ISNN:2181-1296



SHAROF RASHIDOV NOMIDAGI SAMARQAND DAVLAT UNIVERSITETI

САМАРКАНДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ШАРОФА РАШИДОВА

SAMARKAND STATE UNIVERSITY NAMED AFTER SHAROF RASHIDOV

ILMIY AXBOROTNOMA

НАУЧНЫЙ ВЕСТНИК
SCIENTIFIC JOURNAL

ANIQ VA TABIIY FANLAR SERIYASI

Matematika, Mexanika, Informatika
Fizika, Kimyo, Biologiya, Geografiya

№ 1/1 (137)
2023

ISSN 2181-1296

ILMIY AXBOROTNOMA

НАУЧНЫЙ ВЕСТНИК SCIENTIFIC JOURNAL

2023-yil, 1-son (137/) ANIQ VA TABIY FANLAR SERIYASI

Matematika, Mexanika, Informatika, Fizika, Kimyo, Biologiya, Geografiya

Samarqand viloyat matbuot boshqarmasida ro‘yxatdan o‘tish tartibi 09-25.
Jurnal 1999-yildan chop qilina boshlagan va OAK ro‘yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR **R. I. XALMURADOV, t.f.d., professor**
BOSH MUHARRIR O‘RINBOSARLARI: **H.A. XUSHVAQTOV, f-m.f.d., dotsent**
A. M. NASIMOV, t.f.d., professor

TAHRIRIYAT KENGASHI:

ANIQ FANLAR

SH.A.ALIMOV - O‘zFA akademigi
S.N.LAKAYEV - O‘zFA akademigi (SamDU)
M.M.MIRSAIDOV - O‘zFA akademigi
A.S.SOLEEV - f.-m.f.d., professor (SamDU)
I.A.IKROMOV - f.-m.f.d., professor (SamDU)
B.X.XO‘JAYAROV - f.-m.f.d., professor (SamDU)
A.G.YAGOLA - f.-m.f .d., professor (Moskva davlat universiteti, Rossiya)
I.I.JUMANOV - f.-m.f .d., professor (SamDU)
X.X.XUDOYNAZAROV - t.f.d., professor (SamDU)
ALBERTO DEL BIMBO - Florensiya universiteti professori, Italiya
L.SABIROV - f.-m.f .d., professor (SamDU)
A.JUMABOYEV - f.-m.f .d., professor (SamDU)
N.N.NIZAMOV - f.-m.f.d., professor (SamDU)
O.Q.QUVONDIQOV - f.-m.f.d., professor (SamDU)
I.A.RAXMATULLAYEV - f.-m.f .d., professor
A.SH.YARMUXAMEDOV - f.-m.f.n., (SamDU)
X.S.XAYDAROV - f.-m.f .n., dotsent (SamDU)

TABIY FANLAR

M.X.ASHUROV - O‘zFA akademigi
N.B. FERAPONTOV - k.f .d., professor (Moskva davlat universiteti, Rossiya)
SH. M. TUGIZOV - professor, Koliforniya universiteti, AQSh
H. I. AKBAROV - k.f.d., professor (O'zMU)
E. A. ABDURAXMONOV - k.f.d., professor (SamDU)
N. K. MUXAMADIYEV - k.f.d., professor (SamDU)
L. A. BULAVIN - Kiev milliy universiteti professori, Ukraina
X. Q. XAYDAROV - b.f.d., professor (SamDU)
Z. I. IZZATULLAYEV - b.f.d., professor (SamDU)
Sh. T. XOLIQULOV - g.f.d., professor (SamDU)
S. B. ABBASOV - g.f.d., professor (SamDU)
Q. S. YARASHEV - g.f.d., professor (SamDU)
GUN-SIK PARK - Seul univeriteti professori, Koreya
D.B.XURSANOV - g.f.f.d., dotsent (SamDU)
M. S. QUZIYEV - b.f.f.d., dotsent (SamDU)

Obuna indeksi – yakka tartibdagi obunachilar uchun **- 5583,**
tashkilot, korxonalar uchun **- 5584**

MUNDARIJA

Faraz Mehmood, Soleev A. *New generalization of ostrowski-grüss like inequality on time scales*……..	2-9
Alimov A.A. *On the properties of solutions of a nonlinear filtration problem with a source and multiple nonlinearities*.....	10-17
Axatov A.R., Tojiyev M.R. *Fazo-vaqt tahlili va tayanch vektor mashinasi asosida yong'inni tezkor aniqlash algoritmi*……	18-25
Байжуманов А.А. *Проблемы минимизации специальных дизъюнктивных нормальных форм сложных конъюнкций высказываний систем нелинейных булевых уравнений*……	26-30
Djuraev A.S., Obidov A.E. *Pedagogik kadrlar malakasini oshirish uchun moslashuvchan elektron ta'lim tizimini modellashtirish*	31-39
Иванов А.К., Мухамедов А.К., Шаронов И.А., Эшбуриев Р.М. *Об измерении радиоактивности мукомольно-крупяной пищевой продукции*.....	40-46
Ishankulov A.F., Tursunova N.R., Ergasheva D.R., Khalilov K.F., Galyametdinov Y.G., Mukhamadiyev N.K. *Obtaining semiconductor CdS, CdSe AND CdSe/ZnS core/shell nanoparticles and their composites with polymers*……	47-51
Шодиев Д.С., Хайруллаев М., Махмудов Ш. *О задаче коши для бигармонического уравнения* ……	52-57
Рахматуллаев И.А., Ботиров Х.З., Курбонов А.К., Хайдаров Х.С., Ахмедова Ш.Ш, Абдирахматова М.П. *Способ регистрации слабых оптических сигналов с помощью резонаторных кювет и импульсно-периодических лазерных источников*……	58-65
Jo'rakulov I.T., Umrzoqov F.B. $Ge_2Sb_2Te_5$ *yupqa qatlam plyonkalarining solishtirma kontakt qarshiligini o'rganish*……	66-71
Ikromova D.I. *On the sharp estimates for the fourier transform of measures supported to surfaces related with* E_8 *type singularities*……	72-83
Arziqulov M.M., Shermuxamedov U.A. *Urganch shahri iqlimiy ko'rsatgichlarining o'zgarishi va atmosfera gazlari konsentratsiyasiga bog'liqligi*.....	84-88
Komilova N.K., Maxmudov B.X. *Geokriminogen vaziyat va uni tadqiq etishdagi yondashuvlar*……	89-94
Fayzullayev N.I., Tillayev S.U., Mamirzayev M.A. *Metandan nanouglerod va vodorod olish reaksiyasi tezligiga turli omillarning ta'siri*.....	95-101
Djabbarov O.R., Zaripova A.R., Sodiqova U.U. *Divergent ko'rinishdagi biologik populyatsiya sistemalarining avtomodel yechimlari asimptotikasi*....	102-106
Tursunova N.G., Musulmanov N.H., Fayzullaev N.I. *Mezog'ovakli uglerod sintezining maqbul sharoitini tanlash*……	107-116
Бурнашев В.Ф., Кайтаров З.Д. *Численное исследование многофазной фильтрации в деформируемой пористой среде с учетом внешнего воздействия*……	117-130
Turayeva B.I., Kutliyeva G.J., Zuhritdinova N.Y., Kamolova X.F., Maxkamov A. *Tokdan ajratib olingan bakteriyalarning uzum fitopatogen mikromitsetlariga nisbatan antifungal xususiyatlari*.....	131-135
Mardonov J.A. *Uch o`lchovli fazoda laplas maydoni uchun karleman formulasi*……	136-140

УДК 539.16.04:664.6/.7 **DOI: https://doi.org/10.59251/2181-1296.2023.v1.1.1854**

ОБ ИЗМЕРЕНИИ РАДИОАКТИВНОСТИ МУКОМОЛЬНО-КРУПЯНОЙ ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ

А.К.Иванов, А.К.Мухамедов, И.А.Шаронов, Р.М.Эшбуриев
Самаркандский государственный университет имени Шарофа Рашидова
Email : jsharonov@gmail.com

Аннотация. В данной статье рассматривается проблема радиологического анализа пищевых продуктов на предмет их радиационной безопасности, связанная с достоверным измерением удельной активности радиоуклидов стронция-90 (^{90}Sr) и цезия-137 (^{137}Cs) в пробах продуктов. Показано, как разные варианты термического концентрирования проб (обугливание, озоление) могут влиять на результаты анализа образцов пищевой продукции, проводимого на бета- и гамма-спектрометрах. Установлено, что основной проблемой является достоверное измерение удельной активности стронция-90. Результаты исследований предназначены для радиологических лабораторий, выполняющих радиологический анализ пищевых продуктов.

Ключевые слова: радиационная безопасность, пищевые продукты, цезий-137, стронций-90, удельная активность, бета-гамма-спектрометрический анализ, показатель соответствия, пробоподготовка, нативные пробы, термическое концентрирование

Un va donli oziq-ovqat mahsulotlarining radioaktivligini o'lchash to'g'risida

Annotatsiya. Ushbu maqolada oziq-ovqat mahsulotlarining radiatsion xavfsizligi buyicha ularning radiologik tahlil muammosi kurib chiqiladi, bu tahlil mahsulotlardagi strontsiy-90 (^{90}Sr) va seziy-137 (^{137}Cs) lar solishtirma aktivligining ishonchli ulchovlari bilan bog'liqdir. Kursatib utildiqi, namunalrni har xil termik kontsentratsiyalash (kuydiriuh, kul qilish) beta-gamma spektrometrik ulchashda tahlil natijalariga ta'sir qilishi mumkin. Ma'lum buldiki asosiy muammo strontsiy-90 ning ulchashdagi ishonchli solishtirma aktivligidir. Tadqiqot natijalari oziq-ovqat mahsulotlarini radiologik tahlil qiladigan radiologik laboratoriyalar uchun muljallangan.

Kalit so'zlar: radiatsion xavfsizlik, oziq-ovqat maxsulotlari, tseziy-137, strontsiy-90, solishtirma aktivlik, beta-gamma spektrometrik taxlil, muvofiqlik kursatgichi, namunalarni tayorlash, mahalliy namunalar, termik kontsentratsiyalash.

On measuring the radioactivity of flour and cereal-based food products

Abstract. The problem of radiological analysis of food products with regard to their radiation safety related to the reliable measurement of the specific activity of strontium-90 and caesium-137 radionuclides in food samples is considered in this article. It is shown how different variants of thermal concentration of samples (charring, ashing) can influence the results of analysis of food samples carried out on beta- and gamma-spectrometers. It was found that the main problem is the reliable measurement of the specific activity of strontium 90. The results of the studies are intended for radiological laboratories performing radiological analysis of food products.

Keywords: radiation safety, food products, cesium 137, strontium 90, specific activity, beta-gamma spectrometric analysis, compliance index, sample preparation, native samples, thermal concentration

Введение. Безопасность продуктов питания – один из важнейших факторов в обеспечении качества жизни населения любой страны, поэтому государственные органы в обязательном порядке должны регулировать отношения в этой сфере. Одним из способов регулирования является принятие технических регламентов, которые устанавливают обязательные для применения и исполнения требования к объектам регулирования (продовольствие, сельскохозяйственная продукция, продовольственное сырье и т.д.). Разрабатываемые стандарты пищевой безопасности формируют нормативную базу для производства и реализации пищевой продукции.

В нормативных базах различных государств имеется ряд различий, связанных с

различиями в национальных требованиях к условиям производства, правилам и процедурам контроля, в законодательных требованиях к показателям качества и потребительским характеристикам продукции. Изучению и устранению этих различий способствует деятельность международной комиссии ФАО (Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН, The Food and Agriculture Organization - FAO) и ВОЗ (Всемирная огранизация здравоохранения, World Health Organization - WHO) по разработке и внедрению единого кодекса стандартов и правил по пищевым продуктам. Это так называемый Codex Alimentarius (лат. "Пищевой Кодекс"), который включает стандарты на все основные пищевые продукты независимо от того, являются ли они переработанными, полуфабрикатами или поступают потребителю в сыром виде [1].

Следует отметить, что стандарты этого Кодекса не являются альтернативой или заменой национальных стандартов, они представляют собой научно обоснованные рекомендации для добровольного применения. При этом эти стандарты используются в качестве основы для национального законодательства стран, являющихся членами ФАО. Республика Узбекистан с 2005 года входит в состав комиссии ФАО. Подтверждением приверженности Узбекистана политике ФАО явилось внесение изменений в гигиенические нормативы безопасности пищевой продукции, определяемые в санитарных правилах, нормах и гигиенических нормативах Республики Узбекистан (СанПиН).

В настоящей статье рассматриваются вопросы, связанные определением степени радиационной безопасности таких групп продуктов питания, как хлебобулочные изделия, злаковые и зернобобовые культуры. Радиационная безопасность пищевых продуктов определяется допустимыми предельными уровнями (ПДУ) удельной активности радиотоксичных техногенных радионуклидов цезий-137 (^{137}Cs, гамма-излучатель с периодом полураспада 30,2 года) и стронций-90 (^{90}Sr, бета-излучатель с периодом полураспада 28,8 лет). В связи с этим мы приводим в таблице 1 значения ПДУ удельной активности для стронция-90 (^{90}Sr) и цезия-137 (^{137}Cs) только для этих групп пищевых продуктов. Значения ПДУ взяты из различных нормативных документов – из методических указаний по методам контроля МУК 2.6.1.717-98 (Россия, 1998 г.) [2], СанПиН РУз 0283-10 (2010 г., отменен в связи с введением СанПиН РУз 0366-19) [3], Технического регламента Таможенного союза Евразийского экономического союза (ЕАЭС) "О безопасности пищевой продукции" ТР ТС 021/2011 (2011 г., Казахстан, Россия, Белоруссия, Армения, Киргизия) [4] и СанПиН РУз 0366-19 (2019 г., действующий, введен взамен СанПиН № 0283-10) [5].

Таблица 1 - Допустимые уровни удельной активности (ПДУ) для стронция-90 (^{90}Sr) и цезия-137 (^{137}Cs) в некоторых пищевых продуктах в различных нормативных документах

Группы продуктов питания	Нуклид	[2]	[3]	[4]	[5]
Злаковые культуры (пшеница, рожь, тритикале, овес, ячмень, просо, гречиха, рис, кукуруза, сорго)	^{137}Cs	80	70	-	60
	^{90}Sr	140	40	-	11
Зернобобовые культуры (горох, фасоль, нут, чечевица, бобы, маш)	^{137}Cs	60	50	-	60
	^{90}Sr	100	60	-	11
Хлеб и хлебобулочные изделия	^{137}Cs	40	60	40	40
	^{90}Sr	70	20	20	20
Мука, крупы, хлопья, пищевые злаки, макаронные изделия	^{137}Cs	60	60	60	60
	^{90}Sr	100	30	-	11

Выполнение Узбекистаном рекомендаций ФАО привело к изменению ПДУ рассматриваемых продуктов – они стали более жесткими, особенно для стронция-90. Это привело к тому, что ряд пищевых продуктов, ранее признаваемых безусловно соответствующими критерию радиационной безопасности, с ужесточением нормативов может признаваться уже несоответствующим критерию безопасности.

Надо сказать, что при определении соответствия пищевых продуктов критериям радиационной безопасности не следует оценивать её только по измеренным значениям

удельной активности радионуклидов стронций-90 и цезий-137. Критерием радиационной безопасности является показатель соответствия B [2-5] с погрешностью его определения ΔB [2, 4], вычисляемые по результатам измерений удельной активности ($A_{уд}$) ^{90}Sr и ^{137}Cs по следующим формулам

$$B = (A_{уд}/H)_{Sr} + (A_{уд}/H)_{Cs}, \quad (1)$$

$$\Delta B = \sqrt{(\Delta A_{уд}/H)_{Sr} + (\Delta A_{уд}/H)_{Cs}}, \quad (2)$$

где H – допустимый уровень удельной активности (ПДУ) для ^{90}Sr и ^{137}Cs в том же продукте, ΔA - абсолютная доверительная (P=0,95) погрешность измерения удельной активности. Пищевые продукты можно признать [2, 4]:

– безусловно соответствующими критерию радиационной безопасности, если

$$B + \Delta B \le 1; \quad (3)$$

– безусловно несоответствующими критерию радиационной безопасности, если

$$B - \Delta B > 1; \quad (4)$$

– нельзя признать соответствующими критерию радиационной безопасности, если

$$B + \Delta B > 1. \quad (5)$$

В последних двух случаях перед принятием решения по безопасности продукта рекомендуется: сделать повторные исследования образца с увеличением времени измерения и массы пробы; изменить метод исследования продукта; в случае необходимости сделать концентрирование пробы.

В предложенной статье мы рассматриваем: как на результаты спектрометрического анализа пищевой продукции могут повлиять разные варианты подготовки аналитических проб (нативные и концентрированные пробы); можно-ли сократить время проведения анализа путем выбора способа концентрирования пробы.

Методы и материалы

Оборудование

Для измерения активности радионуклидов в пищевых продуктах рекомендуется использовать при измерении цезия-137 сцинтилляционные и полупроводниковые гамма-спектрометры, характеризующиеся значениями минимально детектируемой активностью (МДА) не хуже 3-10 Бк, а при измерении стронция-90 - бета-спектрометры с МДА не хуже 0,1-1,0 Бк и, по-возможности, использовать метод измерения нативных проб. Блоки детекторования спектрометров должны быть обеспечены свинцовой защитой.

В наших исследованиях мы использовали сцинтилляционный бета-, гамма-спектрометр МКГБ-01 РАДЭК, предназначенный для исследования спектров гамма- и бета-излучения источников ионизирующих излучений; определения активности и удельной активности гамма- и бета- излучающих радионуклидов в пробах различных объектов окружающей среды неорганического и органического происхождения. Этот спектрометр МКГБ-01 оснащен:

– блоком детектирования гамма-излучения типа БДЕГ-80 (сцинтилляционный детектор на основе монокристалла NaI(Tl) с размерами Ø80×80 мм для регистрации гамма-излучения);
– блоком детектирования бета-излучения типа БДЕБ-60 (сцинтиллирующий пластмассовый детектор с размерами Ø60×12 мм на основе полистирола для регистрации бета-излучения);
– малофоновыми камерами пассивной защиты блоков БДЕГ и БДЕБ.

В этой комплектации спектрометр обеспечивает:

– измерение энергетического распределения гамма-квантов, измерение активности и удельной активности естественных радионуклидов (Ra-226, Th-232, K-40) и техногенных (Cs-137, I-131 и др.) радионуклидов в пробах почв, воды, строительных материалов, сельскохозяйственной продукции, продуктов питания и других объектах.
– измерение активности и удельной активности бета-излучающего радионуклида Sr-90 в продуктах питания, сельскохозяйственной продукции, растениях.

Относительное энергетическое разрешение спектрометра с блоком детектирования БДЕГ-80 (сцинтиллятор NaI(Tl) Ø80×80 мм) по гамма-линии 661,7 кэВ радионуклида ^{137}Cs не более 9,5%, с блоком детектирования БДЕБ-60 (сцинтиллятор Ø60×12 мм) по пику

конверсионных электронов с энергией 624 кэВ радионуклида ^{137}Cs не более 15%.

Минимальная детектируемая активность (для плотности проб 1 г/см^3) при времени измерения 1 час: ^{137}Cs – не более 2 Бк (для геометрии 1 литр); ^{90}Sr – не более 1 Бк (для геометрии 38 мл).

Диапазон измерения активности ^{137}Cs с блоком детектирования БДЕГ-80 составляет $3 - 5 \cdot 10^5$ Бк, пределы допускаемой основной относительной погрешности измерений активности ±30%. Диапазон измерения активности ^{90}Sr с блоком детектирования БДЕБ-60 составляет $2 - 1{,}2 \cdot 10^6$ Бк, пределы допускаемой основной относительной погрешности измерений активности ± 30%. Диапазон измерения может быть расширен при условии концентрирования пробы.

Объекты испытаний

Объектами испытаний служили следующие пищевые продукты: хлеб формовой пшеничный; овёс нешелушённый; рис шлифованный; пшено (крупа пшенная); пшеница шелушённая; ячмень не шелушённый; гречка (крупа гречневая ядрица); перловка (крупа перловая); не дробленные зерна кукурузы, гороха, маша и фасоли.

Процесс испытаний

Процесс испытаний для определения удельной активности радионуклидов заключается в выполнении 3 основных этапов:

- подготовка представительных аналитических проб;
- выполнение измерений на спектрометрическом оборудовании (настройка спектрометра, измерение фонового излучения и набор спектров излучения, создаваемого определяемыми радионуклидами);
- обработка и анализ бета- и гамма-спектров для определения удельной активности радионуклидов в пробах.

Для изготовления нативных аналитических проб образцы пищевой продукции очищались от посторонних примесей, измельчались и высушивались. Для просушивания измельченная проба помещалась в фарфоровые чашки. Чашки были установлены в сушильный шкаф, в котором проба сушилась в течение до 3 часов при температуре 100°C - 120°C. После просушивания пробы взвешивались и передавались для спектрометрических измерений.

В случаях, когда чувствительности спектрометра не хватает для получения достоверного результата в нативных пробах, то обычно делается концентрирование проб, например, термическое концентрирование (выпаривание, высушивание, обугливание, озоление) с последующим измерением радиоактивности полученного концентрата.

При обугливании высушенные пробы помещались в фарфоровые чашки, которые накрывались крышками из кварцевого стекла и ставились на электроплитку для обугливания. Обугливание проб выполнялось в вытяжном шкафу при максимальной мощности электроплитки. Во избежание воспламенения проб фарфоровые чашки были все время закрытыми крышками. Операция обугливания проводилась до момента прекращения вспучивания пробы и исчезновения дыма. Обычно на обугливание измельченных проб пищевой продукции у нас уходило от 1 до 2 часов. После остывания обугленная проба пересыпалась в ступку, в которой растирались крупные спекшиеся частицы обугленной пробы.

Для озоления проб обугленная проба пересыпалась в фарфоровые тигли, которые помещались в муфельную печь. Озоление проводилось при температуре 650°C в течение 1 часа для пробы хлеба и в течение 3 часов для других проб. Операция озоления проводилась до тех пор, пока зола не станет светло-серого цвета. При необходимости, после остывания озоленная проба пересыпалась в ступку, в которой растирались оставшиеся крупные частицы озоленной пробы.

Подготовленные аналитические пробы в помещались в измерительные контейнеры объемом 250 мл для анализа по ^{137}Cs (гамма-канал) и 38 мл для анализа по ^{90}Sr (бета-канал). Контейнеры устанавливались в измерительные камеры соответствующих блоков детектирования спектрометра.

Измерение удельной активности радионуклидов стронций-90 (^{90}Sr) и цезий-137 (^{137}Cs)

проводилось на сцинтилляционном бета-, гамма-спектрометре МКГБ-01 РАДЭК по аттестованной методике выполнения измерений российского научно-технического центра "РАДЭК" (аналитический комплекс "РАДЭК") [6]. Набор и обработка бета- и гамма-спектров выполнялись с помощью программного обеспечения ASW этого аналитического комплекса. Время измерения проб (набор спектров) на гамма-канале было выбрано длительностью 1 час, на бета-канале – 3 часа.

Результаты, Результаты нашей работы приведены в таблице 2, в которой показано, как термическое концентрирование нативных проб влияет на результаты измерения удельной активности стронция-90 (^{90}Sr) и цезия-137 (^{137}Cs) в исследуемых пищевых продуктах и на соответствующую величину показателя соответствия.

Таблица 2 – Влияние процессов пробоподготовки на результат измерения удельной активности стронция-90 (^{90}Sr) и цезия-137 (^{137}Cs) в исследуемых пищевых продуктах

Параметр	Нативный образец	Обугленный образец	Озолённый образец
	Хлеб		
К (коэффициент концентрации)	1,0	3,54	46,45
Cs-137, Ауд (Бк/кг)	< 21,9	< 12,5	
Sr-90, Ауд (Бк/кг)	< 36,42	< 11,24	< 2,39
Показатель соответствия, В	< 2,36	< 0,87	< 0,43
	Овёс		
К (коэффициент концентрации)	1,0	2,33	14,38
Cs-137, Ауд (Бк/кг)	< 10,2	< 9,16	
Sr-90, Ауд (Бк/кг)	< 26,6	< 12,54	< 3,44
Показатель соответствия, В	< 2,59	< 1,29	< 0,47
	Рис		
К (коэффициент концентрации)	1,0	3,27	43,39
Cs-137, Ауд (Бк/кг)	< 10,3	< 7,0	
Sr-90, Ауд (Бк/кг)	< 22,49	< 10,92	< 1,78
Показатель соответствия, В	< 2,22	< 1,11	< 0,28
	Пшено		
К (коэффициент концентрации)	1,0	2,58	12,64
Cs-137, Ауд (Бк/кг)	< 6,19		
Sr-90, Ауд (Бк/кг)	< 22,13	< 13,12	< 2,92
Показатель соответствия, В	< 2,11	< 1,30	< 0,37
	Пшеница		
К (коэффициент концентрации)	1,0	2,34	10,34
Cs-137, Ауд (Бк/кг)	< 7,59		
Sr-90, Ауд (Бк/кг)	< 31,36	< 11,66	< 3,47
Показатель соответствия, В	< 2,98	< 1,19	< 0,44
	Перловка		
К (коэффициент концентрации)	1,0	2,91	16,58
Cs-137, Ауд (Бк/кг)	< 7,3		
Sr-90, Ауд (Бк/кг)	< 23,73	< 9,9	< 3,47
Показатель соответствия, В	< 2,28	< 1,02	< 0,44
	Ячмень		
К (коэффициент концентрации)	1,0	2,37	25,86
Cs-137, Ауд (Бк/кг)	< 9,31		
Sr-90, Ауд (Бк/кг)	< 23,73	< 12,8	< 2,95
Показатель соответствия, В	< 2,31	< 1,32	< 0,42

Параметр	Нативный образец	Обугленный образец	Озолённый образец
		Гречка	
К (коэффициент концентрации)	1,0	2,62	15,52
Cs-137, Ауд (Бк/кг)	< 7,0		
Sr-90, Ауд (Бк/кг)	< 22,37	< 11,94	< 3,25
Показатель соответствия, В	< 2,15	< 1,20	< 0,41
		Кукуруза	
К (коэффициент концентрации)	1,0	2,95	63,67
Cs-137, Ауд (Бк/кг)	< 8,17		
Sr-90, Ауд (Бк/кг)	< 23,51	< 10,66	< 2,67
Показатель соответствия, В	< 2,27	< 1,11	< 0,38
		Горох	
К (коэффициент концентрации)	1,0	2,61	22,35
Cs-137, Ауд (Бк/кг)	< 7,21		
Sr-90, Ауд (Бк/кг)	< 24,67	< 12,23	< 3,21
Показатель соответствия, В	< 2,36	< 1,23	< 0,41
		Маш	
К (коэффициент концентрации)	1,0	2,29	27,65
Cs-137, Ауд (Бк/кг)	<7,32		
Sr-90, Ауд (Бк/кг)	< 24,88	< 13,84	< 3,08
Показатель соответствия, В	< 2,38	< 1,38	< 0,40
		Фасоль	
К (коэффициент концентрации)	1,0	3,15	21,03
Cs-137, Ауд (Бк/кг)	<7,38		
Sr-90, Ауд (Бк/кг)	< 25,35	< 11,87	< 2,55
Показатель соответствия, В	< 2,43	< 1,20	< 0,35

Видно, что результаты измерения активности нативных проб показывают несоответствие всех исследованных пищевых продуктов критерию радиационной безопасности – измеренные значения удельной активности радионуклида стронция-90 (^{90}Sr) превышают предельно допустимые уровни (см. табл. 1). Показатели соответствия *B* также не соответствуют критерию радиационной безопасности (*B* = 2,11-2,59). Это однозначно говорит о том, что для достоверного испытания подобных продуктов питания необходимо выполнять концентрирование проб. После обугливания измеренные значения удельной активности $A_{уд}$ стронция-90 существенно уменьшились. Для некоторых исследованных продуктов (хлеб, рис, перловая крупа, кукуруза) $A_{уд}$ стала меньше ПДУ. Однако при этом показатель соответствия зерновых продуктов по-прежнему не соответствует критериям безопасности (*B* > 1). Исключением является только проба хлеба, которая и по значениям удельной активности цезия и стронция и по значению показателя соответствия может считаться безусловно соответствующей критерию радиационной безопасности ($A_{уд}(^{137}Cs)$<12,5 Бк/кг, $A_{уд}(^{90}Sr)$<11,2 Бк/кг, B<0,87).

Видно, что во всех наблюдаемых случаях измеренная удельная активность цезия-137 заметно ниже ПДУ и проблема заключается измерении активности стронция-90.

При обугливании перечисленных проб были достигнуты коэффициенты их концентрации порядка К=2,3-3,5 (в среднем К=2,7). Озоление привело дальнейшему концентрированию проб и были достигнуты коэффициенты концентрации порядка К=10,3-63,7 (в среднем К=26,7). Испытания, сделанные после озоления продуктов, показали существенное уменьшение измеренной удельной активности стронция-90 и, как результат, вычисленного показателя соответствия - $A_{уд}(^{90}Sr)$<(1,8-3,5) Бк/кг и B<(0,3-0,5). Эти результаты показывают, испытанные нами пищевые продукты можно считать безусловно соответствующими критерию радиационной безопасности.

Остановимся на времени проведения испытаний проанализированных пищевых

продуктах. Время на подготовку одной пробы будет складываться из времени на следующие последовательные операции: измельчение – до 0,5 часа; высушивание – до 3 часов; обугливание – до 2 часов; озоление - до 3 часов. Поэтому время на подготовку одной аналитической пробы может достигать 8-9 часов даже без учета времени на остывание пробы после термического концентрирования. При этом опыт показывает, что затраты времени на высушивание, обугливание и озоление могут быть существенно меньше, если проба будет хорошо измельчаться в процесах измельчения, высушивания и обугливания.

Результаты нашей работы показывают, что испытание хлебопродукта можно проводить без операции озоления, ограничившись полным обугливанием хорошо измельченной нативной пробы.

Время на измерение аналитической пробы будет определяться временем её анализа на бета-канале (для стронция-90) – 3 часа, так как время анализа на гамма-канале (для цезия-137) равно 1 час, а на используемом спектрометре МКГБ-01 эти операции выполняются параллельно.

Заключение. По результатам выполненных исследований можно сделать следующие выводы:

- показателем радиационной безопасности пищевой продукции должны служить не значения удельной активности радиоуклидов стронция-90 (^{90}Sr) и цезия-137 (^{137}Cs) в исследуемых пищевых продуктах, а вычисленная на их основе величина показателя соответствия (см. формулы 1-5);
- для исследованной группы продуктов питания измеренные удельные активности радионуклида цезия-137 (^{137}Cs) заметно ниже предельно допустимого уровня;
- основная проблема достоверного радиологического испытания рассматриваемой пищевой продукции заключается в измерении удельной активности радиоуклида стронция-90 (^{90}Sr), что требует качественной пробоподготовки с использованием термического концентрирования проб;
- можно сделать обоснованное предположение, что при испытании хлебной продукции при подготовке аналитических проб возможно ограничиться операцией качественного обугливания высушенной мелкоизмельченной исходной пробы, что может заметно сократить время проведения радиологических испытаний хлебной продукции.

Литературы

1. CODEX ALIMENTARIUS. Международные стандарты пищевых продуктов. Доступно на URL: https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius.
2. Радиационный контроль. Стронций-90 и цезий-137. Пищевые продукты. Отбор проб, анализ и гигиеническая оценка. Методические указания по методам контроля МУК 2.6.1.717-98. - М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России. 1998. 60 с.
3. СанПиН № 0283-10. Санитарные правила, нормы и гигиенические нормативы Республики Узбекистан. Гигиенические нормативы безопасности пищевой продукции. Издание официальное. Ташкент. 2010. 176 с.
4. Технический регламент Таможенного союза "О безопасности пищевой продукции" (ТР ТС 021/2011). ЕАЭС. ТР 021/2011, № 880. 2011. Доступно на URL: www.eaeunion.org , https://eec.eaeunion.org/comission/department/deptexreg/tr/PischevayaProd.php.
5. СанПиН № 0366-19. Санитарные правила, нормы и гигиенические нормативы Республики Узбекистан. Гигиенические нормативы безопасности пищевой продукции. Издание официальное. Ташкент. 2019. 237 с. Доступно на URL: https://minzdrav.uz/documentation/detail.php?ID=56257#.
6. Методика выполнения измерений удельной активности радионуклидов радия-226, тория-232, калия-40, цезия-137, стронция-90 в пробах продукции промышленных предприятий, предприятий сельского хозяйства и объектов окружающей среды. Аналитический комплекс "РАДЭК". Санкт-Петербург, 2005 г. (Методика выполнения измерений O'z O'U 0539:2011 (126/210-(01.00250-2008)-2011)).