

**VI. Дозиметрические и спектрометрические
методы измерения и контроля**

УДК 543.614.31621.039

**ВОПРОСЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ДОЗИМЕТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ
РАДИАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ**

А.А. Громов, А.П. Жанжора, О.И. Коваленко

ФГУП «ВНИИФТРИ», Менделеево, Московская обл.
gromov_a@vniiftri.ru

В настоящей статье приводятся краткие сведения о порче продуктов питания вследствие малого срока хранения. Кратко рассмотрено действие ионизирующего излучения на биологические объекты в целях консервирования, удлинения сроков хранения продуктов, снижения обсеменённости и т.д. Приводятся данные о значениях поглощённых доз при радиационной обработке некоторых пищевых продуктов, разработанных в СССР радиационных технологиях для обработки пищевых продуктов, разработанных нормативных документах для дозиметрии пищевых продуктов и о государственных стандартных образцах поглощённой дозы.

Ключевые слова: радиационная обработка, пищевая продукция, ионизирующее излучение, поглощённая доза, дозиметрия, государственные стандартные образцы, нормативная документация.

**ISSUES OF ENSURING EFFICIENCY OF DOSIMETRIC
MEASUREMENTS DURING RADIATION PROCESSING
OF FOOD PRODUCTS**

A.A. Gromov, A.P. Zhanzhora, O.I. Kovalenko

FSUE "VNIIFTRI", Mendeleevo, Moscow region
gromov_a@vniiftri.ru

This article provides brief information about food spoilage due to short shelf life. The effect of ionizing radiation on biological objects in order to preserve, extend the shelf life of products, reduce contamination, etc. is briefly considered. Data on the values of absorbed doses during radiation treatment of certain food products, developed in the USSR radiation technologies for food processing, developed regulatory documents for food dosimetry and state standard samples of absorbed dose are presented.

Key words: radiation processing, food products, ionizing radiation, absorbed dose, dosimetry, state standard samples, regulatory documentation.

Согласно Доктрине продовольственной безопасности Российской Федерации, утверждённой Указом Президента Российской Федерации 30.01.2010 г. № 120, продовольственная безопасность Российской Федерации является одним из главных направлений обеспечения национальной безопасности страны. Стратегической целью продовольственной безопасности является

Альманах современной метрологии, 2020, № 2 (22)

обеспечение населения страны безопасной сельскохозяйственной продукцией и продовольствием.

В докладе Международной продовольственной и сельскохозяйственной организации ФАО ООН, опубликованном в 2014 году, говорится, что в среднем в мире портится 30% произведённых продуктов (около 1,3 млрд тонн). В том числе 40–50% фруктов, овощей и корнеплодов, 20% мяса и 35% рыбы. Ежегодно почти треть продуктов пропадает вследствие порчи. Миллионы людей страдают от желудочно-кишечных инфекций, передающихся через еду и воду [1].

Для России эти проблемы также актуальны. Российская ассоциация электронных коммуникаций (РАЭК) и Консалтинговая компания ТИАР-Центр подсчитали количество ежегодно выбрасываемой еды. Цифры оказались впечатляющими: магазины, плодоовощные базы, домохозяйства и др. за год выбрасывают на помойку и уничтожают 17 миллионов тонн еды на 1,6 триллиона рублей. Если разделить эту еду на всех россиян, то на каждого придётся около 120 кг продуктов в год [2].

Перспективной технологией борьбы с патогенными микроорганизмами является радиационная обработка пищевой и сельскохозяйственной продукции, она стоит в одном ряду с пастеризацией.

Физические основы радиационной обработки объектов заключаются в воздействии квантов и заряженных частиц с энергиями, намного превосходящими энергии связей орбитальных электронов в атомах и энергию химической связи. При радиационной обработке объектов это приводит к возникновению высокореакционных молекул: свободных радикалов, возбуждённых молекул и ионов. Для целей радиационной обработки пищевых продуктов применяют ионизирующее излучение с энергией, не превосходящей 10 МэВ для электронного излучения и 5 МэВ для гамма-излучения, так как при этих энергиях в облучаемом объекте не возникает наведённой радиоактивности.

Характер и степень радиационного эффекта зависят от поглощённой дозы, мощности поглощённой дозы, распределения поглощённой дозы и линейной передачи энергии в объекте. Только поглощённая объектом энергия может оказывать влияние на его состояние, поэтому существенное внимание уделяется определению количества энергии, поглощённой единицей массы облучаемого объекта.

Конечный радиационный эффект в значительной мере зависит от значения поглощённой дозы. На практике, в зависимости от радиационной технологии, используемые дозы можно условно разбить на несколько диапазонов, с каждым из которых связаны ожидаемые эффекты. Сравнительно малые дозы облучения используют для стимуляции развития и изменения регуляторных процессов в растениях. Более высокие дозы могут быть полезны для остановки или торможения развития. Ещё более высокий диапазон даёт уже

практически значимое количество радиомутаций в клетках и может быть использован в радиационной селекции растений и микроорганизмов. Большие дозы радиации применяют для лучевой стерилизации, консервирования пищевых продуктов, обезвреживания сельскохозяйственных отходов и др. В таблице 1 приведены диапазоны поглощённых доз для различных радиационно-биологических технологий [4].

Таблица 1

Диапазоны поглощённых доз при проведении различных радиационно-биологических технологий

Цель облучения	Диапазон поглощённых доз, Гр
Предотвращение прорастания картофеля, лука	50–150
Удлинение сроков хранения овощей, ягод, фруктов	1000–8000
Дезинсекция зерна	100–1000
Радуризация рыбы и рыбных продуктов	2000–4000
Стерилизация специй и других пищевых добавок (сухие лук, морковь, чеснок и т.д.)	5000–20000
Стерилизация кормов для животных	20000–50000
Половая стерилизация насекомых-вредителей	50–150
Консервирование и улучшение качества кормов	2000–30000
Удлинение сроков хранения мяса и мясных продуктов	1000–50000

Использование ионизирующего излучения для консервирования, удлинения сроков хранения продуктов, снижения обсеменённости и т.д. решает задачу достижения наиболее полной репродуктивной гибели присутствующей в объекте микрофлоры при наименьших затратах.

В качестве примера такой технологии можно привести радиационную обработку пресервов из малосолёной разделанной рыбы в заливках, изготовленных Атлант-НИРО (г. Калининград) по ТУ 15-1198-96 производства. Диапазон поглощённых доз при радиационной обработке пресервов составлял от 1 до 2 кГр. В результате такой обработки срок хранения пресервов составил 6 месяцев, по сравнению с 6 днями для необработанной продукции [5].

Сегодня в мире работает более 500 центров по облучению пищи. Более половины центров (276 шт.) расположены в Азиатско-Тихоокеанском регионе и более трети (175 шт.) — в Китае. В 69 странах разрешена радиационная обработка более 80 видов продукции. Около 40 стран проводят радиационную обработку продуктов питания. По оценкам экспертов, мировой рынок услуг по облучению продуктов питания и сельскохозяйственной продукции несколько лет назад превысил \$2,3 млрд, а к 2020 году он достигнет более чем \$4,8 млрд [1].

Подобную технологию уже более пятидесяти лет используют для стерилизации медицинских изделий однократного применения. Первый промышленный выпуск медицинских изделий, стерилизованных радиационным способом, был реализован в СССР в 1973 году на Ленинградском заводе «Лен-медполимер» на гамма-установках типа «Стерилизатор».

Существуют три радиационные технологии облучения: ускоренными электронами, гамма и рентгеновским (тормозным) излучением.

Codex Alimentarius (CAC. V. XV. Ed. 1. Rome. FAO/WHO. 1984) рекомендует применение облучения на радиационных установках при выполнении требований к параметрам излучения: энергия ускоренных электронов не выше 10 МэВ и энергия гамма- и рентгеновского (тормозного) излучения не выше 5 МэВ.

Экспертный совет FAO/IAEA/WHO (IAEA Techdoc. 1985. № 349) определил эффективные и допустимые дозы излучений для широкого круга пищевых продуктов от 0,1 до 10 кГр. Всемирная организация здравоохранения (WHO Tech. Report 659, Geneva. 1981) на основании анализа данных многолетних исследований в ведущих странах мира возможных токсических эффектов воздействия излучений на продукты питания заявила, что любой пищевой продукт, облучённый дозой не выше 10 кГр, является безвредным и может быть использован без ограничений и без дополнительной проверки его безопасности. При использовании доз более 10 кГр, безопасность пищевого продукта должна быть доказана.

Таким образом, чтобы безопасно проводить радиационную обработку пищевой и сельскохозяйственной продукции, необходима доказательная база по непревышению вышеуказанных критериев по энергии и поглощённой дозе ионизирующего излучения с учётом погрешности (неопределённости) измерений этих величин.

Измерение поглощённой дозы ионизирующего излучения является основной частью общей программы обеспечения качества на основе «Правил надлежащей производственной практики» (GMP), используемых в производстве безопасных облучённых пищевых продуктов, чётко указывающих на роль дозиметрии в обеспечении гарантий того, что облучение продукта выполнено должным образом.

Цель дозиметрии состоит в том, чтобы дать гарантию соблюдения требований по величине поглощённой дозы для каждого пищевого продукта.

С 1 июля 2013 года вступил в силу Технический регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции». Согласно п. 2, 3 и 4 статьи 7, показатели безопасности пищевой продукции установлены Приложением 5. В Приложении указано, что на территории Таможенного союза к обращению не допускается мясо птицы, мясо, мясо домашних кроликов, яичный порошок, меланж и альбумин, «обработанные красящими и пахучими веществами, ионизирующим или ультрафиолетовым излучением». Следовательно,

всю остальную пищевую продукцию обрабатывать ионизирующим излучением можно.

При облучении любого пищевого продукта минимальная поглощённая доза излучения должна быть достаточной для достижения технологической цели, а максимальная должна быть меньше такой, при которой мог бы возникнуть риск для безопасности потребителя или которая могла бы отрицательно сказаться на структурной целостности, функциональных или органолептических свойствах продукта. Максимальная поглощённая доза излучения не должна превышать 10 кГр, кроме тех случаев, когда это необходимо для получения приемлемого результата технологического процесса.

В 60–80-х годах XX века рядом НИИ (НИИ консервации и овощесушильной промышленности, НИИ питания РАМН, ИБФ МЗ СССР, НИИ гигиены, НИИЭФА и ВНИИРТ) были проведены научно-исследовательские работы по радиационной обработке более чем 18 продуктов питания. В результате токсикологических, генетических и санитарно-гигиенических исследований была установлена безвредность такой обработки для продуктов питания и потребляющего их человека. На основании полученных данных Минздрав СССР с 1958 по 1983 г. выдал разрешения на радиационную обработку разовых партий (экспериментальных и опытно-промышленных) 18 видов продуктов питания и употребление их в пищу без ограничений [3]. В таблице 2 представлены продукты питания, разрешённые Минздравом СССР и рядом зарубежных стран.

Из таблицы 2 видно, что на большинство продуктов питания разрешения в СССР были получены намного раньше других стран [4].

Таблица 2

Продукты питания, разрешённые в различных странах для употребления человеком в пищу после радиационной обработки

Продукт	Страна	Цель обработки	Источник излучения	Поглощённая доза, Гр	Год выдачи разрешения
Овощи, фрукты, пряности					
Картофель	СССР	Задержка прорастания	Кобальт-60	100	1958
	Канада	То же	То же	150	1963
	США	То же	То же	50–150	1965
Лук	Канада	То же	То же	150	1965
	СССР*	То же	То же	60	1967
	Голландия	То же	Электроны	150	1971
Сушёные фрукты	СССР	Уничтожение насекомых	То же	3000	1966
	Болгария	То же	То же	3000	1972

Продолжение таблицы 2

Продукт	Страна	Цель обработки	Источник излучения	Поглощённая доза, Гр	Год выдачи разрешения
Свежие фрукты и овощи	СССР*	Радуризация	То же	2000–4000	1964
	Болгария	То же	То же	2000–3000	1972
Грибы	Голландия	Задержка роста	Электроны, кобальт-60	2500	1969
Спаржа	Голландия*	Радуризация	Кобальт-60	2000	1969
Клубника	Голландия*	То же	Электроны, кобальт-60	2500	1969
	Венгрия	То же	Кобальт-60	2500	1973
Зерно какао	Голландия*	Уничтожение насекомых	Электроны, кобальт-60	700	1969
Пряности и приправы	Голландия*	Радуризация	То же	8000–10000	1971
	Венгрия	Кобальт-60	Кобальт-60	8000–10000	1974
Зерно и зерновые продукты					
Зерно пшеницы	СССР	Уничтожение насекомых	Электроны, кобальт-60	500–1000 300	1977 1959
	Болгария	То же	Кобальт-60	300	1972
Пшеница и пшеничная мука	США	То же	Электроны, кобальт-60, цезий-137	200–500	1966 1963 1964
	Канада	То же	Кобальт-60	750	1969
Мясо и мясные продукты					
Полуфабрикаты из свежей говядины, свинины и кролика (в упаковке)	СССР*	Радуризация	Кобальт-60	6000–8000	1964
Птица потрошёная (в упаковке)	СССР*	То же	То же	6000	1966
	Голландия	То же	То же	3000	1971
	Канада	То же	То же	2200	1976
Продукты из мяса (жареное мясо, антрекоты в упаковке)	СССР*	То же	То же	8000	1967
Другие продукты					
Концентраты из сухих продуктов	СССР	Уничтожение насекомых	Кобальт-60	700	1966

*Экспериментальные или опытно-промышленные партии продукции.

В ГОСТ ISO 14470-2014 «Радиационная обработка пищевых продуктов. Требования к разработке, валидации и повседневному контролю процесса облучения пищевых продуктов ионизирующим излучением» подчёркивается, что: «Применение настоящего международного стандарта не освобождает от соблюдения норм действующего законодательства, имеющих отношение к данному кругу вопросов». При этом особо обращается внимание на нормативные и правовые требования, которые могут существовать в отношении облучения пищевых продуктов и последующей их продажи, а также на необходимость официального разрешения на процедуру облучения продуктов.

Однако до сих пор официальных разрешений по радиационной обработке пищевых продуктов в Российской Федерации нет. Поэтому промышленного применения данной технологии не существует, проводят только лабораторные эксперименты.

В настоящее время в РФ действуют следующие стандарты по дозиметрии при радиационной обработке пищевых продуктов:

- 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 (тормозным) излучением».

Все эти стандарты носят информационный характер, так как практически все стандарты ISO и ASTM, на которые в них сделаны ссылки, не утверждены в Российской Федерации, а измерения при подготовке и проведении радиационной обработки пищевых продуктов проводят с использованием нестандартизованных калиброванных средств измерений.

Согласно ст. 5 п. 1 Закона РФ № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений», измерения, относящиеся к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, должны выполняться с применением средств измерений утверждённого типа. В нашем случае, согласно пункту 3 статьи 1: осуществление деятельности в области обороны и безопасности государства; осуществление деятельности в области использования атомной энергии, радиационная обработка пищевой продукции относится к сферам государственного регулирования, а продовольственная безопасность Российской Федерации, как отмечалось выше, является одним из главных направлений обеспечения национальной безопасности страны.

В 2016 году Межгосударственным советом по стандартизации метрологии и сертификации (МГС) принят «План разработки межгосударственных нормативных документов об обеспечении единства измерений при радиационной обработке пищевых продуктов. Государство разработчик — Россия».

Разработка этих межгосударственных нормативных документов проводилась ФГУП «ВНИИФТРИ». Согласно Плану разработаны и утверждены следующие межгосударственные документы:

- ГОСТ 8.664-2019 «ГСИ. Пищевые продукты. Радиационная обработка пищевых продуктов. Требования к дозиметрическому обеспечению»;
- РМГ 144-2019 «ГСИ. Обеспечение единства измерений поглощённой дозы ионизирующего излучения при облучении пищевых продуктов. Общие требования»;
- РМГ 145-2019 «ГСИ. Установки радиационно-технологические с радионуклидными источниками излучения для облучения пищевых продуктов. Методика аттестации по поглощённой дозе в продукции»;
- РМГ 146-2019 «ГСИ. Установки радиационно-технологические с ускорителями электронов для облучения пищевых продуктов. Методика аттестации по поглощённой дозе в продукции».

Все вышеперечисленные межгосударственные нормативные документы приняты Евразийским Советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол № 122-П от 30 сентября 2019 г.). В ходе реализации Плана МГС был утверждён Межгосударственный стандартный образец поглощённой дозы фотонного и электронного излучений (сополимер с 4-диэтиламиноазобензоловым красителем) СО ПД(Э)-1/10, который внесён в Реестр МСО под номером 2089:2017.

ГОСТ 8.664-2019 устанавливает конкретные требования:

- к методикам измерений;
- средствам измерений и индикаторам;
- средствам контроля условий облучения и параметров радиационно-технологических установок с радионуклидными источниками излучения и ускорителями электронов;
- технике безопасности при производстве работ;
- персоналу, проводящему дозиметрические измерения;
- дозиметрии при пусконаладочных работах;
- отработке технологии радиационной обработки пищевых продуктов;
- аттестации радиационно-технологической установки;
- аттестации радиационно-технологической установки по поглощённой дозе в пищевых продуктах;
- организации дозиметрического контроля при проведении процесса радиационной обработки пищевых продуктов;
- проведению внеочередной аттестации радиационно-технологической установки;
- дозиметрическому контролю при проведении процесса радиационной обработки пищевых продуктов;
- входному контролю продукции, поступающей на обработку;
- текущему контролю параметров радиационно-технологической установки;

- приёмочному дозиметрическому контролю;
- документации на процесс радиационной обработки.

РМГ-144 содержат общие требования к обеспечению единства измерений поглощённой дозы ионизирующего излучения при радиационной обработке пищевых продуктов, РМГ 145 и 146 содержат требования и процедуры по аттестации радиационно-технологических установок по поглощённой дозе в пищевой продукции, подвергаемой обработке гамма-, электронным или рентгеновским (тормозным) излучением.

Для электронного или рентгеновского (тормозного) излучения:

1. Измеряют параметры установки, определяющие её пригодность для использования, такие как:
 - ширина развёртки пучка;
 - наиболее вероятная и средняя энергии ускоренных электронов;
 - зависимость поглощённой дозы от скорости конвейера;
 - пропорциональность показаний монитора тока пучка к мощности поглощённой дозы;
 - воспроизводимость установления перечисленных выше параметров по показаниям контрольно-измерительного оборудования радиационно-технологической установки при перестройке режимов работы и при её повторных включениях.
2. При аттестации радиационно технологической установки по поглощённой дозе в продукции устанавливают:
 - возможность облучения объектов в заданном диапазоне поглощённых доз от $D_{\text{мин}}$ до $D_{\text{макс}}$;
 - коэффициенты пропорциональности $K_{\text{мин}}$ и $K_{\text{макс}}$, определяющие связь между поглощённой дозой в контрольной точке и минимальной и максимальной поглощённой дозой в продукции, соответственно, при регламентированных условиях облучения;
 - погрешности измерений $D_{\text{мин}}$ и $D_{\text{макс}}$ с учётом погрешности измерения стандартного образца при приёмочном дозиметрическом контроле в процессе облучения пищевой продукции;
 - минимальное $V_{\text{мин}}$ и максимальное $V_{\text{макс}}$ значения скорости перемещения пищевой продукции под выходным окном ускорителя;
 - диапазон допустимых значений поглощённой дозы в контрольной точке при приёмочном дозиметрическом контроле в процессе облучения пищевой продукции.

Для РТУ с радионуклидными источниками излучения:

1. Возможность облучения объектов в заданном диапазоне поглощённых доз — от $D_{\text{мин}}$ до $D_{\text{макс}}$.

2. Коэффициенты пропорциональности $K_{\text{мин}}$ и $K_{\text{макс}}$, определяющие связь между поглощённой дозой в контрольной точке и минимальной поглощённой дозой, а также между поглощённой дозой в контрольной точке и максимальной поглощённой дозой в пищевой продукции при регламентированных условиях облучения.
3. Минимальное $t_{\text{обл.мин}}$ и максимальное $t_{\text{обл.макс}}$ время облучения пищевой продукции (длительность нахождения объектов в рабочей зоне или длительность выдержки объекта в каждой позиции облучения).

В настоящее время в РФ метрологическое обеспечение всех радиационных процессов, в частности радиационной обработки пищевой и сельскохозяйственной продукции, осуществляется с применением пяти типов стандартных образцов поглощённой дозы ионизирующего излучения, разработанных для дозиметрических измерений в радиационных технологиях. В таблице 3 представлены краткие характеристики, а на рис. 1 — внешний вид этих стандартных образцов.

Таблица 3

Серийно выпускаемые стандартные образцы
поглощённой дозы утверждённого типа

Тип стандартных образцов	Диапазон, кГр	Вид излучения	Погрешность, %
СО ПД(Ф)Э-5/50 ГСО 7904-2001 МСО №1757:2012	5–50	γ , β , e	3–7
СО ПД(Ф)Р-5/50 ГСО 7865-2000 МСО №1735:2011	5–50	γ , β , e	7–12
СО ПД(Ф)Р-30/200 ГСО 7903-2001	30–200	γ , β , e	7–15
СО ПД(Э)-1/10 ГСО 8916-2007 МСО №51:2017	1–10	γ , β , e	7–15
СО ПД (ДТС)-0,05/10 ГСО 9447-2009	0,05–0,6 1–10	γ	3–7 7–15

Стандартные образцы поглощённой дозы ионизирующего излучения разработаны и утверждены в соответствии с ГОСТ 8.315-97 «Государственная система обеспечения единства измерений. Стандартные образцы состава и свойств веществ и материалов. Основные положения». Аттестация каждой партии стандартных образцов осуществляется по разработанной и утверждённой для каждого стандартного образца методике аттестации. В этой методике описывается применяемое оборудование, методы отбора образцов,

методы построения градуировочных зависимостей поглощённой дозы ионизирующего излучения от оптической плотности стандартного образца в соответствующем диапазоне поглощённых доз, оценка составляющих систематической погрешности аттестации и измерения, расчёт погрешности аттестованной характеристики и оценка погрешности измерения с помощью стандартного образца в рабочих условиях применения.



Рис. 1. Внешний вид стандартного образца поглощённой дозы ионизирующего излучения

Метрологические исследования на ряде радиационно-технологических установок (РТУ), проводящих радиационную обработку отдельных видов продукции, показали, что часто требования производителя по обеспечению установленных норм при обработке пищевой продукции ионизирующим излучением, которые обеспечивали бы её качество, эффективность и безопасность, не выполняются. Приведём некоторые примеры.

Большинство производителей пищевых продуктов, проводящих радиационную обработку выпускаемой продукции, несмотря на отсутствие официального разрешения, в качестве норм на облучение используют рекомендации FAO/МАГАТЭ/ВОЗ, т.е. проводят облучение продукции поглощённой дозой не более 10 кГр. На практике эти предприятия отработку технологии облучения не проводят, а облучают ящики с продукцией поверхностной поглощённой дозой 10 кГр, не подозревая или не обращая внимание на то, что внутри ящика доза принимает как большие, так и меньшие значения. На рисунках 2, 3 и 4 представлены распределения поглощённых доз при реальном облучении продукции, из которых видно, что ни одно из этих облучений продукции не соответствует критерию по максимальному значению поглощённой дозы, равному 10 кГр [6].

А потребители такую продукцию употребляют, не подозревая о её потенциальной опасности.

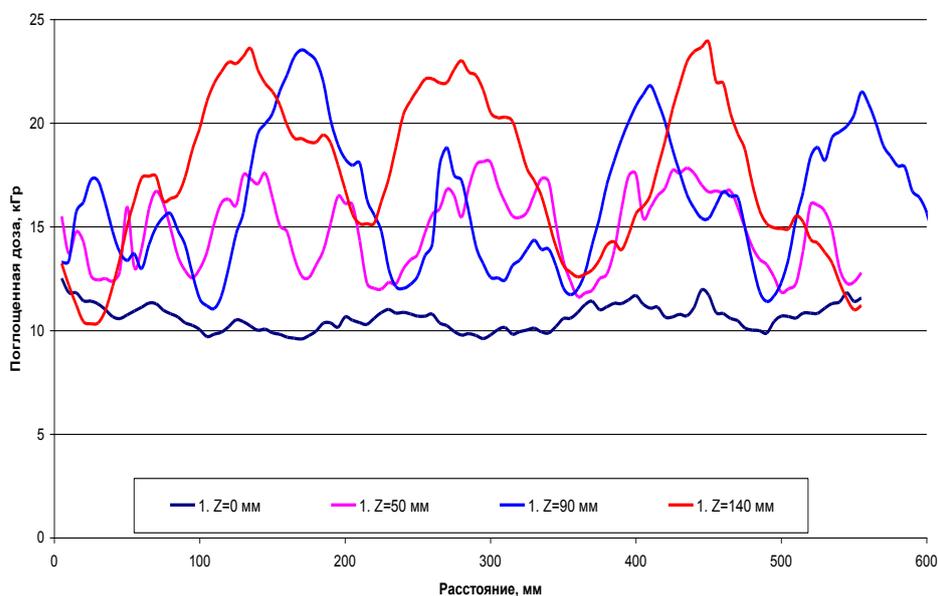


Рис. 2. Распределение поглощенной дозы в продукции «Фитокомплекс»

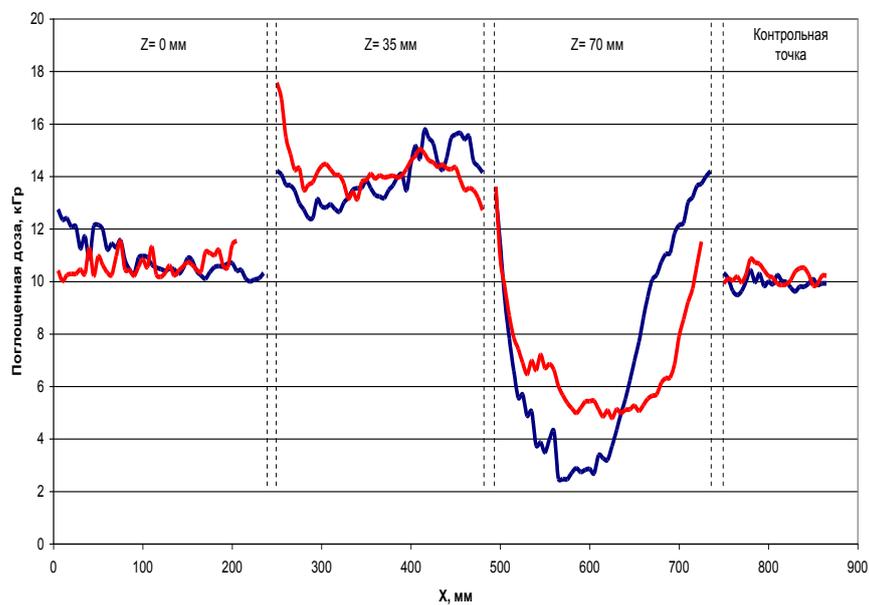


Рис. 3. Распределение поглощенной дозы в продукции «Фукуса экстракт сухой»

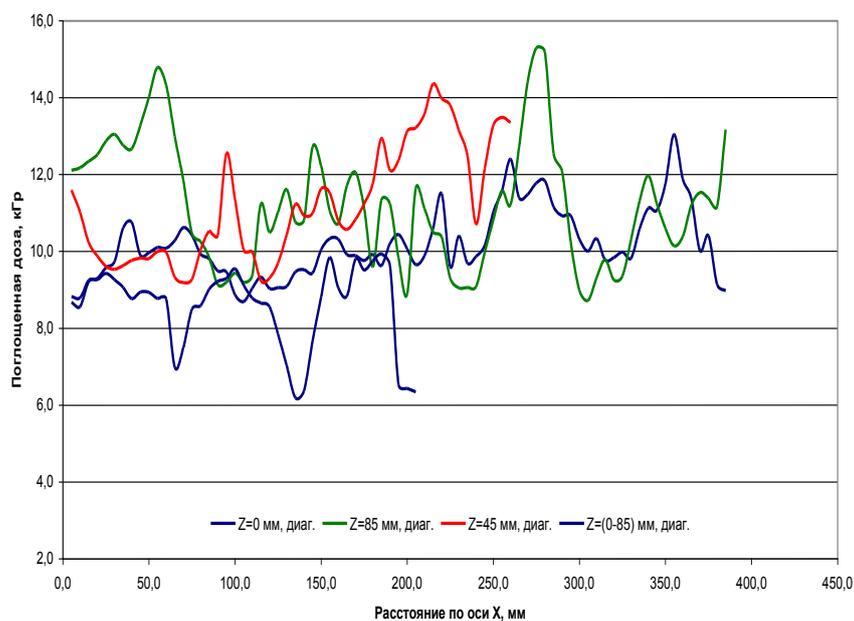


Рис. 4. Распределение поглощенной дозы в продукции «Трава тысячелистника» в фильтр-пакетах

Вопрос применения радиационной обработки пищевой продукции, в части обеспечения её безопасности, становится очень острым, и отставание нашей страны от мирового уровня возрастает.

Следует отметить, что нормативно-техническая база для обеспечения эффективности дозиметрических измерений при проведении радиационной обработки пищевой продукции находится в удовлетворительном состоянии. Однако для применения данного перспективного технологического процесса необходимо получить официальное разрешение на обработку пищевой продукции ионизирующим излучением, подготовить нормативные документы по разработке технологических регламентов по проведению этих процессов.

Выполнение этих задач даст возможность проводить радиационную обработку пищевых продуктов качественно и эффективно и обеспечить безопасность продукции для потребителя.

Литература

1. Мартынова А. «Суперсила» ионизирующего излучения: делать еду безопасной [Электронный ресурс] // Атомный эксперт: сетевой журнал. 2018. № 1 (62). URL: https://www.dropbox.com/s/c4p10oqossr6l64/AE_%231_2018_web.pdf?dl=0. Дата обращения: 18.10.2019.
2. Сигида А. Просрочкой можно прокормить 30 млн россиян [Электронный ресурс] // Мир НОВОСТЕЙ: сетевой журнал. 2019. № 43 (1347). URL:

- mirnov.ru/ekonomika/potrebitelskii-gynok/prosrochkoj-mozhno-prokormit-30-mln-rossijan.html. Дата обращения: 18.10.2019.
3. Никитюк Д.Б., Хотимченко С.А., Багрянцева О.В. Вопросы нормирования качества и безопасности облучённой пищевой продукции / Сборник докладов Международной научно-практической конференции «Радиационные технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности: состояние и перспективы». Обнинск: 26–28 сентября 2018. 356 с.
 4. Каушанский Д.А., Кузин А.М. Радиационно-биологическая технология. М.: Энергоатомиздат, 1984.
 5. Обеспечение единства измерений в радиационных технологиях / под общей ред. П.А. Красовского. М.: ВНИИФТРИ, 2007. 255 с.