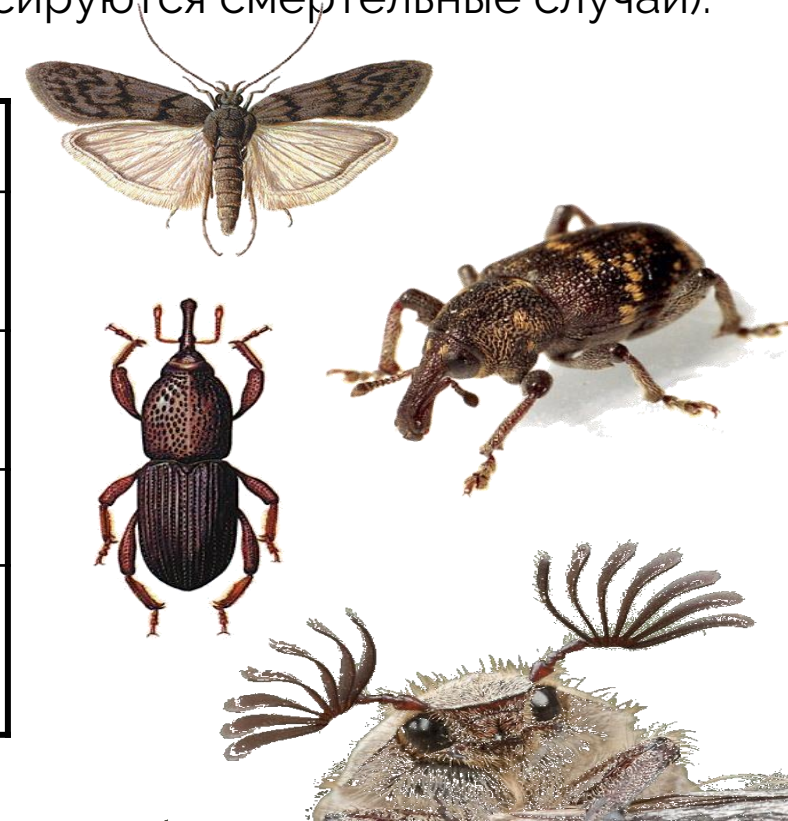
всего облученных продуктов питания в мире  
2005 год — около **300 КТОНН**  
2010 год — около **400 КТОНН**

# Компетенции: дезинсекция



- Исключение и сокращение применения химических средств
- Сокращение сроков обработки до 1 дня  
(фумигация и дегазация – 7 дней, полный цикл - 45 дней)
- Высокая эффективность обработки – **100% гибель насекомых-вредителей** зерна (фумигация не убивает жучков и клещей)
- Снижение риска отравления и смерти работников (при фумигации фиксируются смертельные случаи).

Насекомое-вредитель	Облучаемый материал	Доза, Гр
Мельничная огневка	Мука, крупа, зерно и пр.	<b>250</b>
Рисовый долгоносик	Зерно пшеницы, риса и пр.	<b>100</b>
Зерновой долгоносик	Зерно	<b>160</b>
Комплекс насекомых-вредителей	Зерно, мука, сухофрукты	<b>100-500</b>



(International..., 2003; Hallman, 2001).

# Компетенции: фитосанитарная обработка

## Коммерчески используемые дозы USDA-APHIS:



### Мексика

**150 – 400 Гр**

Карамбола, инжир, манго, манзановый перец, драконий фрукт, сладкий лайм, гуава (плодовые мушки)



### Гавайи

**70-100 Гр**

Сладкий картофель, папайя, личи, лонган, рамбутан (плодовые мушки, другие насекомые)



### Филиппины

**165 Гр**

Манго (плодовые мушки и долгоносик манго)



### Австралия

**150 Гр**

Манго (плодовые мушки и долгоносик манго)



### Индия

**400 Гр**

Манго (плодовые мухи, долгоносики)



### Пакистан

**250 Гр**

Манго (плодовые мушки)



### Южная Африка

**250 - 400 Гр**

Личи, хурма (плодовые мушки, мучные жуки)



### Таиланд

**250 - 400 Гр**

Драконий фрукт (плодовые мухи, мучные жуки). Личи, лонган и рамбутан (плодовые мушки, мучные жуки)



### Вьетнам

**400 Гр**

Драконий фрукт, личи, лонган, рамбутан



### Новая Зеландия

**250 - 400 Гр**

личи и манго, помидоры





# Компетенции: задержка созревания

Радиационная обработка фруктов, предназначенных для экспорта, – важный элемент рынка РТ стран Юго-Восточной Азии и Южной Америки



# Компетенции: задержка прорастания

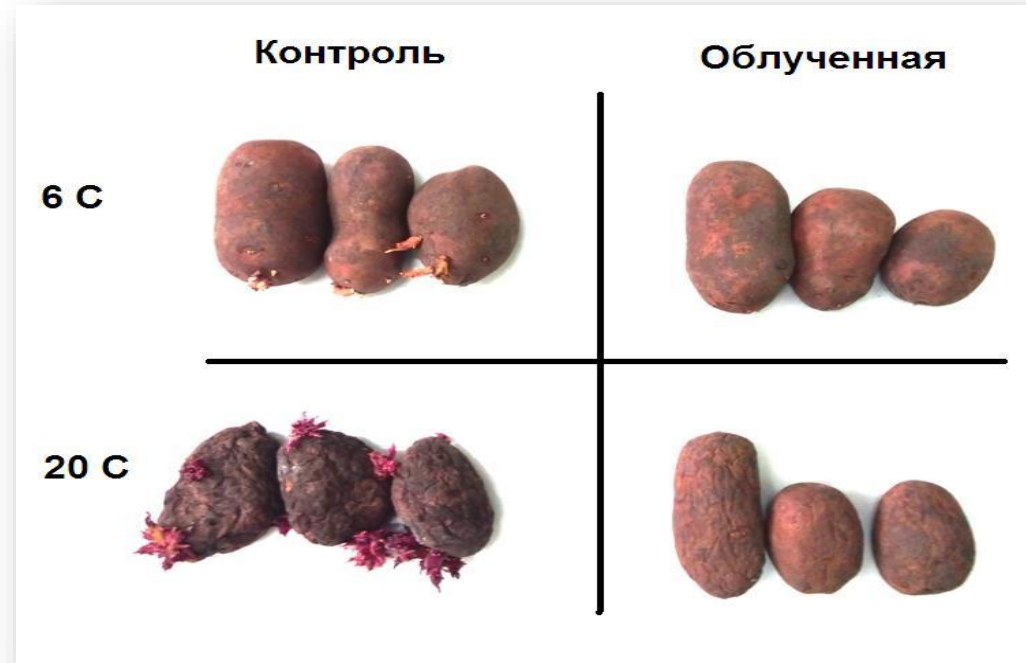
0.05 – 0.7 кГр — при облучении в октябре-ноябре,  
0.1 – 0.15 кГр — при облучении в более поздние сроки.



Состояние картофеля через 6 месяцев после облучения в дозе **0.5 кГр**



Внешний вид клубней после хранения при различных температурах в течение 5 месяцев

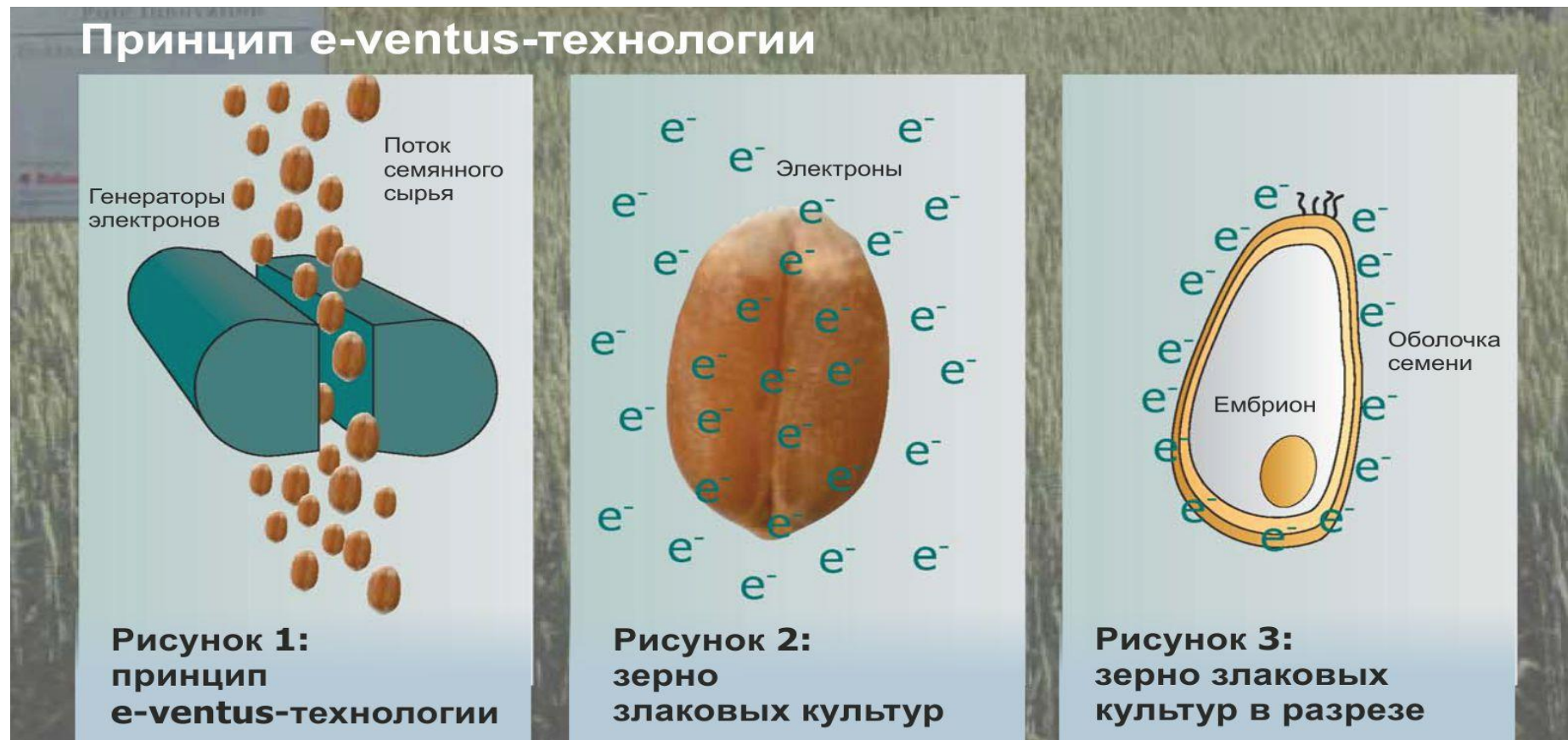


t 20 – 25°C;  
влажность – от 37 до 90%

Влияние радиационной обработки на прорастание картофеля при хранении (Левичев и др., 2013)

# Компетенции: протравливание зерна

**e-ventus**-протравливание семян злаковых культур с использованием **ускорителя низкоэнергетических электронов** (Aufs..., 2005)



замещение химического протравливания

# Компетенции: протравливание зерна

Институтом Фраунгофера (Дрезден, Германия) созданы стационарные и передвижные установки для предпосевной обработки на основе использования ускорителя электронов с энергиями от 105 до 145 кэВ (Umweltfreundliche..., 2015)



# Компетенции: технологические приемы

*Ягоды – повышение выхода сока*



*Увеличение выхода сахара*



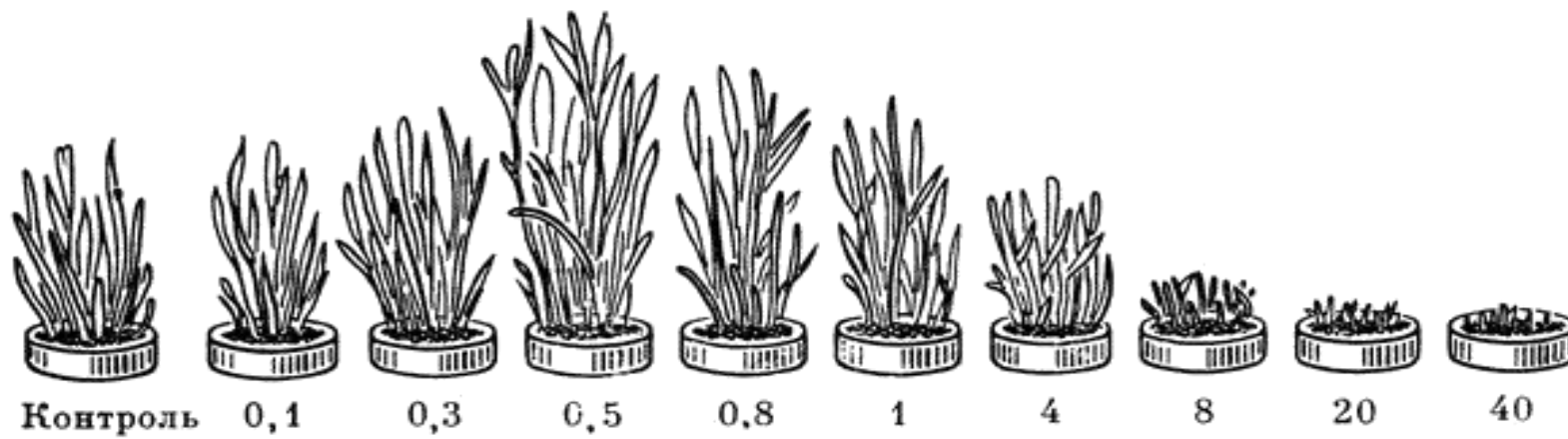
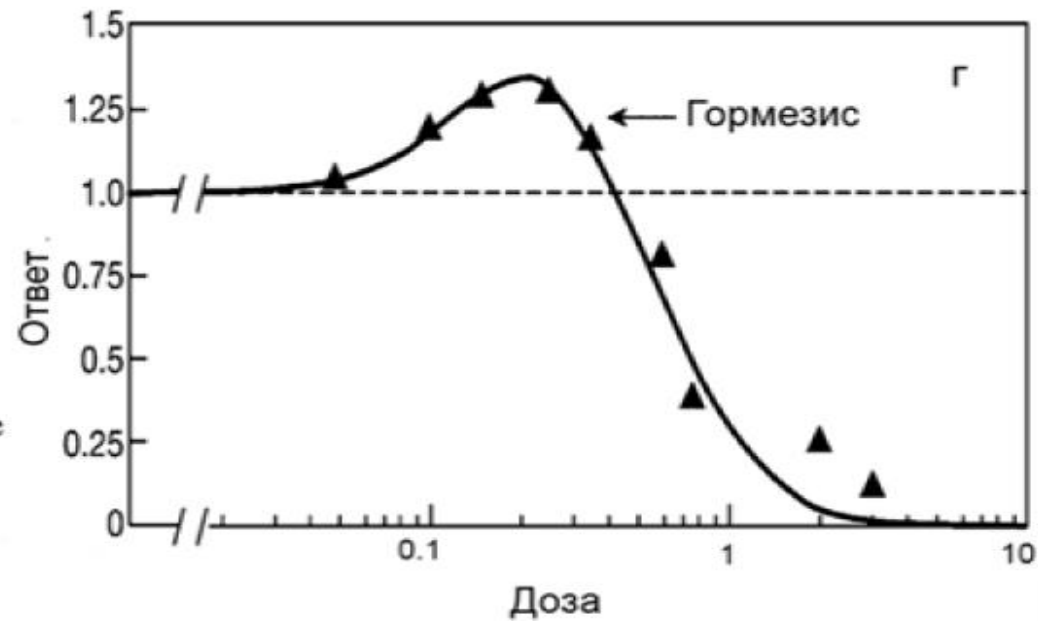
# Компетенции: радиационный мутагенез



Селекция новых сортов



# Компетенции: стимуляция роста и развития



# Компетенции: антимикробная обработка

**Пример, что дает облучение рыбы и морепродуктов, употребляемых в пищу**

**Сроки хранения различных видов рыбы после электронно-лучевой обработки (при тем-ре 0-5°С)**

Продукт	Доза, кГр				
	1	2	3	4	6
Карась	15	45	-	45	-
Ставрида	15	20	-	-	-
Моллюски	20	30	30	30	-
Красноголовка	15	30	-	45	-
Путассу	15	30	-	-	-
Скумбрия	30	30	-	-	-
Зубатка в вакуум. упаковке	15	30	-	30	-
Лещ	-	-	-	60	60
Лещ в вакуумной упаковке	15	30	-	30	-
Окунь	-	-	-	-	60

**Сроки хранения морепродуктов при 0 и 6°С**

Продукт	Доза, кГр	Сроки хранения, дн.	
		0°С	6°С
Филе морского языка, камбалы	Не облученные	4-11	3-7
	1-1,5	20-25	3-8
	2	21-42	12-18
Филе британской рыбы	Не облученные	4-6	-
	1	14-21	-
	2	21-28	-
Филе тихоокеанского окуня	Не облученные	6-7	-
	1,5- 2	25-28	-
Палтус	Не облученные	4-18	4-8
	1	14-21	-
	2	21-56	14-21
Мясо большого тихоокеанского краба	Не облученные	5-14	3-7
	1	14-35	14-21
	2	21-56	21
Крабовое мясо	Не облученные	5-14	3-7
	1	21	7-14
	2	28-42	14
Тихоокеанские устрицы	Не облученные	20	9
	1	30	11
	2	30-34	20-25



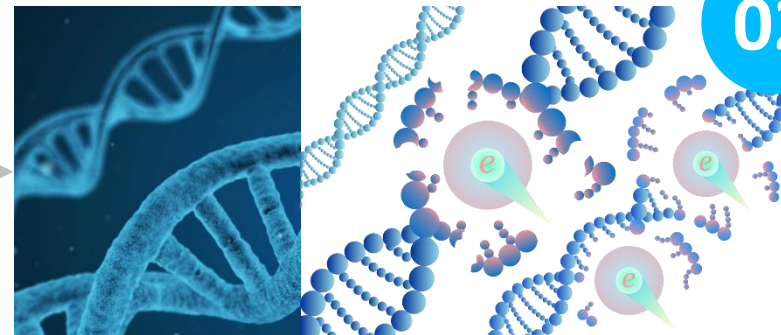
# О технологии: как это работает

Обработка уже упакованных для потребителя продуктов питания ускоренными электронами

Невосстанавливаемые повреждения молекул ДНК и РНК у присутствующих продукции микроорганизмов



01



02



04



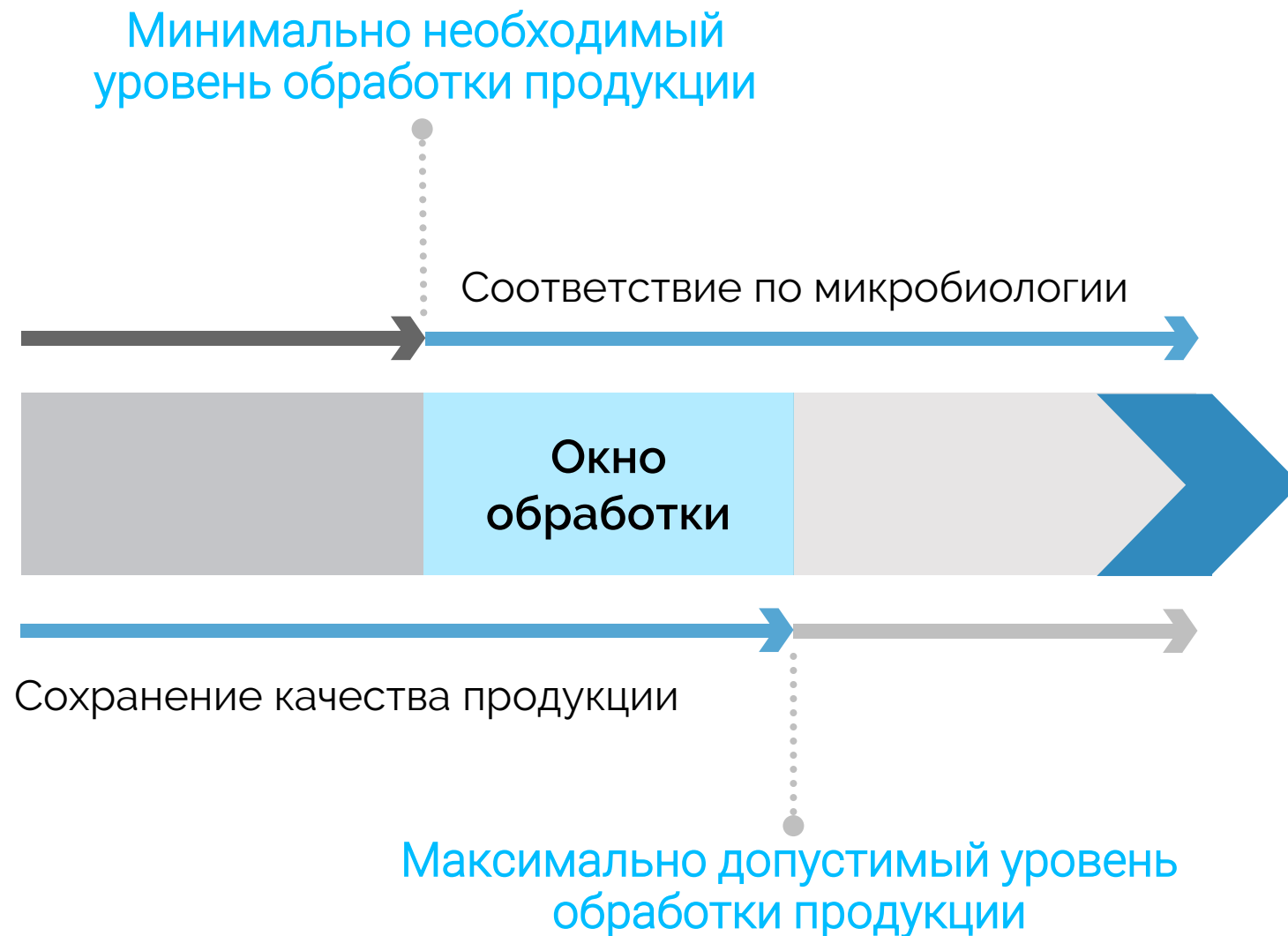
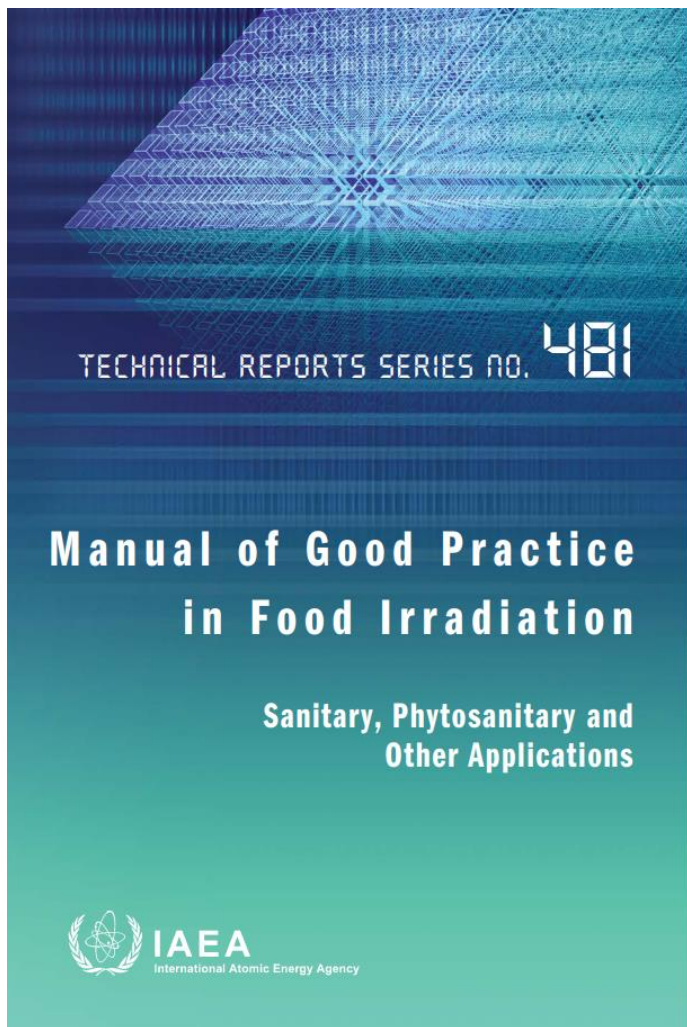
03

Микробиологическая безопасность продукции, увеличение сроков хранения и сохранение ее качества

Инактивация (неспособность к делению) и гибель микроорганизмов

# Good Practice in Food Irradiation

Соответствие всем мировым практикам и стандартам



# Технология. Основные преимущества



Самый изученный на сегодняшний день метод консервации (WHO, FAO, IAEA)



Ускоренные электроны проникают через упаковку, которая защищает продукты от последующего бактериального заражения



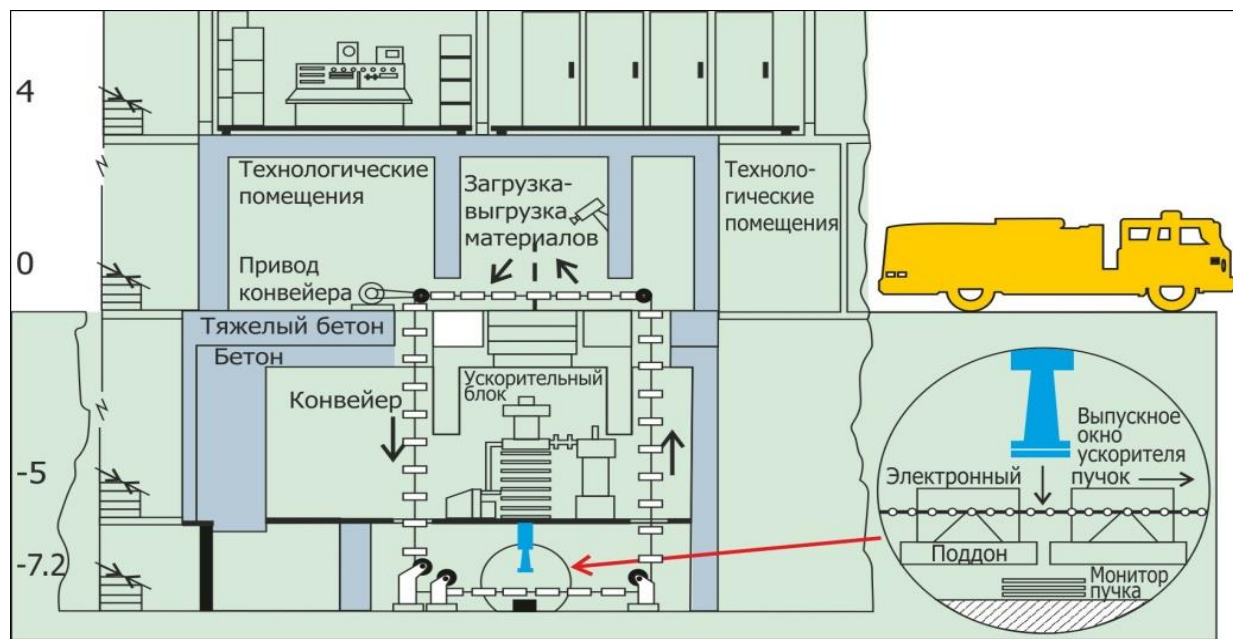
При обработке не изменяется вкус и запах



Превышение температуры в процессе обработки не превышает нескольких градусов

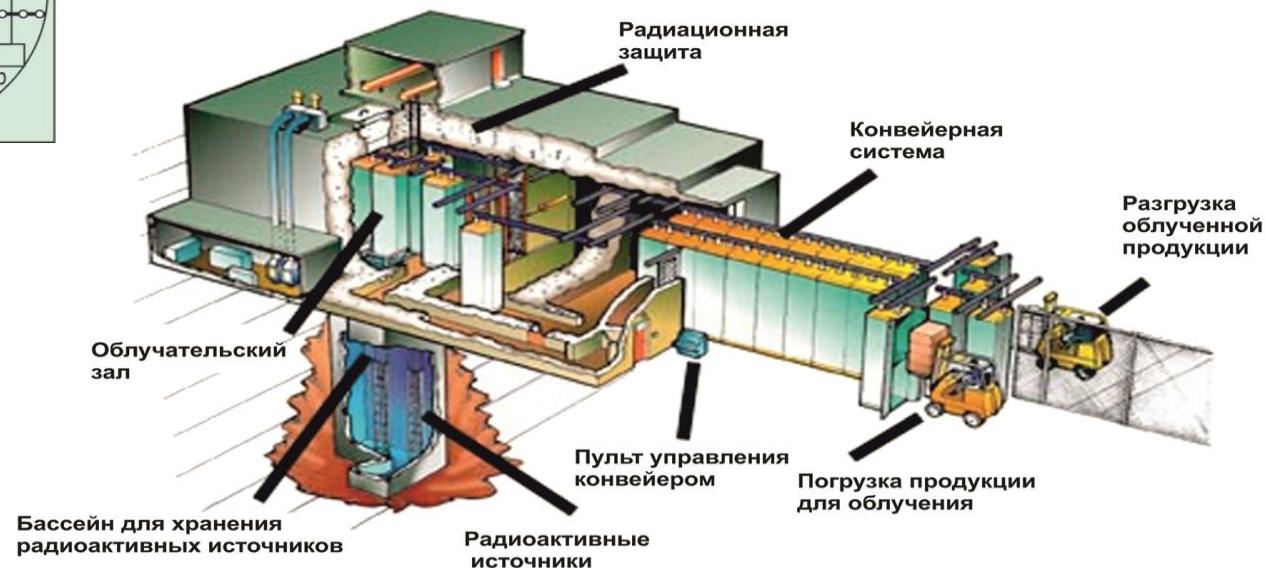
Технология не восстанавливает качество испорченных продуктов и не может заменить практику качественного изготовления пищевых продуктов (Good Manufacturing Practice, GMP).  
Часть системы HACCP.

# О технологии: E-Beam, Gamma

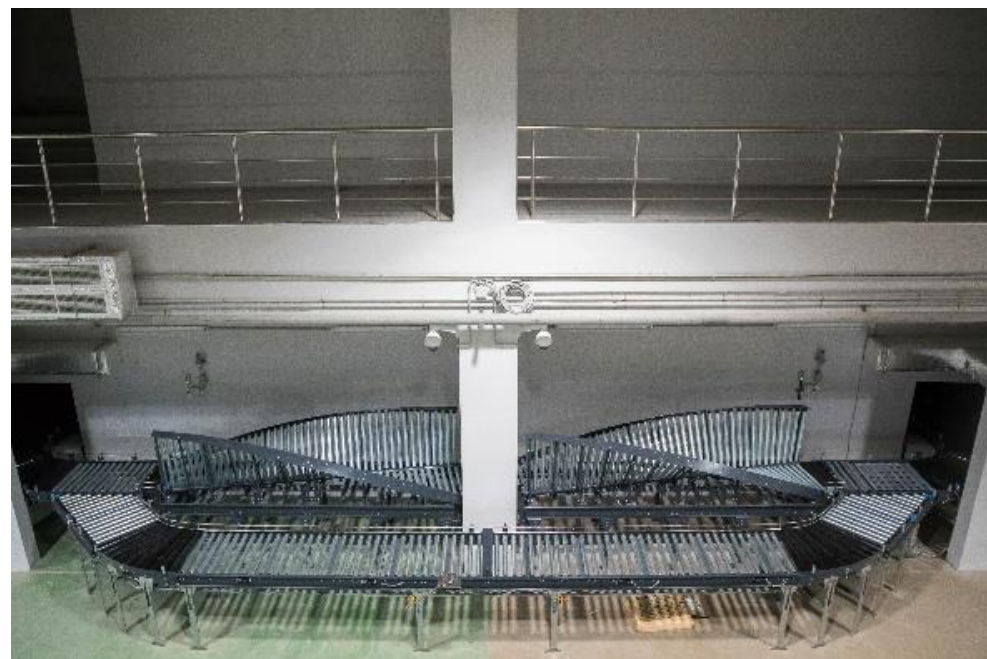
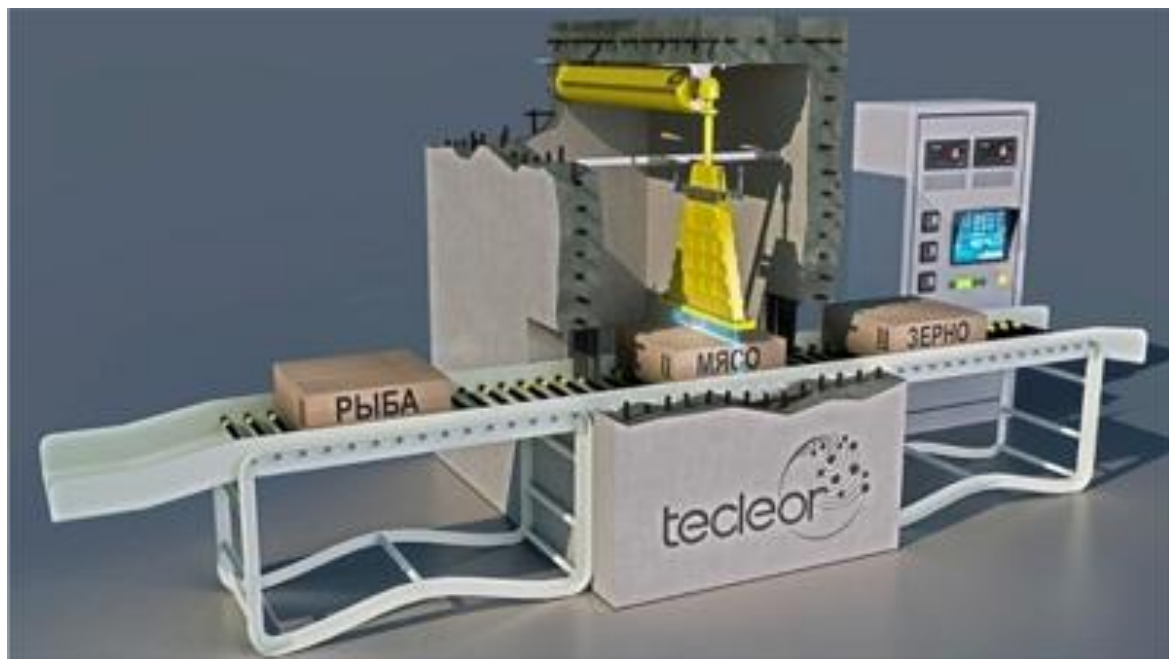


Радиационный стационарный комплекс (УЭЛВ-10-10) ГНУ «ОИЭиЯИ – Сосны» НАН Беларуси. Стерилизация, дезинсекция с/х продукции с использованием ускорителя электронов. (РБ, Сальников и др., 2013)

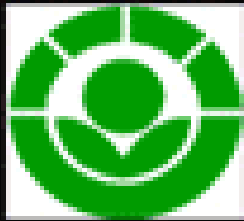
Радиационный стационарный комплекс «Nordion» (Канада) для облучения продукции сельского хозяйства и пищевой промышленности с использованием мощной  $\gamma$ -установки (Irradiation..., 2010)



# О технологии: E-Beam



# Маркировка продуктов



**Irradiation kills harmful bacteria  
to make your food safer**



# Реклама

## 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.

# Примеры



PLATE 3. Effect of 75 krad irradiation and hot water treatment (48.9°C, 20 min) on decay control in one-quarter-ripe papayas when treated. (A) Untreated; (B) irradiation only; (C) hot water only; (D) hot water plus irradiation. Note decay control only in hot water and hot water plus irradiation treatments. Photographed 9 days after treatments and storage at 23 to 27°C.

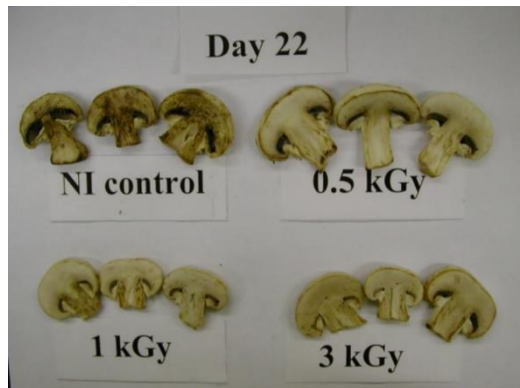


Figure 1: Non-irradiated vs. Irradiated tomatoes @ 10 days. (Gateway America, 2014).





# Примеры



Control vs. Irradiated samples 41 days after storage at 0°C (32°F).



# Обработка рыбы и морепродуктов в море

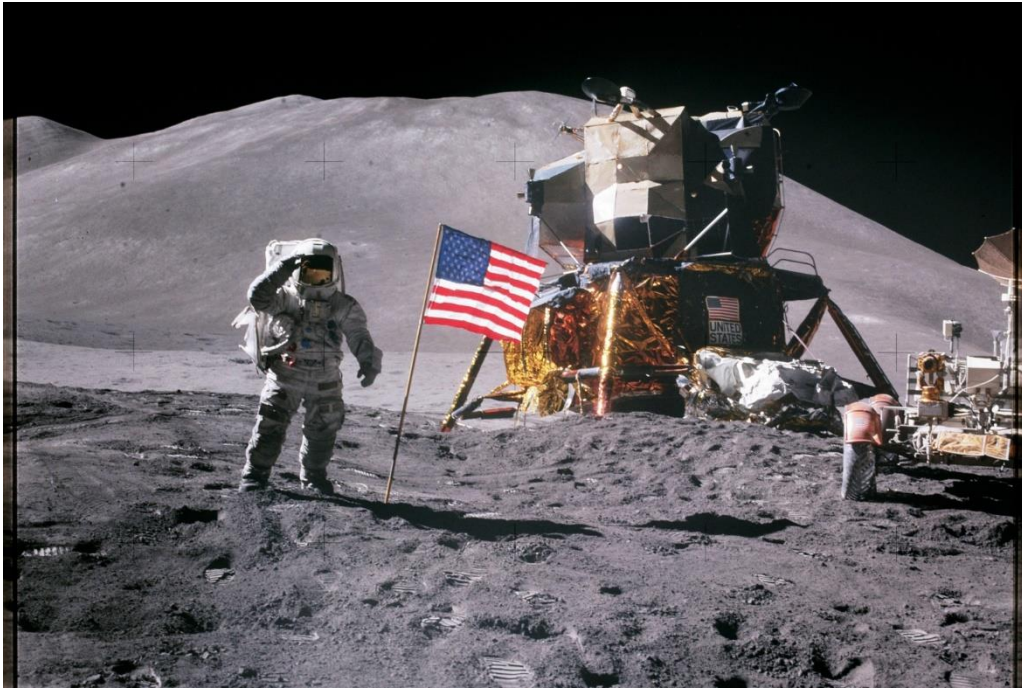
В 1966 году в трюме промышленного рыболовного судна США была установлена  $\gamma$ -установка (Собо, 27 000 Ки).

Обработка рыбы прямо в море обеспечивала наибольший антимикробный эффект, при минимальных режимах обработки. Обработанные в море охлажденные креветки как правило хранились на 20 суток больше.

Судовой облучатель также обеспечил возможность облучения охлажденной морской воды на судне.



# Космическая еда



В рационе американских астронавтов во время полета на Луну были и продукты питания, прошедшие обработку ионизирующим излучением. И сейчас во многих космических полетах использует метод холодной пастеризации продовольствия.

Космонавтам «Аполлона-17» (полет на Луну) в декабре 1972 года были предложены: запечённая ветчина, стейк из говядины, солонина и кусочки индейки.

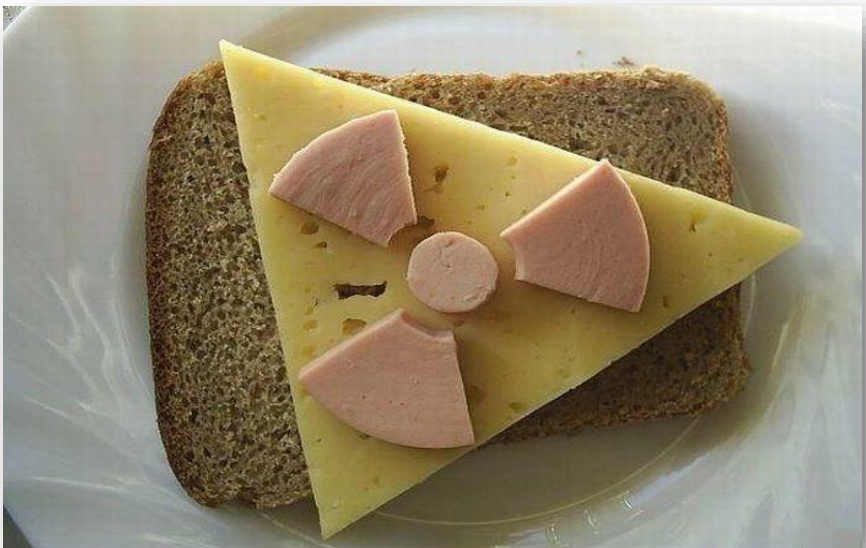


# О технологии: обнаружение продукции

## ОБЩИЕ МЕТОДЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЛУЧЕННЫХ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ CODEX STAN 231-2001<sup>1</sup>

Условия	Товар	Метод	Принцип	Тип
Определение облученной пищи	Пища содержащая жир	EN 1784:1996	Анализ углеводов методом газовой хроматографии	Тип II
Определение облученной пищи	Пища содержащая жир	EN 1785:1996	Анализ 2-алкилциклобутанона методами газовой хроматографии/ спектрофотометрии	Тип III
Определение облученной пищи	Пища содержащая кости	EN 1786:1996	Спектроскопия электронно-парамагнитного резонанса	Тип II
Определение облученной пищи	Пища содержащая целлюлозу	EN 1787:2000	Спектроскопия электронно-парамагнитного резонанса	Тип II
Определение облученной пищи	Пища содержащая соединения кремния	EN 1788:2001	Термолюминисценция	Тип II
Определение облученной пищи	Пища содержащая соединения кремния	EN 13751:2002	Фотостимулированная люминесценция	Тип III
Определение облученной пищи	Пища содержащая кристаллический сахар	EN 13708:2001	Спектроскопия электронно-парамагнитного резонанса	Тип II
Определение облученной пищи	Травы, специи, сырое рубленое мясо	EN 13783:2001 NMKL 137 (2002)	Определение облученных продуктов с использованием Техники прямого флуоресцентного фильтра/аэробный чашечный подсчет (DEFT/APC). Скрининговый метод	Тип III
Определение облученной пищи	Пища содержащая ДНК	EN 13784:2001	«Кометный анализ» (оценка повреждения ДНК) для обнаружения облученных продуктов. Скрининговый метод.	Тип III

## Б - Безопасность



**Облученные продукты не становятся радиоактивными**

**Irradiated products do not become radioactive**  
**Опромінені продукти не стають радіоактивними**  
**Los alimentos irradiados no se vuelven radiactivos**  
**Bestrahlte Lebensmittel werden nicht radioaktiv**  
**Alimentos irradiados não se tornam radioativos**  
**Озрачен храна не постане радиоактивна**  
**照射食品は、放射性なりません。**

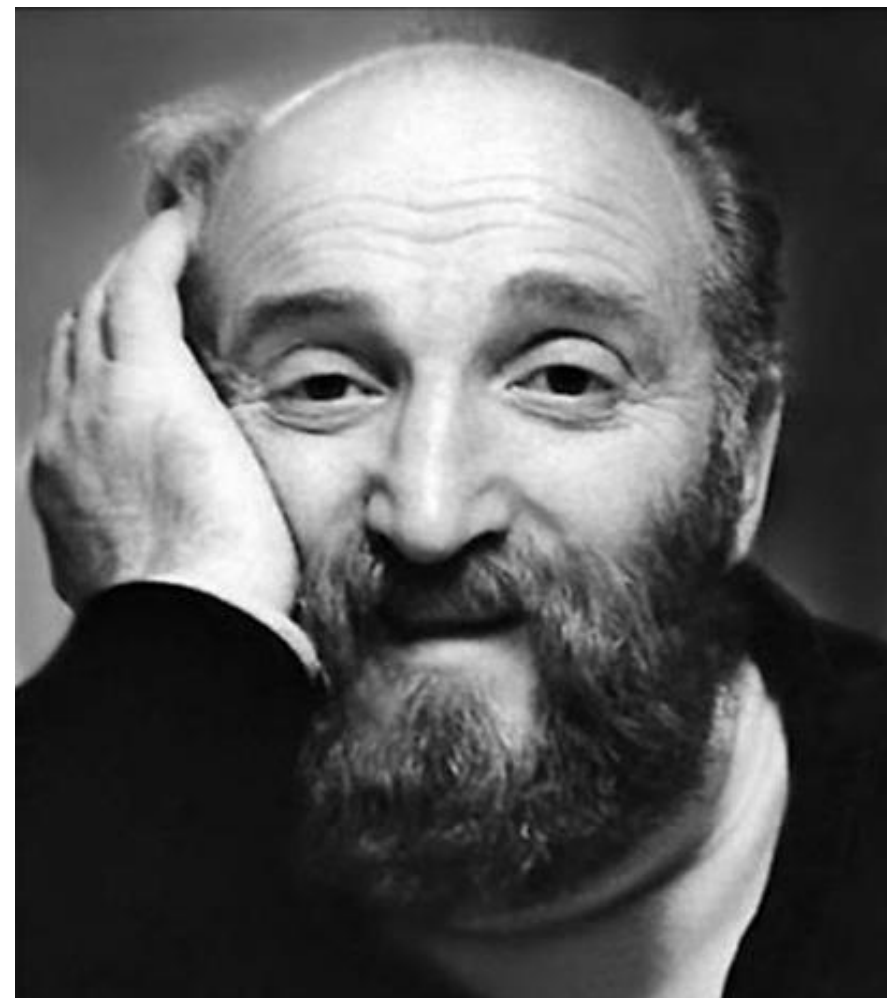


## Мнение эксперта

« Действие определенных доз радиации на бактерии и насекомых можно использовать для дезинсекции и дезинфекции зерна, стерилизации медикаментов, консервирования пищевых продуктов, обеззараживания сточных вод. Что касается самих облученных материалов, включая продукты питания, то они **не содержат никакой наведенной радиоактивности**, пользоваться ими так же безопасно, как держать в руках рентгеновский снимок ваших легких или желудка»

академик Г.И. Будкер  
(1918-1977)

**изобретатель электронного охлаждения, магнитной пробки, открытой плазменной ловушки, ускорителя встречных пучков**



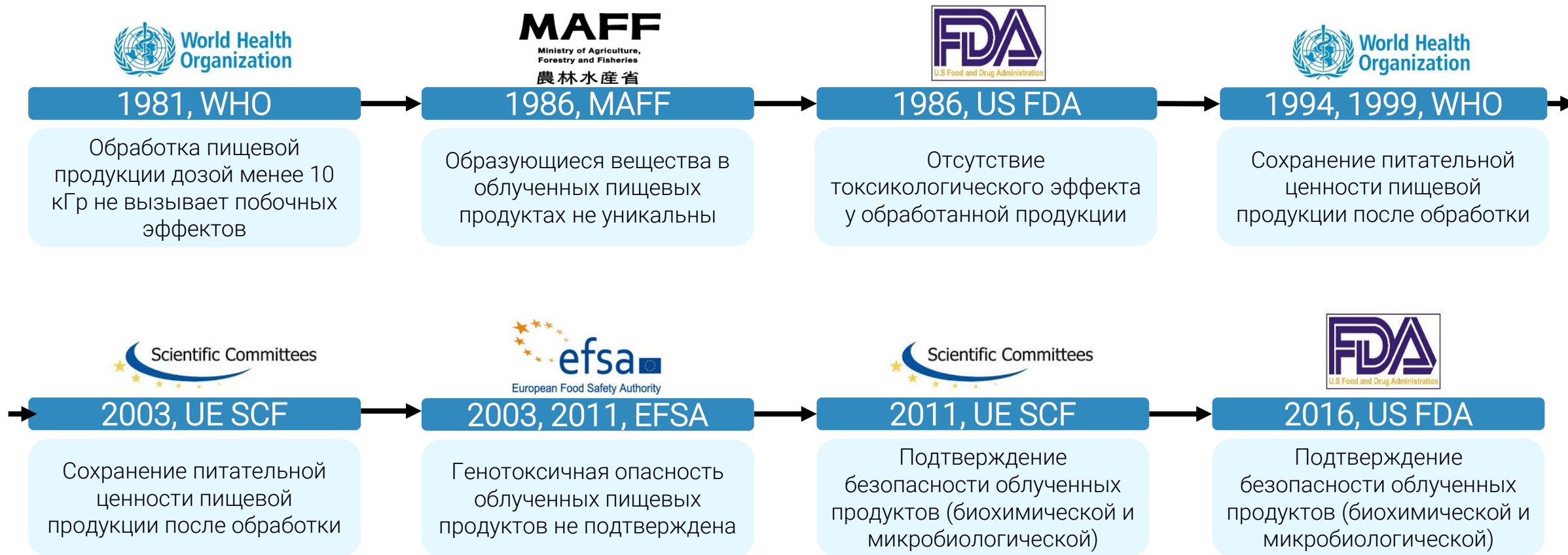
# Радиация?

**Радиоактивно загрязненный продукт** – это продукт, в составе которого в силу каких-то причин оказались радионуклиды и он (или его компоненты) обладает радиоактивностью.



**Радиационно-обработанный продукт** – не может приобрести радиоактивность, т.к. в процессе радиационной обработки нет прямого контакта радиоактивного вещества с продуктом, а допускаемая при обработке пищевых продуктов международными нормами мощность дозы гамма-излучения или электронного излучения полностью **исключает возможность появления наведенной радиоактивности.**

# Безопасность технологии



WHO – Всемирная ассоциация здравоохранения

MAFF – Министерство сельского хозяйства, лесных угодий и рыбного промысла Японии

US FDA – Управление по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов США

UE SCF – Научный комитет по проблемам продовольствия

EFSA – Европейское агентство по безопасности продуктов питания



# Китай

Более 80 центров облучают продукты питания в Китае

## Китай

За 2015 обработано >1 млн.тонн\*\*

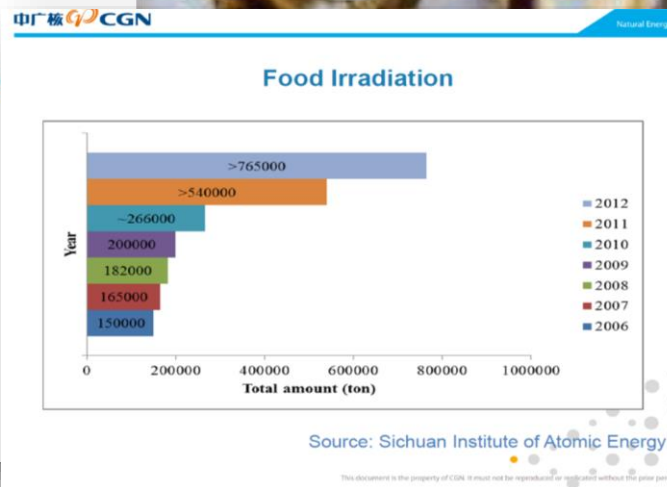
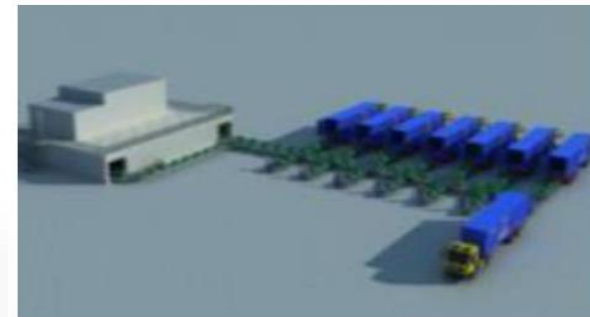
Рынок растёт на 10-15%  
ежегодно

140 гамма установок  
400 ускорителей электронов

Ускорительных центров 10Мэ

43 CGN в 9 провинциях  
17 EI Pont в 4 провинциях  
12 Kaiheng в 1 провинции

\* IMRP 2016, Презентация CGN





## А что в России?

...Нужно бежать со всех ног, чтобы  
только оставаться на месте, а чтобы куда-то  
попасть, надо бежать как минимум вдвое быстрее

# Нормативная база в РФ

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 31454-2017. Руководство по облучению рыбы и морепродуктов с целью подавления патогенных и вызывающих порчу микроорганизмов

ГОСТ 34155-2017. Руководство по дозиметрии при исследовании влияния радиации на пищевые и сельскохозяйственные продукты

ГОСТ 34156-2017. Руководство по дозиметрии при обработке пищевых продуктов гамма-излучением

ГОСТ 34157-2017. Руководство по дозиметрии при обработке пищевых продуктов электронными пучками и рентгеновским излучением

ГОСТ ISO 14470-2014. Радиационная обработка пищевых продуктов (Основополагающий межгосударственный стандарт по облучению пищи, введенный в действие 01.01.2016 г.)

ГОСТ 33800-2016. Продукция пищевая облученная

ГОСТ 33339-2015. Радиационная обработка пищевых продуктов

ГОСТ 33340-2015. Пищевые продукты, обработанные ионизирующим излучением

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 31672-2012. Продукты пищевые. Метод электронного парамагнитного резонанса для выявления радиационно-обработанных продуктов, содержащих целлюлозу

ГОСТ 31652-2012. Продукты пищевые. Метод электронного парамагнитного резонанса для выявления радиационно-обработанных продуктов, содержащих кристаллический сахар

ГОСТ Р 52529-2006. Мясо и мясные продукты. Метод электронного парамагнитного резонанса для выявления радиационно-обработанных мяса и мясопродуктов, содержащих костную ткань

# О проекте Tecleor



Первый в России Центр разработки и внедрения **Теклеор-Калуга** введен в эксплуатацию в октябре 2017.

С 2018 реализуются проекты Центров **Теклеор-Камчатка** и **Теклеор-Астрахань**



Производительность до 12 тонн/час, 30 000 тонн/год



Индивидуальный подбор режимов обработки для каждого вида продукта



Современные ускорители электронов российского производства (до 10 МэВ, до 15кВт)



9 холодильных камер с независимой регулировкой температуры от -2 до +6 С°.



Сухой склад для продукции не требующей специальных температурных режимов



Отлаженный цикл обработки продукции

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

