

Министерство здравоохранения Республики Беларусь
ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «РЕСПУБЛИКАНСКИЙ ЦЕНТР ГИГИЕНЫ,
ЭПИДЕМИОЛОГИИ И ОБЩЕСТВЕННОГО ЗДОРОВЬЯ»
(РЦГЭиОЗ)
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ГИГИЕНЫ, ТОКСИКОЛОГИИ,
ЭПИДЕМИОЛОГИИ, ВИРУСОЛОГИИ И МИКРОБИОЛОГИИ

УДК 613.2:[661.715.7+615.277.4]
Рег. № НИОКТР 20242027

УТВЕРЖДАЮ

Директор научно-исследовательского
института гигиены, токсикологии,
эпидемиологии, вирусологии
и микробиологии РЦГЭиОЗ
канд. мед. наук, доцент

С.И. Сычик

« 16 » октября 2025 г.

О Т Ч Е Т


О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ


ОБОСНОВАНИЕ АКТУАЛИЗАЦИИ МАКСИМАЛЬНО ДОПУСТИМЫХ УРОВНЕЙ
СОДЕРЖАНИЯ КАДМИЯ В ЯДРЕ ПОДСОЛНЕЧНИКА И ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ,
ИЗГОТАВЛИВАЕМОЙ НА ОСНОВЕ ЯДРА ПОДСОЛНЕЧНИКА (ХАЛВА, КОЗИНАКИ)

Договор с ЕЭК № Н-17/305 от 21.11.2024

Руководитель НИР,
заведующий отделом
международной деятельности
канд. мед. наук., доцент

Заведующий отделением
координации и проектов
Евразийской экономической
комиссии



Е.В. Федоренко
« 16 » октября 2025 г.


Е.В. Шагун
« 16 » октября 2025 г.

Минск 2025

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель НИР,
заведующий отделом
международной деятельности,
канд. мед. наук, доцент


16.10.2025
подпись, дата

Е.В. Федоренко
(введение, разделы 1, 2, 9,
подразделы 3.3, 4.1–4.3, 4.5,
5.1–5.3, 6.1, заключение,
приложения А, Е–С)

Ответственный исполнитель,
заведующий отделением
координации и проектов
Евразийской экономической
комиссии


16.10.2025
подпись, дата

Е.В. Шагун
(введение, разделы 1, 2,
подразделы 3.3, 4.1–4.3,
5.1–5.3, приложения Д, Е, К,
Л, Р, С)

Исполнители:

Директор,
канд. мед. наук


16.10.2025
подпись, дата


С.И. Сычик
(раздел 9, заключение)

Заместитель директора по
научной работе,
канд. мед. наук


16.10.2025
подпись, дата


Е.В. Дроздова
(разделы 1, 2, приложение К)

Ученый секретарь,
канд. мед. наук


16.10.2025
подпись, дата


С.Л. Итпаева-Людчик
(разделы 1, 2, приложение К)

Заведующий лабораторией
изучения статуса питания
населения, канд. мед. наук


16.10.2025
подпись, дата

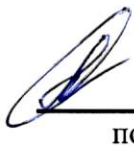
Н.В. Цемборевич
(разделы 1, 2,
приложения А, Ж, М)

Заведующий лабораторией
комплексных проблем гигиены
пищевых продуктов,
канд. мед. наук


16.10.2025
подпись, дата

А.М. Бондарук
(разделы 1, 2)

Заведующий лабораторией
спектрометрических
исследований,
канд. биол. наук


16.10.2025
подпись, дата


А.А. Кузовкова
(подразделы 5.1, 5.3,
пункт 2.3.1,
приложения Б, В, К)

Заведующий лабораторией
изучения здоровьесберегающей
среды детских организованных
коллективов


16.10.2025
подпись, дата


Н.А. Грекова
(раздел 1)

Заведующий сектором научно-организационного обеспечения программ (гигиена и токсикология)


16.10.2025
подпись, дата

М.А. Гутич
(приложение Е)

Заведующий отделом системного менеджмента, стандартизации и метрологии


16.10.2025
подпись, дата


В.А. Столяренко
(пункт 2.3.2)

Заведующий отделением обеспечения достоверности результатов испытаний, канд. биол. наук


16.10.2025
подпись, дата


И.С. Позняк
(пункт 2.3.2)

Ведущий научный сотрудник лаборатории комплексных проблем гигиены пищевых продуктов, канд. мед. наук, доцент


16.10.2025
подпись, дата

В.Г. Цыганков
(раздел 1)

Ведущий научный сотрудник лаборатории комплексных проблем гигиены пищевых продуктов, канд. мед. наук


16.10.2025
подпись, дата


Л.Н. Журихина
(раздел 1)

Ведущий научный сотрудник лаборатории спектрометрических исследований, канд. техн. наук


16.10.2025
подпись, дата


И.В. Дребенкова
(подразделы 5.1, 5.3,
пункт 2.3.1,
приложения Б, В, К)

Ведущий научный сотрудник лаборатории химии пищевых продуктов, канд. хим. наук


16.10.2025
подпись, дата

Е.И. Полянских
(приложение Б)

Старший научный сотрудник лаборатории комплексных проблем гигиены пищевых продуктов


16.10.2025
подпись, дата


Т.С. Осипова
(раздел 1)

Научный сотрудник отделения координации и проектов Евразийской экономической комиссии


16.10.2025
подпись, дата


Т.А. Гуринович
(разделы 1, 2, подразделы 3.3,
4.1–4.3, приложения Б, Д, Е,
К, Л, Р, С)

Научный сотрудник сектора научно-организационного обеспечения программ (гигиена и токсикология)


16.10.2025
подпись, дата


С.В. Касюль
(приложение К)

Научный сотрудник лаборатории изучения статуса питания населения


16.10.2025
подпись, дата


С.А. Дурманова
(раздел 1, приложения А, М)

Научный сотрудник лаборатории изучения статуса питания населения


16.10.2025
подпись, дата


О.О. Величко
(раздел 1, подраздел 6.1, приложения А, Ж, М)

Младший научный сотрудник лаборатории изучения статуса питания населения


16.10.2025
подпись, дата

Д.А. Королева
раздел 1, приложения А, М)

Младший научный сотрудник лаборатории лаборатория комплексных проблем гигиены пищевых продуктов


16.10.2025
подпись, дата

Т.Н. Свинтилова
(раздел 1)

Ведущий специалист лаборатории изучения статуса питания населения


16.10.2025
подпись, дата


Ж.А. Филипповская
раздел 1, приложение А)

Ведущий специалист отделения координации и проектов Евразийской экономической комиссии


16.10.2025
подпись, дата

Л.И. Карпук
(раздел 1)

Ведущий специалист лаборатории спектрометрических исследований, канд. биол. наук


16.10.2025
подпись, дата


П.А. Чаховский
(подразделы 5.1, 5.3, приложение К)

Ведущий химик лаборатории спектрометрических исследований


16.10.2025
подпись, дата


Г.Э. Бычок
(подразделы 5.1, 5.3, приложение К)

Ведущий химик лаборатории спектрометрических исследований


16.10.2025
подпись, дата


Н.В. Маскалевич
(подразделы 5.1, 5.3, приложение К)

Химик лаборатории спектрометрических исследований


16.10.2025
подпись, дата

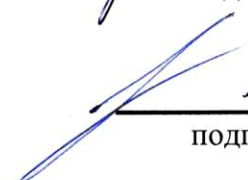
Н.Н. Прус
(подразделы 5.1, 5.3, приложение К)

Ведущий лаборант лаборатории спектрометрических исследований


16.10.2025
подпись, дата

О.В. Викторчик
(подразделы 5.1, 5.3, приложение К)


Нормоконтроль


16.10.2025
подпись, дата


Н.С. Иванова

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи


Руководитель лаборатории,
член-корреспондент РАН,
д-р мед. наук, профессор


16.10.2025
подпись, дата С.А. Хотимченко
(введение, раздел 3,
подразделы 2.2, 4.1–4.3,
5.4–5.6, 6.2, 9.3, приложение Г)

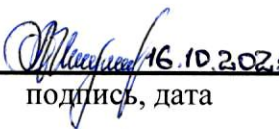
Ведущий научный сотрудник,
д-р биол. наук


16.10.2025
подпись, дата О.В. Багрянцева
(введение, раздел 3,
подразделы 2.2, 4.1–4.3,
5.4–5.6, 6.2, 9.3, приложение Г)

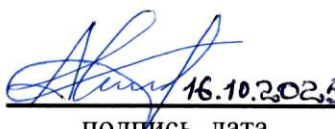
Старший научный сотрудник,
канд. мед. наук


16.10.2025
подпись, дата Э.Э. Кешабянц
(введение, раздел 3,
подразделы 2.2, 4.1–4.3,
5.4–5.6, 6.2, 9.3, приложение Г)

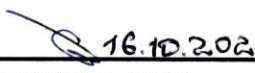
Старший научный сотрудник,
канд. биол. наук


16.10.2025
подпись, дата А.А. Шумакова
(введение, раздел 3,
подразделы 2.2, 4.1–4.3,
5.4–5.6, 6.2, 9.3, приложение Г)

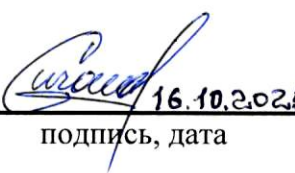
Младший научный сотрудник


16.10.2025
подпись, дата А.И. Колобанов
(введение, раздел 3,
подразделы 2.2, 4.1–4.3,
5.4–5.6, 6.2, 9.3, приложение Г)


Научный сотрудник,
канд. хим. наук


16.10.2025
подпись, дата И.Е. Соколов
(введение, раздел 3,
подразделы 2.2, 4.1–4.3,
5.4–5.6, 6.2, 9.3, приложение Г)

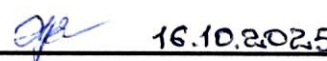
Лаборант-исследователь


16.10.2025
подпись, дата З.Г. Гурэу
(введение, раздел 3,
подразделы 2.2, 4.1–4.3,
5.4–5.6, 6.2, 9.3, приложение Г)

Лаборант-исследователь


16.10.2025
подпись, дата Г.Н. Иванова
(введение, раздел 3,
подразделы 2.2, 4.1–4.3,
5.4–5.6, 6.2, 9.3, приложение Г)

Инженер-исследователь
1 категории, канд. техн. наук


16.10.2025
подпись, дата Э.В. Леонтьева
(введение, раздел 3,
подразделы 2.2, 4.1–4.3,
5.4–5.6, 6.2, 9.3, приложение Г)

Лаборант-исследователь



16.10.2025

Т.Е. Селезнева

подпись, дата

(введение, раздел 3,
подразделы 2.2, 4.1–4.3,
5.4–5.6, 6.2, 9.3, приложение Г)

Инженер-исследователь
1 категории



16.10.2025

Т.Б. Бургасова

подпись, дата

(введение, раздел 3,
подразделы 2.2, 4.1–4.3,
5.4–5.6, 6.2, 9.3, приложение Г)

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова. Научно-исследовательский институт качества, безопасности и технологий специализированных пищевых продуктов

Директор,
д-р техн. наук, профессор



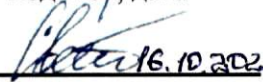
16.10.2025

Т.В. Савенкова

подпись, дата

(подраздел 2.2, 5.4, 5.5)

Ведущий научный сотрудник,
канд. техн. наук



16.10.2025

И.М. Святославова

подпись, дата

(подраздел 2.2, 5.4, 5.5)

Младший научный сотрудник



16.10.2025

И.И. Шунтова

подпись, дата

(подраздел 3.2, приложение Г)

Федеральное бюджетное учреждение науки «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения»

Научный руководитель,
акад. РАН, д-р мед. наук,
профессор


16.10.2025
подпись, дата


Н.В. Зайцева
(введение, разделы 7, 8,
подразделы 2.1, 4.4, 4.5, 9.3)

Ученый секретарь,
главный научный сотрудник,
д-р мед. наук


16.10.2025
подпись, дата

П.З. Шур
(введение, разделы 7, 8,
подразделы 2.1, 4.4, 4.5, 9.3)

Ведущий научный сотрудник –
заведующий отделом анализа
риска для здоровья,
канд. мед. наук


16.10.2025
подпись, дата

Д.Н. Лир
(введение, разделы 7, 8,
подразделы 2.1, 4.4, 4.5, 9.3)

Старший научный сотрудник
отдела анализа риска для здоровья,
канд. мед. наук


16.10.2025
подпись, дата

В.А. Фокин
(введение, разделы 7, 8,
подразделы 2.1, 4.4, 4.5, 9.3)

Научный сотрудник отдела
анализа риска для здоровья


16.10.2025
подпись, дата

Д.В. Суворов
(введение, разделы 7, 8,
подразделы 2.1, 4.4, 4.5, 9.3)

Научный сотрудник отдела
анализа риска для здоровья


16.10.2025
подпись, дата

С.Е. Зеленкин
(введение, разделы 7, 8,
подразделы 2.1, 4.4, 4.5, 9.3)

РЕФЕРАТ

Отчет 256 с., 1 кн., 17 рис., 40 табл., 146 источн., 15 прил.

БЕЗОПАСНОСТЬ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ, КАДМИЙ, ЯДРО ПОДСОЛНЕЧНИКА, ХАЛВА, КОЗИНАКИ, ОЦЕНКА РИСКОВ ЗДОРОВЬЮ, ДОПУСТИМЫЙ УРОВЕНЬ

Объектами исследований являлись: научные публикации, акты законодательства, методы определения, пищевая продукция (ядра подсолнечника, халва, козинаки), данные лабораторного мониторинга, рационы, риск здоровью.

Предмет исследований – характеристика кадмия в агросистемах, нормирование кадмия, метрологические характеристики методов его определения, содержание кадмия в пищевой продукции, рационы, потребление ядра подсолнечника, халвы и козинаков, допустимое суточное поступление, допустимый уровень содержания кадмия, коэффициенты опасности.

Целью работы является научное обоснование допустимого уровня содержания кадмия в ядре подсолнечника, халве и козинаках, на основе оценки рисков здоровью.

Полученные результаты и их новизна: на основании проведенных исследований обоснована необходимость установления ДУ содержания кадмия в ядре подсолнечника и продуктах его переработки. Анализ методов контроля свидетельствует о их достаточности.

Применение частотного метода в Республике Беларусь показало потребление ядра подсолнечника 3,31–3,94 г/сутки, халвы – 2,35–2,51 г/сутки, козинаков – 1,3–1,56 г/сутки. Использование метода 24-часового воспроизведения в Российской Федерации зафиксировало потребление 0,075–1,46 г/сутки для ядра и 0,0089–0,48 г/сутки для халвы.

Данные 2025 года демонстрируют значительную контаминацию кадмием – средние уровни достигали 0,18 мг/кг в ядре подсолнечника, 0,1 мг/кг в халве и 0,13 мг/кг в козинаках.

Обоснована допустимая суточная доза 0,000026 мг/кг массы тела, производная от значения, предложенного FDA с учетом модифицирующих факторов, учитывающих экстраполяцию с управляемого воздействия на реальные условия, контингент исследования при внутривидовой экстраполяции; межвидовую экстраполяцию; экстраполяцию результатов исследований при кратковременном воздействии на хроническое воздействие.

Обоснованы допустимые уровни содержания кадмия, которые составили: 0,2 мг/кг для ядра подсолнечника, 0,11 мг/кг для халвы подсолнечной и 0,14 мг/кг для козинаков подсолнечных. Оценка риска подтвердила обеспечение допустимого уровня риска здоровью. Подготовлен проект изменений в Единые санитарно-эпидемиологические требования ЕАЭС. Подготовлен заключительный отчет о НИР. Запланированные исследования выполнены в полном объеме согласно календарному плану.

СОДЕРЖАНИЕ

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ	13
ВВЕДЕНИЕ	14
1 Кадмий в агроэкосистемах и пищевых продуктах	20
1.1 Содержание кадмия в почвах, влияние почвенно-климатических, агротехнических и агрохимических приемов на его миграцию	20
1.2 Контаминация пищевой продукции растительного происхождения кадмием..	28
1.3 Содержание кадмия в продукции животного происхождения	30
2 Гигиеническая характеристика и регламентация кадмия в пищевых продуктах ..	31
2.1 Токсиколого-гигиенический профиль кадмия и его гигиеническая регламентация.....	31
2.2 Анализ нормирования кадмия в пищевой продукции и сырье для ее производства в Европейском союзе и согласно стандартам Кодекс Алиментариус	33
2.3 Методическое обеспечение контроля содержания кадмия в пищевой продукции.....	37
2.3.1 Характеристика методов, включенных в перечни взаимосвязанных стандартов к техническим регламентам Таможенного Союза / Евразийского экономического союза	37
2.3.2 Общая характеристика лабораторного потенциала по определению кадмия в пищевой продукции (данные Республики Беларусь).....	38
3 Характеристика семян подсолнечника и продукции, получаемой на его основе.....	40
3.1 Химический состав семян подсолнечника	40
3.2 Обзор рынка халвы и козинаков	42
3.3 Анализ типовых рецептов кондитерских изделий, изготавливаемой на основе ядра подсолнечника.....	43
4 Материалы и методы исследования.....	47
4.1 Методы сбора и источники ретроспективных данных содержания кадмия в ядрах подсолнечника, халве, козинаках, производимых в Республике Беларусь и Российской Федерации	47
4.2 Методы аналитических исследований содержания кадмия в ядрах подсолнечника, халве, козинаках.....	51
4.3 Методы оценки потребления ядер подсолнечника и пищевых продуктов на его основе.....	52

4.4 Методы обоснования максимально допустимых уровней (МДУ) содержания кадмия в ядрах подсолнечника, халве и козинаках на основании оценки рисков.....	55
4.5 Методы оценки рисков для здоровья различных групп населения с учетом обоснованного МДУ.....	57
5 Качественная и количественная характеристика контаминации пищевой продукции кадмием.....	63
5.1 Качественная и количественная характеристика контаминации пищевой продукции на основе ретроспективных данных организаций, осуществляющих государственный санитарный надзор в Республике Беларусь.....	63
5.2 Качественная и количественная характеристика уровней контаминации ядра подсолнечника и продукции, изготовленной с его использованием пищевой продукции на основе данных производственного контроля.....	71
5.3 Результаты определения кадмия в ядрах подсолнечника, халве и козинаках, находившиеся в обращении на территории Республики Беларусь в 2025 г.....	72
5.4 Анализ содержания кадмия в образцах ядер подсолнечника в зависимости от региона Российской Федерации и года производства.....	74
5.5 Анализ ретроспективных данных содержания кадмия в ядре подсолнечника, полученных на предприятиях Российской Федерации.....	77
5.6 Анализ образцов семян и ядер подсолнечника, халвы, козинаков на содержание кадмия, находившихся в обращении на территории Российской Федерации в 2025 г.....	86
6 Оценка потребления продукции из подсолнечника населением.....	90
6.1 Анализ потребления ядра подсолнечника, халвы, козинаков населением Республики Беларусь.....	90
6.2 Потребление ядра подсолнечника, халвы, козинаков населением Российской Федерации.....	91
7 МДУ содержания кадмия в ядре подсолнечника и пищевой продукции на его основе (халва, козинаки).....	98
7.1 Обоснование допустимой суточной дозы (ДСД) кадмия по критериям допустимого риска.....	98
7.2 Верификация ДСД кадмия, поступающей с ядрами подсолнечника, халвой и козинаками.....	104
7.3 Обоснование МДУ содержания кадмия в ядрах подсолнечника, халве и козинаках.....	105
7.4 Оценка неопределенностей при обосновании МДУ.....	106
8 Оценка риска здоровью населения.....	108

8.1 Оценка экспозиции населения Республики Беларусь и Российской Федерации кадмием, поступающим с ядром подсолнечника и продукцией на его основе (халва, козинаки)	108
8.2 Характеристика риска для здоровья населения Республики Беларусь и Российской Федерации при поступлении кадмия с ядром подсолнечника и продукцией на его основе (халва, козинаки)	109
8.3 Оценка риска для здоровья населения Республики Беларусь и Российской Федерации при поступлении кадмия с ядром подсолнечника и продукцией на его основе (халва, козинаки) по результатам эволюционного моделирования	111
8.4 Характеристика неопределенностей при оценке риска здоровью населения .	112
9 Верификация МДУ содержания кадмия в ядре подсолнечника и пищевой продукции на его основе (халва, козинаки) с учетом сценариев его поступления с другими пищевыми продуктами	113
9.1 Оценка рисков при различных сценариях поступления кадмия и вклада ядра подсолнечника и пищевой продукции на его основе (халва, козинаки).....	113
9.2 Характеристика неопределенностей при оценке риска здоровью населения при различных сценариях поступления кадмия и вклада ядра подсолнечника и пищевой продукции на его основе (халва, козинаки).....	115
9.3. Актуализация МДУ содержания кадмия в ядре подсолнечника, халве и козинаках с учетом его поступления с другими пищевыми продуктами	117
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	120
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	125
ПРИЛОЖЕНИЕ А Сравнительный анализ нормирования кадмия в пищевой продукции и сырье для ее производства в ЕАЭС, ЕС и международном уровне. Допустимые концентрации (уровни) кадмия в отдельных объектах среды обитания и продукции.....	139
ПРИЛОЖЕНИЕ Б Характеристика методов, включенных в перечни взаимосвязанных стандартов к техническим регламентам Таможенного Союза / Евразийского экономического союза	162
ПРИЛОЖЕНИЕ В Наличие в стандартах информации об особенностях пробоподготовки семечек подсолнуха	185
ПРИЛОЖЕНИЕ Г Состав минеральных веществ семян подсолнечника и подсолнечного масла. Описание технологии производства халвы из подсолнечника и козинаков.....	190
ПРИЛОЖЕНИЕ Д Типовые рецептуры по производству халвы, представленные	

РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» и концерном «Белгоспищепром».....	201
ПРИЛОЖЕНИЕ Е Структура и состав базы данных об уровнях контаминации кадмием отдельных видов пищевой продукции.....	205
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж Форма анкеты анализа частоты потребления семян подсолнечника и продуктов на их основе.....	213
ПРИЛОЖЕНИЕ И Методические подходы оценки экспозиции, проведенной на основе действующих методических документов ЕАЭС, Российской Федерации и Кодекс Алиментариус	217
ПРИЛОЖЕНИЕ К Количественная характеристика уровней контаминации пищевой продукции на основе ретроспективных данных организаций, осуществляющих государственный санитарный надзор в Республике Беларусь.....	222
ПРИЛОЖЕНИЕ Л Результаты исследований ядра подсолнечника, характеристика контаминации продукции, изготовленной с использованием ядра подсолнечника, на основании результатов производственного контроля на предприятиях концерна «Белгоспищепром» в 2021–2024 гг.....	227
ПРИЛОЖЕНИЕ М Рационы питания населения государств – членов Евразийского экономического союза.....	237
ПРИЛОЖЕНИЕ Н Оценка алиментарной экспозиции при различных сценариях для населения государств – членов Евразийского экономического союза	241
ПРИЛОЖЕНИЕ П Вклад пищевых продуктов в алиментарную экспозицию кадмием различных групп населения Республики Беларусь и Российской Федерации	247
ПРИЛОЖЕНИЕ Р Расчетные значения ДУ для халвы и козинаков с учетом типичных рецептур. Оценка экспозиции кадмием для реалистичных сценариев 2 и 3 для взрослого населения Республики Беларусь с учетом обоснованных ДУ для ядра подсолнечника, халвы и козинаков.....	250
ПРИЛОЖЕНИЕ С Проект изменений в ЕСТ.....	254

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ

В настоящем отчете о НИР применяют следующие сокращения и обозначения.

ВОЗ – Всемирная организация здравоохранения

ГН 37 – постановление Совета Министров Республики Беларусь от 25 января 2021 г. № 37
«Об утверждении гигиенических нормативов»

ДУ – допустимый уровень

ЕАЭС – Евразийский экономический союз

ЕС – Европейский союз

ЕСТ – Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования к продукции (товарам), подлежащей санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю), утвержденные решением Комиссии Таможенного союза от 28 мая 2010 г. № 299

МДУ – максимальный допустимый уровень

МТ – масса тела

ОБУВ – ориентировочно безопасный уровень воздействия

ОДК – ориентировочно допустимая концентрация

ПДК – предельно допустимая концентрация

ПО – предел обнаружения

ПКО – предел количественного определения

СОП – стандартная операционная процедура

ТНПА – технические нормативные правовые акты

Cd – кадмий

EFSA – (European Food Safety Authority) Европейское Агентство по безопасности пищевой продукции;

FAO – Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций;

JECFA (The Joint FAO/WHO Committee on Food Additives and Contaminants) – Международный Комитет экспертов ФАО/ВОЗ по пищевым добавкам;

LD₅₀ (the median lethal dose) – среднелетальная доза;

LOEL – наименьший доза, вызывающая негативное воздействие на организм;

NOEL – максимально недействующий уровень;

PTWI (provisional tolerable weekly intake) – допустимый уровень потребления в неделю.

PTMI (provisional tolerable monthly intake) – допустимый уровень потребления в месяц

ВВЕДЕНИЕ

Безопасность пищевой продукции является одним из приоритетов деятельности государственных органов в области обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения и наднациональных образований и рассматривается как отсутствие недопустимого риска для жизни и здоровья потребителей, что требует внедрения современных подходов к обоснованию требований безопасности на основе методологии оценки рисков. В соответствии с Рекомендацией Коллегии Евразийской экономической комиссии от 3 марта 2020 г. № 5 «О риск-ориентированной модели надзора», принятой на основании статей 56 и 57 Договора о ЕАЭС [1], государствам – членам Союза рекомендуется применять риск-ориентированные подходы при осуществлении государственного надзора за безопасностью продукции. В этом контексте особую значимость приобретают методические подходы к оценке риска здоровью при обосновании гигиенических нормативов содержания вредных веществ в пищевых продуктах, которые гармонизированы с международными принципами и дополнены методологией Евразийской экономической комиссии (далее – ЕЭК) [2]. Особую актуальность данные методы приобретают при установлении максимально допустимых уровней (далее – МДУ) содержания потенциально опасных веществ в различных категориях пищевой продукции. Современные подходы к обоснованию МДУ включают моделирование эволюции риска здоровью, что дает возможность прогнозировать риск в течение всей жизни, рассчитывать уровень риска для различных групп потребителей (включая чувствительные группы) и моделировать риск здоровью по заданным сценариям экспозиции [2]. Применение риск-ориентированного подхода при нормировании санитарно-эпидемиологических требований позволяет достичь уровня «допустимого риска» как основного критерия безопасности, что логично встраивается в общую систему санитарных мер Союза, предусмотренную статьей 52 Договора о ЕАЭС, и дополняет положения Технического регламента Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» [3, 4]. Таким образом, риск-ориентированный подход представляет собой важный элемент комплексной системы мер по защите здоровья населения, сочетающей нормативное регулирование через технические регламенты, совершенствование методов государственного контроля, гармонизацию с международной практикой и учет специфики различных видов пищевых продуктов. Реализация данных методических подходов способствует созданию сбалансированной системы обеспечения безопасности пищевой продукции, позволяющей одновременно эффективно защищать

здоровье потребителей и минимизировать избыточную нагрузку на субъекты хозяйственной деятельности в рамках ЕАЭС.

Среди контаминантов химической природы следует выделить токсичные элементы в связи с их широким распространением в среде обитания, значительным спектром негативных эффектов для здоровья и способностью к кумуляции в организме.

Кадмий (Cd) относится к приоритетным контаминантам пищевой продукции согласно данным международных и региональных организаций [5, 6], результатам государственного санитарного надзора в государствах – членах Евразийского экономического союза (далее – ЕАЭС) [7] и данным научных исследований [8, 9, 10, 11].

Кадмий присутствует в организмах животных и растений, однако его роль в биохимических процессах до сих пор не определена. Обсуждаемый элемент относится к 1 классу опасности (высоко опасное вещество), является одним из наиболее опасных контаминантов, оказывающих непосредственное отрицательное влияние на организм человека и животного, вызывающих в их организме синергические негативные эффекты [12].

Кадмий является широко распространенным химическим элементом, может попадать в окружающую среду различными путями, его основные естественные источники – вулканическая активность, выветривание и эрозия почв, антропогенные – добыча, выплавка и рафинирование цветных металлов, сжигание ископаемого топлива и бытовых отходов (особенно кадмийсодержащих батарей и пластмасс), производство фосфорных удобрений, а также переработка стального лома с кадмиевым покрытием, отходов производства электроприборов. Указанный токсикант содержится в табачном дыме. Для кадмия характерен трансграничный перенос и загрязнение территорий, удаленных от источников выбросов. Кадмий способен к биоаккумуляции, накапливается в растениях и организме животных и человека с длительным периодом полувыведения, составляющим до 30 лет [5, 6, 13–20].

Токсическое действие кадмия весьма разнообразно. Эпидемиологические исследования показывают, что хронические заболевания легких (эмфизема, астма и бронхит), артериальная гипертензия, ряд заболеваний нервной системы, в том числе нейродегенеративные (болезнь Альцгеймера, паркинсонизм, боковой амиотрофический склероз, рассеянный склероз и др.), остеопороз и остеомаляция связаны с длительным воздействием малых доз указанного токсичного элемента. Кадмий оказывает негативное воздействие на щитовидную и половые железы, способен проникать через гематоплацентарный барьер, вызывая эмбриотоксические и тератогенные эффекты. Согласно классификации Международного агентства изучения рака, кадмий относится к 1

группе факторов канцерогенной активности по отношению к человеку (канцерогенен для человека), ассоциирован с онкологическими заболеваниями мочеполовой системы, поджелудочной и молочной желез, относится к генотоксичным и тератогенным соединениям [21]. Почки – основной орган-мишень, наиболее чувствительный к воздействию кадмия [22].

Основные пути поступления кадмия в организм человека – употребление загрязненной пищи, а также табачный дым. Пищевые продукты являются основным источником обсуждаемого контаминанта для некурящих. Воздействие кадмия из питьевой воды относительно незначительно по сравнению с воздействием, связанным с поступлением с пищей.

Уровни контаминации кадмием различных групп пищевой продукции зависят от условий получения соответствующего сырья, для растительных источников – в том числе от генетических особенностей видов и сортов растений.

Наибольшее количество кадмия содержится в почках и печени продуктивных животных, а также в морепродуктах, продуктах на основе какао, грибах, семенах масличных культур. Согласно данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) (2011) и Европейского агентства по безопасности пищевой продукции (2014), несмотря на относительно низкие концентрации обсуждаемого контаминанта в молоке, овощах, крахмалистых корнеплодах и продуктах переработки зерновых, именно эти группы вносят основной вклад в алиментарное поступление кадмия вследствие высоких уровней потребления. При этом отмечается, что региональные различия в уровне потребления могут иметь существенное влияние на уровень кадмия в рационе, в том числе у чувствительных групп населения.

Семена подсолнечника, являясь согласно научным данным продукцией с высоким уровнем контаминации Cd, характеризуются высокой пищевой и биологической ценностью. Они содержат в составе белки, липиды, пищевые волокна, минеральные вещества, витамины и целый ряд других биологически активных веществ, оказывающих благоприятное действие на организм человека и являются сырьем для производства подсолнечного масла, которое в свою очередь содержит в составе полинасыщенные жирные кислоты – олеиновую (19,81 %) и линолевую (64,35 %) кислоты, которые не синтезируются человеком и должны поступать в организм с пищей. В соответствии с имеющимися данными производство подсолнечного масла в мире выросло с 38,56 млн. тонн в 2013 г до 51,46 млн. тонн в 2019 г [23, 24]. В 2023 году в России было собрано около 17,3 миллионов тонн подсолнечника. Этот объем производства превысил показатель 2022 года, когда было собрано 16,4 миллиона тонн. Согласно общедоступным данным,

в 2024 году Россия собрала 16,55 миллионов тонн семян подсолнечника, что сделало её ведущим мировым производителем. Высокая пищевая и биологическая ценность, доступность для населения семян подсолнечника и пищевой продукции, получаемой из них, делает этот продукт важной составляющей в питании населения.

Вместе с тем, анализ 86 проб семян подсолнечника на соответствие установленным требованиям показал, что в 39 пробах семян подсолнечника выявлено превышение содержания кадмия от 1,1 до 5,2 МДУ при норме 0,1 мг/кг. В 3 из 5 образцов подсолнечной халвы фактическое содержание кадмия находилось в пределах от 0,112 до 0,314 мг/кг [25].

Согласно законодательству ЕАЭС Cd не нормируется в ядре подсолнечника, а его относительно высокое фактическое содержание обуславливает превышение ДУ для многокомпонентной продукции, изготовленной на его основе.

Таким образом, обоснование ДУ содержания Cd в ядрах подсолнечника, халве, козинаках на основе оценки риска в соответствии с методологией, принятой в ЕАЭС, является важной прикладной гигиенической задачей, что явилось целью данной работы.

Для достижения указанной цели решались следующие задачи:

1. Изучить доступные научные данные о влиянии почвенно-климатических, агротехнических и агрохимических приемов, условий кормления продуктивных животных на содержание кадмия в отдельных видах пищевой продукции.

2. Провести анализ нормирования кадмия в пищевой продукции и сырье для ее производства в ЕАЭС, Европейском союзе и согласно стандартам Кодекс Алиментариус.

3. Осуществить сбор и анализ ретроспективных данных (глубина поиска – не менее 2 лет) о фактических уровнях контаминации кадмием отдельных видов пищевой продукции, в том числе ядра подсолнечника и пищевой продукции, изготавливаемой на его основе (халва, козинаки), включая анализ использованных методов определения кадмия отдельными лабораториями, качественных и количественных характеристик уровней контаминации, на основании данных лабораторного мониторинга уполномоченных органов в области санитарно-эпидемиологического благополучия населения государств – членов Евразийского экономического союза, а также производственного контроля, и сформировать соответствующую базу данных.

4. С учетом объема и полноты ретроспективных данных сформировать программу, провести закупку отдельных видов пищевой продукции и последующие лабораторные исследования содержания кадмия в отдельных видах пищевой продукции с учетом максимального географического «представительства», дополнить базу данных.

5. Сформировать перечень рационов, характеризующих структуру потребления среди отдельных групп населения государств – членов Евразийского экономического союза на основе имеющихся данных о фактическом питании населения.

6. Провести адаптацию анкеты и изучение структуры потребления ядра подсолнечника, халвы и козинаков с использованием методов воспроизведения (частотного метода).

7. С использованием различных моделей экспозиции рассчитать неканцерогенные и канцерогенные риски для отдельных сценариев воздействия (теоретическое максимальное, комбинация различных уровней контаминации и потребления, в том числе для чувствительных групп населения), дать их гигиеническую оценку, в том числе оценку экспозиции взрослого и детского населения Республики Беларусь и Российской Федерации при потреблении ядра подсолнечника и продуктов, изготавливаемых на его основе (халва, козинаки).

8. На основании проведенной оценки рисков проанализировать достаточность/избыточность действующих МДУ кадмия для отдельных видов пищевой продукции, обосновать установление гигиенического норматива для ядра подсолнечника и актуализацию гигиенических нормативов в пищевой продукции, изготавливаемой на основе ядра подсолнечника (халва, козинаки).

9. Обосновать допустимый уровень пероральной экспозиции кадмия с пищевыми продуктами, обеспечивающей отсутствие недопустимого уровня риска, на основе системного анализа научных данных.

10. Научно обосновать МДУ содержания кадмия в ядре подсолнечника и пищевых продуктах из него с учетом установленной ДСД и фактических показателей потребления исследуемых пищевых продуктов.

11. Провести моделирование уровней поступления кадмия с учетом актуализированных значений и оценку рисков здоровью, верифицировать обоснованные МДУ по количественным критериям неканцерогенного риска с применением эволюционных моделей, охарактеризовать риск здоровью взрослого и детского населения Республики Беларусь и Российской Федерации при потреблении ядра подсолнечника и продуктов, изготавливаемых на его основе (халва, козинаки).

В рамках реализации НИР были заключены договоры с:

Федеральным государственным бюджетным учреждением науки «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи» (договор от 11.03.2025 № 9Н);

Федеральным бюджетным учреждением науки «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» (договор от 27.05.2025 № 26/П/2025).

1 Кадмий в агроэкосистемах и пищевых продуктах

1.1 Содержание кадмия в почвах, влияние почвенно-климатических, агротехнических и агрохимических приемов на его миграцию

Почва является первичным звеном в биогеохимической цепи, где накапливаются различные контаминанты, и служит основным источником химических веществ, поступающих через растения в организм животных и человека. В этой связи анализ информации о содержании и формах соединений химических элементов в конкретных почвенно-климатических условиях, изучение путей их миграции в ландшафтах, круговорота в системе почва – растение составляет важную задачу в области обеспечения безопасности пищевой продукции [26].

Одним из распространенных видов антропогенного загрязнения является поступление в почву тяжелых металлов, среди которых одним из наиболее токсичных для живых организмов и наиболее подвижным в системе почва – растение является кадмий. Этот элемент относится к классу высокоопасных веществ, все его соединения токсичны [21]. Кадмий относится к редким элементам, его содержание в земной коре составляет менее 0,00001 % (0,1 мг/кг). Химически кадмий близок к цинку, поэтому обычно присутствует в цинковых рудах.

Кадмий и его соединения находят применение в различных отраслях. В ядерной энергетике он используется для изготовления компонентов, в составе сплавов служит для производства припоев, антикоррозионных покрытий и сварочных электродов. Кроме того, кадмий применяется при создании полупроводников, химических источников тока, а также входит в состав люминофоров, пиротехнических смесей и материалов для лазеров [26, 27].

Основными источниками загрязнения биосферы кадмием являются предприятия цветной металлургии, производства и утилизации никель-кадмиевых аккумуляторов, а также тепловые электростанции, работающие на угле и мазуте. Значительное количество кадмия попадает в атмосферу при сжигании резины и пластмасс.

Вклад отдельных видов антропогенной деятельности в поступлении кадмия в среду обитания различен. Основным источником атмосферного загрязнения, связанного с деятельностью человека, являются тепловые и иные электростанции (27 %) предприятия черной металлургии (24,3 %), предприятия по добыче нефти (15,5 %), транспорт (13,1 %), предприятия цветной металлургии (10,5 %), а также предприятия по добыче и изготовлению строительных материалов (8,1 %).

Очистка сточных вод в городах с развитой промышленностью сопровождается образованием значительных объемов осадков, состоящих из органического вещества с

минеральными компонентами. Органические компоненты этих осадков обладают высокой способностью адсорбировать катионы тяжелых металлов, включая кадмий [12, 28].

Тяжелые металлы в минеральных удобрениях являются естественными примесями, содержащимися в горных рудах. Наиболее существенными как по набору, так и по концентрациям примесей тяжелых металлов, в том числе кадмием являются фосфорные удобрения [29].

Распределение токсичных элементов в почве определяется многими факторами и зависит от особенностей источников загрязнения, метеорологических характеристик региона, геохимических факторов ландшафтной обстановки в целом. Элементы-токсиканты, загрязняющие почву, концентрируются в верхнем слое (0–10 см) [12].

В среднем осадочные породы содержат более высокие концентрации кадмия, чем магматические или метаморфические породы, и поэтому молодые почвы, образовавшиеся из осадочных пород, будут содержать более высокие концентрации кадмия. В магматических и осадочных породах концентрация кадмия не превышает 0,3 мг/кг, тогда как в глинистых осадках и сланцах она заметно выше, что связано с процессами его накопления в этих средах. Содержание кадмия в почвах в значительной степени определяется химическим составом материнских пород. В среднем уровень этого элемента в почвах варьирует от 0,07 до 1,1 мг/кг, при этом фоновые значения, как правило, не превышают 0,5 мг/кг [26, 30, 31].

Концентрация кадмия в почвах сельскохозяйственного назначения зависит от его содержания, присутствующего в материнских породах, из которых формируются почвы, количества, добавленного в виде удобрений и иных добавок, количества, попавшего в почву из атмосферы, и уровня, удаленного собранным урожаем и выщелачиванием. Среди коммерческих удобрений фосфорные содержат несколько повышенные уровни кадмия. Результаты показывают, что их длительное использование приводит к незначительному увеличению концентрации кадмия в поверхностных почвах [31]. Исследования показывают значительную концентрацию кадмия в почвах, орошаемых сточными водами, даже несмотря на то, что эти уровни были ниже допустимых пределов в водной и почвенной матрицах [32].

В целом средняя концентрация кадмия в почвах находится в диапазоне 0,1–0,5 мг/кг. В сельскохозяйственных почвах кадмий может быть мобильным и доступным для поглощения сельскохозяйственными культурами, что в случае высоких концентраций кадмия становится проблемой с точки зрения загрязнения пищевых продуктов питания. На основе исследования 21682 образцов почвы было оценено пространственное распределение концентрации кадмия в верхнем слое почвы ЕС и Великобритании. Из общего числа

образцов 72,6 % имели значения менее 0,07 мг/кг, 21,6 % находились в диапазоне 0,07–1 мг/кг, а остальные 5,5 % превышали 1 мг/кг, который обычно считается предельным для оценки риска.

Распределение кадмия в верхнем слое почвы ЕС зависит от нескольких факторов. Среди прочих, значительными источниками природного кадмия являются выветривание горных пород, вулканические выбросы и пепел лесных пожаров. Природные факторы связаны с фоновым уровнем, обусловленным минералогическим составом материнского материала почвы, накопленным количеством выщелачивания, которому подвергалась почва, и возможным обогащением из внешних природных источников (вулканическая пыль). Наиболее важными переменными, влияющими на распределение кадмия, являются климат, расстояние от шахт и металлургических заводов, расстояние от угольных электростанций, рН почвы и содержание глины, температура поверхности и растительность. Концентрация кадмия в почве отрицательно коррелирует с температурой. Скорость поступления кадмия в растения находится в отрицательной зависимости с концентрацией кальция в почвенных растворах. В интервале рН 4–7,5 сорбционная емкость почв возрастает в среднем в 3 раза при увеличении рН на единицу. Использование средств химизации сельского хозяйства, интенсивное использование минеральных, органических удобрений и мелиорантов (известки) изменяет свойства и подвижность элементов в почве, кислые минеральные удобрения повышают подвижность кадмия в почвах [30].

Исследования показали, что содержание кадмия в сельскохозяйственных почвах ЕС вызывает озабоченность, а воздействие на здоровье населения кадмиевых «горячих точек» требует ограничения. По сравнению с 1990-ми годами поступление кадмия в почвы снижается, поскольку уменьшается количество вносимых удобрений, а выбросы кадмия в атмосферу сократились на 60 %. Кроме того, степень загрязнения кадмием не одинакова в отдельных государствах – членах. Поэтому степень обеспокоенности в разных регионах различна, и дальнейшие исследования должны быть сосредоточены на «горячих точках». Основным источником поступления кадмия в почву является внесение удобрений, а основным выходом – выщелачивание. Полученные данные оправдывают предложение Комиссии ЕС об установлении более низких пределов содержания кадмия в фосфорных удобрениях. Особое внимание следует уделить «горячим точкам» с содержанием кадмия более 1 мг/кг и сельскохозяйственным районам с интенсивным внесением удобрений [33].

Концентрация кадмия в незагрязненных сельскохозяйственных почвах в США колеблется от 0,1 до 1,0 мг/кг. За исключением ограниченного числа почв, полученных из материнских материалов с необычно высоким содержанием кадмия, органические почвы обычно содержат самые высокие общие концентрации указанного элемента, а сильно

выветренные почвы – самые низкие. Более высокие концентрации кадмия в поверхностных горизонтах, вероятно, обусловлены его круговоротом с меньшей глубины к поверхности и растениями. Многочисленные опубликованные данные показали, что химические свойства почвы, особенно ее рН, влияют на количество кадмия, поглощаемого культурами. В пересчете на сухой вес концентрация кадмия в культурах пищевой цепи, выращенных на незагрязненных почвах (за исключением почв с необычно высоким содержанием кадмия) колеблется от 0,01 до 1,0 мг/кг. Листовые овощи (салат-латук, шпинат) обычно характеризуются самыми высокими концентрациями кадмия, зерновые (пшеница, овес, ячмень) – самыми низкими, а корнеплоды (морковь, редис, лук, картофель) занимают промежуточное положение между двумя крайними значениями. Количество накопленного вещества зависит от уровня содержания кадмия в корнеобитаемом слое почвы, вида культуры и химических свойств почвы [34, 35, 36, 37].

В Новой Зеландии в большинстве регионов средние концентрации кадмия в почве были ниже 0,6 мг/кг, имеются территории с высокими средними значениями кадмия в почве сельскохозяйственных земель – до 0,90 мг/кг. По оценкам, в этих районах примерно в 1 % участков среднее содержание кадмия в почве превышает 1,8 мг/кг, обосновывается необходимость снижения уровня кадмия в удобрениях [38, 39, 40]. Средняя концентрация кадмия в почве, измеренная в базе данных, составила 0,35 мкг/г. Землепользования, связанные с возделыванием сельскохозяйственных культур, пастбищ и садоводством, имели более высокие концентрации кадмия в почве, чем фоновые землепользования. Земли садоводства имели самую высокую среднюю концентрацию кадмия в почве (0,50 мкг/г). В возделываемых почвах содержание кадмия в основном ниже среднего по стране показателя в 0,35 мкг/г [41].

Многочисленные исследования были посвящены изучению влияния внесения фосфорных удобрений на уровень кадмия в почве, при этом были получены разнонаправленные результаты. Фосфоритные и апатитовые породы, используемые для производства фосфорных удобрений, содержат ряд минералов, в том числе кадмий, количество которого зависит от типа фосфоритов и апатитов (с низким или высоким содержанием кадмия) [42]. В Норвегии был составлен баланс кадмия на основе внесения с удобрениями и атмосферными поступлениями, а также потерь урожая и выщелачивания. Ни на общее количество, ни на доступный (извлекаемый NH_4NO_3) кадмий в почве не оказало существенного влияния внесение кадмия через удобрения, хотя наблюдалась тенденция к увеличению кадмия в почвах с участков, получавших большее количество удобрений. Такая же тенденция наблюдалась и в отношении концентрации кадмия в растениях. Годовые показатели поступления кадмия (удобрения и атмосфера) варьировали

от 1,20 до 2,57 г/га в год, а показатели выноса кадмия (урожай и выщелачивание) – от 1,16 до 1,79 г Cd га/г. Расчеты баланса, основанные на семидесятилетних данных, показали, что накопление кадмия в почве составляет < 1 г Cd га, но увеличение доз коммерческих минеральных или органических удобрений, вероятно, приведет к увеличению накопления этого элемента. Это может иметь негативные последствия, поскольку содержание кадмия в почве будет увеличиваться более быстрыми темпами и приведет к увеличению его поглощения растениями. Хотя кадмий накапливался в результате внесения удобрений, скорость его накопления была медленной. Ежегодное увеличение общего содержания кадмия на удобренных участках варьировало от 0,04 до 0,12 %, что указывает на то, что в зависимости от внесения удобрений может потребоваться от 800 до 2000 лет для накопления кадмия, эквивалентного тому, который в настоящее время присутствует в почве [43].

Минеральные удобрения являются важным источником загрязнения почвы токсичными элементами, в том числе кадмием. Экспериментальные исследования показывают, что различия в свойствах почвы (например, кислотность и содержание органического вещества) в сочетании с содержанием кадмия в почве обуславливают краткосрочные (1 цикл уборки) колебания концентраций кадмия в культурах. Долгосрочные (100 лет) расчеты в подобных условиях полей и регионов показывают, что содержание кадмия в фосфорных удобрениях влияет как на уровень в почве, так и на уровень в сельскохозяйственных культурах. Динамическое моделирование на уровне ЕС показывает, что накопление обсуждаемого контаминанта в почве (пахотной и луговой) продолжится, если содержание кадмия в фосфорных удобрениях превышает 20 мг/кг P₂O₅ [44].

Загрязнение почв активно изучается в Китае, где 11 провинций и 25 регионов характеризуются загрязнением кадмием почвы. Показано, что свойства почвы, такие как рН, органическое вещество почвы, емкость катионного обмена, являются наиболее важными факторами, влияющими на накопление кадмия в овощах [45].

Высокое содержание кадмия отмечено в Японии, где выделено 13 техногенных аномалий с серьезным загрязнением почвы. Детоксикация таких почв представляет значительную сложность, так как кадмий включается в состав гумуса, активно поглощается и надолго удерживается в корнеобитаемом слое [46].

Фоновое содержание кадмия в почвах СНГ варьирует в зависимости от их типа: в дерново-подзолистых почвах – 0,25–0,7 мг/кг, в серых лесных – 0,3–0,6 мг/кг, а в черноземах – 0,6–1,0 мг/кг. В среднем для почв в глобальном масштабе этот показатель составляет около 0,5 мг/кг [30].

Кадмий по своим химическим свойствам сходен с цинком, но отличается большей подвижностью в кислых средах. В почвенном растворе он присутствует преимущественно в виде иона Cd^{2+} , но также способен образовывать комплексные ионы (CdCl^+ , CdOH^+ , CdHCO_3^+ , CdCl_3^- , CdCl_4^{2-} , $\text{Cd}(\text{OH})_3^-$) и органические хелаты. Подвижность кадмия в почве зависит от уровня кислотности среды (рН) и окислительно-восстановительного потенциала. В кислых почвах адсорбция кадмия глинистыми минералами играет важную роль, а при рН выше 7,5 кадмий, закрепленный в почве, становится менее подвижным. На активность кадмия в почвах решающее влияние оказывает величина рН. Концентрация кадмия в почвенных растворах обычно составляет 0,2–6 мкг/л. В условиях промывного увлажнения происходит его миграция с инфильтрационными водами в нижние горизонты почвы. В некоторых случаях, при сильном антропогенном загрязнении, содержание кадмия в почвенных слоях на глубине 80–100 см достигало 2–3 мг/кг [30].

Токсичность кадмия снижает всхожесть семян, рост, биомассу и качество овощей. При этом угнетается фотосинтез, устьичная проводимость и изменяется минеральное питание. Токсичность кадмия также нарушает биохимические реакции в растениях, вызывая окислительный стресс и приводя к снижению активности антиоксидантных ферментов [36].

Кадмий характеризуется высокой токсичностью относительно почвенной биоты и фитотоксичностью, которая объясняется в первую очередь тем, что он может выступать в роли цинка во многих биохимических процессах, нарушая работу ферментов, связанных с дыханием и другими физиологическими процессами (карбоангидразы, различных дегидрогеназ и фосфатаз), а также участвующих в белковом обмене (протеиназы и пептидазы), ферментов нуклеинового обмена и др. Как химический аналог цинка, кадмий заменяет его в ферментативных системах, участвующих в фосфорилировании глюкозы, что нарушает процессы образования и потребления углеводов. Такое замещение вызывает дефицит цинка в тканях растений, что приводит к подавлению их жизнедеятельности и, в конечном итоге, к гибели. Сделан вывод, что предельная концентрация кадмия в почве, с учетом его токсического действия на микробиологические процессы и снижение уровня плодородия почв должна находиться, в зависимости от состояния естественного уровня плодородия, в пределах от 0,2 до 2,0 мг/кг почвы. При этом в одних и тех же условиях разные виды растений усваивают из почвы различные количества кадмия. Отмечается повышенное накопление кадмия отдельными культурами, в первую очередь – зеленым [12, 49].

В связи с высокой токсичностью и подвижностью соединений кадмия в ряде стран (Европа, США, Канада, ЮАР, Австралия, Китай) в почвах сельскохозяйственного назначения нормируется его содержание в диапазоне от 0,11 до 5,20 мг/кг [47, 48].

Постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 28 января 2021 года № 2 утверждены санитарные правила и нормы СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания», согласно которым ориентировочно допустимые концентрации (далее – ОДК) кадмия в почве, составляющие для песчаных и супесчаных почв, кислые (суглинистые и глинистые), рН КС1 < 5,5, близкие к нейтральным, нейтральные (суглинистые и глинистые), рН КС1 > 5,5–0,5, 1,0 и 2,0 мг/кг с учетом фона (кларка), соответственно.

Предельно допустимая концентрация (далее – ПДК) подвижных форм кадмия в почвах в национальных нормативных документах государств – членов ЕАЭС отсутствует, что осложняет экологическую оценку загрязнения сельскохозяйственных земель. Учитывая, что значительная часть кадмия поступает в организм человека алиментарным путем, регламентируются его уровни в пищевых продуктах и кормах для животных [49].

Согласно опубликованным данным загрязнение территории Российской Федерации токсичными элементами, в том числе кадмием, от других стран более чем в 10 раз превышает загрязнения иных государств поллютантами от российских источников, что обусловлено доминированием западно-восточного переноса воздушных масс. На европейской территории России выпадение кадмия от источников из Украины ежегодно превышает 40 т, из Польши – равняется почти 9 т, Беларуси – 7 т, Германии – более 5 т. В целом по России среднее содержание всех определяемых тяжелых металлов не превышает 0,5 ПДК (ОДК) валовых форм тяжелых металлов в почвах, однако коэффициент вариации по отдельным элементам находится в пределах 69–93 %, за исключением кадмия, для которого он достигает 132 % [26].

В Республике Беларусь также проводились исследования проб почвы на содержание тяжелых металлов в зоне влияния крупного предприятия по производству стройматериалов. Для оценки состояния почв и растений использовались фактические значения содержания в них химических веществ [52]. Оценка содержания кадмия в почвенном покрове показала, что средние концентрации валовых форм элемента в почвах сельскохозяйственных и лесных земель во всех направлениях от предприятия превышали геохимический фон. Содержание кадмия в почвах лесных земель изменяется в широком диапазоне от 0,1 до 1,85 мг/кг, в почвах сельскохозяйственных земель – от 0,12 до 1,59 мг/кг. В почвах сельскохозяйственных земель высокие концентрации валовых форм

кадмия выявлены по всем направлениям. Следует отметить, что высокое содержание валовых форм кадмия обнаруживается повсеместно в радиусе 8 км от источника загрязнения как в почвах сельскохозяйственных, так и в лесных землях [52].

Повышенное содержание подвижных форм кадмия в исследуемых почвах может свидетельствовать о техногенном факторе его накопления. Результаты анализа растительной продукции, выращенной на участках с высоким содержанием валовых форм тяжелых металлов на содержание кадмия и оценка ее по гигиеническим нормативам безопасности показали, что превышения максимальных допустимых уровней кадмия в выращиваемых зерновых не наблюдались [52].

В различных странах изучаются меры по управлению содержанием кадмия в сельскохозяйственных почвах и, соответственно, продукции растительного происхождения. Рассматривается эффективность органических и минеральных добавок к почве. В целом, органические добавки оказывали незначительное влияние на конечный рН смесей почва/почвенные добавки по сравнению с начальным рН почвы. Минеральные добавки приводили к повышению рН почвы, причем наиболее выраженный эффект наблюдался при использовании извести [46]. Применение регуляторов роста растений, правильное минеральное питание, использование органических и неорганических добавок могут быть эффективными для снижения токсичности кадмия в овощах. Отмечается, что использование овощных культур с низким уровнем накопления кадмия в сочетании надлежащей сельскохозяйственной практикой может стать полезным методом снижения воздействия кадмия в пищевой цепи [39].

Уровень кадмия в почве также может быть снижен с помощью различных методов восстановления, таких как фиторемедиация, восстановление почвы с помощью микроорганизмов, химическое восстановление, использование питательных веществ и органических добавок. Кроме того, перспективным рассматривается путь создания с помощью генной инженерии и молекулярной селекции растений, толерантных к токсичности кадмия. Отмечается, что для обоснованного вывода, необходимы долгосрочные полевые испытания для оценки анализа рисков и выгод различных стратегий управления [53]. Рассматриваются различные технологии управления уровнем кадмия в почвах. Было установлено, что применение и выбор различных технологий обработки зависит от площади почвы, содержания кадмия, времени обработки и других факторов. В будущем рекультивация загрязненной кадмием почвы должна быть научно обоснована и выбрана в соответствии с местной фактической ситуацией, при этом уделяя внимание совместному применению различных методов [54].

Одной из мер по управлению уровнем кадмия в почву сельхозугодий и, соответственно, пищевой продукции является установление допустимых уровней содержания кадмия в различных видах удобрений, в том числе – в фосфорных, что реализовано в ЕС [55].

1.2 Контаминация пищевой продукции растительного происхождения кадмием

Концентрации кадмия в культурах, выращенных на почвах с повышенным содержанием кадмия, естественного происхождения или из антропогенных источников, могут накапливаться в количествах, значительно превышающих 1,0 мг/кг. Накопленные количества зависят от уровня содержания кадмия в корнеобитаемом слое почвы, вида культуры и химических свойств почвы [40, 50].

Исследования, проведенные в Польше, показали, что концентрации кадмия и Рb в образцах свежих, переработанных, замороженных и сушеных фруктов и овощей существенно различались. Самые высокие концентрации были закономерно зафиксированы в сушеных продуктах. В некоторых образцах фруктов и овощей превышены предельно допустимые концентрации кадмия [56].

Концентрация кадмия в 10 видах растений, выращенных в нейтральной поверхностной почве (0,65 ppm Cd), варьировала от 0,18 ppm в клубнях картофеля до 0,99 ppm в корнях сои в пересчете на сухое вещество. Добавление 5 ppm Cd заметно увеличивало концентрацию в растениях, особенно высокой она была в листьях салата (10,36 ppm) и листьях табака (11,57 ppm). Концентрация кадмия, как правило, в съедобной части (семена, плоды, клубни) была ниже, чем в других частях растения. В экспериментальных условиях с пятью почвами экстрагируемый кадмий уменьшился при известковании образцов кислой почвы. При сравнении песчаных суглинистых почв, а также поверхностного и подпочвенного слоев песка, экстрагируемый кадмий увеличивался при более высоком содержании органического вещества в почве [57].

В Китае изучались концентрации кадмия в 52 видах овощей в период с 2018 по 2022 год и оценивался связанный с этим риск для здоровья местных потребителей. Средняя концентрация кадмия составила 0,035 мг/кг, а доля образцов, превышающих предельно допустимую концентрацию, составила 3,89 %. Луковичные овощи характеризовались более высоким относительным накоплением кадмия по сравнению с другими овощами. Уровни содержания кадмия в овощах значительно различались по районам и годам отбора проб. Отмечается важность постоянного мониторинга содержания токсичных элементов [58]. Эти результаты указывают на то, что существуют значительные различия в поглощении и накоплении кадмия между овощами. Способность к накоплению кадмия располагалась в следующем порядке: листовые овощи → корнеплоды → пасленовые овощи. Когда значения

свойств почвы превышали пороговые значения, накопление кадмия в овощах, как правило, было стабильным. Модели прогнозирования показали, что рН был ведущим фактором, влияющим на накопление кадмия в овощах [59]. Следовательно, можно уменьшить поглощение и накопление кадмия в съедобных частях сельскохозяйственных культур путем выбора видов овощей с низкой способностью к накоплению кадмия [60].

В условиях контролируемого эксперимента показано влияние различных концентраций кадмия на уровень его поглощения, а также накопления в различных частях овощей. Накопление кадмия превышало допустимые пределы для потребления человеком, а его накопление в различных частях растений различалось. В наибольшей степени накопление указанного металла было характерно для брокколи (все части), в наименьшей – для укропа и эстрагона [29].

В Новой Зеландии были измерены концентрации кадмия в 10 коммерческих сортах картофеля, которые варьировали от 0,004 до 0,574 мг/кг сухой массы (0,001–0,113 мг/кг полной массы), хотя общая концентрация кадмия была ниже максимального предела в 0,1 мг/кг полной массы для потребления человеком. Наблюдались значительные различия (в 2,8 раза) в концентрациях кадмия между сортами картофеля. Значительных связей между свойствами почвы и концентрациями кадмия в картофеле обнаружено не было [61].

Последние годы вопрос нормирования уровня кадмия в какао является предметом обсуждения на международном уровне. Продукты на основе какао были определены как источники пищевой продукции с относительно высоким содержанием кадмия. Оценена концентрация кадмия в почвах, где произрастает какао, в четырех основных сельскохозяйственных регионах с контрастным климатом в Перу, одном из основных экспортеров продуктов какао в мире. На каждом участке исследования ($n = 40$) оценивался широкий спектр потенциальных факторов, влияющих на концентрацию кадмия, т. е. участок, почва и используемые меры по управлению его содержанием. Концентрация кадмия варьировала в пределах 1,1–3,2 мг/кг. Средние значения по региону были ниже 2,7 мг/кг, что обычно считается верхним пределом для незагрязненных почв. Концентрации кадмия были значительно ($p < 0,001$) выше на участках, расположенных на больших высотах и в умеренном, более сухом климате. Факторы управления (сорт какао, год выращивания, агротехника и агрохимия не оказывали прямого влияния на концентрацию кадмия [59].

В рамках исследования Gareth J. Norton, 2015 проведено определение кадмия во фруктах и овощах (~ 1300 образцов), выращенных на юго-западе Великобритании. По результатам исследования для кадмия 0,2 % образцов превысили МДУ [62].

Высокие уровни кадмия в семенах подсолнечника установлены в исследованиях Nguyen C. [63].

1.3 Содержание кадмия в продукции животного происхождения

В ряде работ подчеркивается целесообразность систематического контроля безопасности кормов и продуктов животного происхождения. Показано, что употребление животными загрязненного корма (содержание кадмия 2,05–4,86 мг/кг) уровни массовой доли этого токсичного металла в почках варьировали от 0,67 до 12,96 мг/кг, а в печени – от 0,07 до 1,69 мг/кг. Уровень кадмия во всех образцах мышц варьировал от < 0,01 до 0,04 мг/кг. После удаления загрязненной кормосмеси уровни кадмия в тканях продуктивных животных снизились до нормы ($w(\text{Cd}) = 0,19\text{--}0,63$ мг/кг в почках, 0,03–0,1 мг/кг в печени и < 0,01 мг/кг в мышцах) [64].

Коллективом авторов (Paulien Adamse и др., 2017) на основе данных голландской программы мониторинга кормов и данных, полученных от представителей кормовой промышленности за период 2007–2013 гг. были изучены тенденции в процентном соотношении образцов, превышающих максимальный предел, установленный ЕС, а также тенденции в средних, медианных и высоких (на уровне 90 перцентиля) концентрациях. Показано, что кадмий обнаруживается практически во всех видах такой продукции, превышений при этом не зафиксировано, за исключением кормов из морепродуктов. Указанное подтверждает возможность контаминации пищевой продукции животного происхождения [65].

2 Гигиеническая характеристика и регламентация кадмия в пищевых продуктах

2.1 Токсиколого-гигиенический профиль кадмия и его гигиеническая регламентация

Кадмий является одним из наиболее опасных тяжелых металлов, обладающих кумулятивными свойствами и выраженным токсическим действием на организм человека [66]. Агентство по регистрации токсичных веществ и заболеваний (ATSDR) включил кадмий в список семи наиболее токсичных тяжелых металлов [67], а IARC классифицировал кадмий и его соединения как канцерогенные для человека (Группа 1) [68].

Данные FDA, полученные в рамках «Исследования общего рациона (Total Diet Study)» за 2014–2016 годы, показывают, что семена подсолнечника содержат наибольшее количество кадмия – 375 мкг/кг продукта, что более чем в 3 раза выше, чем в других исследуемых пищевых продуктах (отварной шпинат (117 мкг/кг), картофельные чипсы (93 мкг/кг), листовой салат (62 мкг/кг), айсберг-салат (54 мкг/кг), арахисовая паста (53 мкг/кг), пшеничные хлопья (51 мкг/кг), жареный арахис (45 мкг/кг), картофель фри (44 мкг/кг) и печень (38 мкг/кг)) [69].

Кадмий повсеместно присутствует в рационе питания. В среднем в день с пищевыми продуктами поступает 10–60 мкг кадмия, с водой – 2–20 мкг, с вдыхаемым воздухом – 0,02–0,8 мкг [70].

Оценка поступления кадмия с пищевыми продуктами показала, что, в среднем, его поступления из всех видов пищевых продуктов составляет от 2,2 до 12 мкг/кг массы тела в месяц (далее – МТ/месяц), или 9–48 % от допустимого уровня потребления в месяц (РТМІ); для детей в возрасте до 12 лет, среднее поступление кадмия с пищей составляет 11,9 мкг/кг МТ/месяц (47 % от РТМІ). Показано, что для большей части взрослого населения США уровень потребления кадмия с пищевыми продуктами составляет от 6,9 до 12,1 мкг/кг МТ/месяц (28–48 % РТМІ). Для детей от 0,5 до 12 лет это значение составляет от 20,4 до 22,0 мкг/кг МТ/месяц (82–88 % РТМІ) [71].

Процесс абсорбции кадмия в желудочно-кишечном тракте имеет ряд особенностей. У взрослых всасывание составляет в среднем 3–7 % от поступившего количества, однако этот показатель значительно варьирует в зависимости от физиологического статуса. У лиц с дефицитом железа абсорбция может увеличиваться до 20 %, у детей всасывание также повышено по сравнению со взрослыми. Абсорбция кадмия повышена также у беременных женщин [72, 73]. Кроме того, на всасывание влияет состав диеты – дефицит кальция, белка и цинка усиливает абсорбцию. Время достижения максимальной концентрации (Т_{max}) составляет 1,5–3 часа, а биодоступность колеблется от 1,5 до 7 % у здоровых взрослых [74].

После абсорбции кадмий связывается с белками плазмы (преимущественно с альбумином) и распределяется по органам и тканям. Около 50 % накопленного кадмия депонируется в почках, 15–20 % – в печени, остальное количество распределяется в других органах и тканях, включая кости. Его распределение в тканях характеризуется значительной избирательностью: при условном коэффициенте накопления 1 в мозге, в костях он достигает 15, в яичниках – 250, в печени – 500, а в почках – 1500, что делает последние основным органом-мишенью токсического действия кадмия. Период полувыведения элемента из организма варьирует от 13 до 40 лет, а смертельная доза для человека составляет около 150 мг/кг [28, 50]. В клетках кадмий преимущественно связывается с металлотионеином – низкомолекулярным белком, который играет защитную роль, уменьшая токсическое действие металла [75]. Однако при превышении защитных возможностей этой системы развивается токсический эффект.

Абсорбированный кадмий выводится крайне медленно, причем экскреция с мочой и калом примерно одинакова. Период полувыведения кадмия из почек человека составляет 6–38 лет, а из печени – 4–19 лет. В наиболее медленной фазе выведения период полувыведения составляет 20–50 % от максимальной продолжительности жизни организма [76; 77, 27]. У лабораторных животных (мыши, крысы, кролики, обезьяны) этот показатель варьирует от нескольких месяцев до нескольких лет [78]. Выведение с желчью и через кишечник минимально. Такая длительная персистенция приводит к прогрессирующему накоплению кадмия в организме, особенно в почках.

Экспериментальные данные на животных демонстрируют следующую картину острой токсичности кадмия при пероральном введении. Исследования показывают, что значения LD50 для кадмия у крыс и мышей варьируют в диапазоне 100–300 мг/кг [79–83]. При этом минимальная летальная доза, вызывающая гибель 2 из 20 животных, составила 15,3 мг/кг у крыс линии Sprague-Dawley, как установили Borzelleca et.al. [84]. Многочисленные исследования [81, 85] демонстрируют, что молодые животные проявляют повышенную чувствительность, выражающуюся в более низких значениях LD50 по сравнению со взрослыми особями. Этот эффект может быть связан с более высокой степенью абсорбции кадмия в незрелом организме. Конкретные значения LD50 у крыс разного возраста, полученные в исследованиях, показывают четкую возрастную динамику: у животных в возрасте 2 недель LD50 составляет 47 мг/кг, в 3 недели – 240 мг/кг, в 6 недель – 216 мг/кг, в 18 недель – 170 мг/кг, и в 54 недели – 109 мг/кг [81]. Эти данные убедительно свидетельствуют о существенном влиянии возраста на чувствительность организма к токсическому действию кадмия при пероральном поступлении.

Максимальная доза, не приводящая к развитию наблюдаемых эффектов (NOAEL) – от 0,4 до 2,6 мг/кг МТ/сутки; минимальная доза, вызывающая заметные изменения (LOAEL) – от 4 до 15 мг/кг МТ/сутки.

Основными органами-мишенями при хроническом пероральном поступлении кадмия являются почки и костная система. В почках критическая концентрация составляет 200 мкг Cd/г коркового вещества [86]. При достижении этого уровня развивается протеинурия, нарушение канальцевой функции, снижение реабсорбции аминокислот и глюкозы, а в тяжелых случаях – почечная недостаточность. Поражение костной системы проявляется нарушением минерализации костей, остеомалацией, остеопорозом и спонтанными переломами, что было продемонстрировано в случаях массового отравления в Японии (болезнь «итай-итай») [87].

Несмотря на отнесение кадмия к канцерогенам 1 группы по классификации IARC на основании данных о его онкогенности при ингаляционном воздействии, анализ международных исследований [88–95] не выявил убедительных доказательств развития канцерогенных эффектов у человека при пероральном поступлении соединений кадмия.

2.2 Анализ нормирования кадмия в пищевой продукции и сырье для ее производства в Европейском союзе и согласно стандартам Кодекс Алиментариус

Сравнительный анализ нормирования кадмия в пищевой продукции в соответствии с законодательством ЕС, ЕАЭС и на международном уровне приведен в таблице А.1 приложения А.

Результаты сравнительного анализа ДУ содержания кадмия в пищевой продукции, установленные в нормативных документах ЕАЭС (технический регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» (ТР ТС 021/2011), ЕС (Регламент Комиссии (ЕС) 2023/915 от 25 апреля 2023 г. О максимальных уровнях некоторых загрязняющих веществ в пищевых продуктах и об отмене Регламента (ЕС) № 1881/2006) и стандарте Кодекс Алиментариус (CXS 193-1995 Общий стандарт на загрязняющие примеси и токсины в пищевых продуктах и кормах) свидетельствуют о различиях как в подходах к нормированию обсуждаемого контаминанта, так и в допустимых уровнях его содержания в пищевой продукции.

В ЕАЭС содержания кадмия нормируется во всех группах пищевой продукции, при этом установлены различные МДУ содержания кадмия в сырье и готовой продукции, что обусловлено изменением содержания кадмия в процессе переработки сырья (концентрация, разведение и др.).

В Регламенте Комиссии (ЕС) 2023/915 и стандарте Кодекс Алиментариус CXS 193-1995 содержание контаминантов нормируется как правило только в сырье, при

этом содержание кадмия регламентировано не во всех группах пищевых продуктов. Стандартом Кодекс Алиментариус CXS 193-1995 не нормируются допустимые уровни содержания кадмия в молоке и молочной продукции, масличных культурах и масложировой продукции, продукции животного происхождения, за исключением двустворчатых моллюсков и головоногих моллюсков, сахаре, меде, грибах, орехах, пищевой продукции для детского питания, БАД к пище. В ЕС содержание обсуждаемого загрязнителя также не нормируется в молоке и молочной продукции, масложировой продукции, сахаре, меде.

Стандартом Кодекс Алиментариус CXS 193-1995 установлены МДУ содержания кадмия во фруктах, овощах, зерне. Его нормирование в указанных группах продуктах более дифференцировано по сравнению с ТР ТС 021/2011, при этом МДУ кадмия превышают значения, установленные в нормативных актах ЕАЭС.

В ЕС нормируется содержание кадмия в фруктах, овощах, орехах, зерновых, зернобобовых, грибах, масличных культурах, крупах, продуктах убой, рыбе и морепродуктах, какао и шоколадных изделиях, напитках, пищевой продукции для детского питания, БАД к пище, пищевых добавках. В Регламент Комиссии (ЕС) 2023/915 нормирование кадмия в большинстве указанных групп продуктах более дифференцировано по сравнению с ТР ТС 021/2011 и со стандартом Кодекс Алиментариус CXS 193-1995.

Семена подсолнечника является объектом регулирования Технического регламента таможенного союза «О безопасности зерна» (ТР ТС 015/2011).

В соответствии с Приложением 2 Технического регламента таможенного союза «О безопасности зерна» (ТР ТС 015/2011) содержание кадмия в семенах (зернах) масличных культур не должно превышать следующих значений (таблица 1).

Таблица 1 – Максимально допустимые уровни содержания кадмия в семенах масличных культур согласно ТР ТС 015/2011

Наименование продукции	МДУ	Примечание
Масличные культуры (подсолнечник, лен, рапс, горчица, кунжут, арахис)	0,1	–
	0,2	Для семян подсолнечника, предназначенных для непосредственного употребления в пищу
	0,35*	Для семян подсолнечника, предназначенных для промышленной переработки на масло подсолнечное
* Для изготовителей государств – членов Евразийского экономического союза, изготавливающих масло подсолнечное из семян подсолнечника, произведенных на территориях Республики Казахстан и Российской Федерации и предназначенных для промышленной переработки на масло подсолнечное		

Решением Совета Евразийской экономической комиссии от 15 сентября 2017 г. N 101 «О внесении изменения в приложение 2 к техническому регламенту Таможенного союза «О безопасности зерна» (ТР ТС 015/2011)» для семян подсолнечника, предназначенных для непосредственного употребления в пищу установлен отдельный норматив содержания кадмия – не более 0,2 мг/кг. *Указанное изложение нормативов для семян подсолнечника формирует предпосылки для различной трактовки требований, поскольку ТР ТС 015/2011 устанавливает требования к продукции для пищевых целей, а определение термина «для непосредственного употребления в пищу» не установлено.* В семенах подсолнечника, предназначенных для промышленной переработки на масло подсолнечное, содержание кадмия не должно превышать 0,35 мг/кг. Этот норматив установлен только для производителей, изготавливающих масло подсолнечное из семян подсолнечника, полученных на территориях Республики Казахстан и Российской Федерации и предназначенных для промышленной переработки на масло подсолнечное. Обоснованием для его введения явился факт того, что в подсолнечнике кадмий является элементом, связанным с белковым компонентом семян, и практически не переходит в масло при отжиге.

Анализ 86 проб семян подсолнечника на соответствие законодательным требованиям Евразийского экономического союза, показал, что в 39 пробах семян подсолнечника содержание кадмия составило от 1,1 до 5,2 МДУ (при норме 0,1 мг/кг). На основе полученных результатов испытаний семян подсолнечника были проведены исследования содержания кадмия в пищевых продуктах содержащих большое количество семян подсолнечника или продукты их переработки (халва, козинаки и др.). В 3 из 5 образцов подсолнечной халвы фактическое содержание кадмия превышало гигиенический норматив и находилось в пределах от 0,112 до 0,314 мг/кг [96]. Содержание кадмия в семенах подсолнечника составило $0,16 \pm 0,001$ мг/кг, что косвенно подтверждает наличие проблемы [23]

При этом следует отметить отсутствие отдельного норматива для ядра подсолнечника. По сути, семена подсолнечника и ядро подсолнечника являются продуктами с разным составом, но их съедобная часть – ядро после очистки (лущения), непосредственно употребляемая в пищу, идентична. Также необходимо принимать во внимание, что ядро является непосредственным производным семян подсолнечника.

Ядро подсолнечника может являться как продуктом для непосредственного употребления в пищу, так и сырьем для производства халвы или козинаков, что обуславливает целесообразность дифференцированного нормирования кадмия в исходном сырье, а также продукции, изготовленной с его использованием.

Нормирование в отношении химических контаминантов для готового продукта по сырью логично использовать в отношении продукции, для которой технологические процессы или способы обработки не меняют существенно их концентрацию.

При этом и научные данные, и результаты наших исследований свидетельствуют, что кадмий аккумулируется в ядре (эндосперме) семени, а не в шелухе (кожуре). При лущении масса продукта уменьшается на 20–40 % массы и концентрация кадмия в ядре закономерно выше, чем в неочищенных семенах подсолнечника.

ДУ кадмия в сахаристых и мучных кондитерских изделиях, восточных сладостях, в том числе в продуктах переработки семян (ядра) подсолнечника – халве и козинаках – и идентичен таковому для семян подсолнечника и составляет 0,1 мг/кг. Указанное обуславливает вероятность превышения указанного норматива в многокомпонентной продукции (халва и козинаки) с учетом технологической неизбежности переноса кадмия из сырья в готовый продукт. При этом для семян подсолнечника для непосредственного употребления в пищу ДУ составляет 0,2 мг/кг.

Согласно законодательству Европейского Союза [97] МДУ кадмия в семенах льна и подсолнечника не должно превышать 0,5 мг/кг. Данное МДУ установлено на основе данных, полученных Европейским агентством по безопасности пищевой продукции (EFSA), о поступлении кадмия в организм со всеми видами пищевой продукции (с учетом его содержания в масличном сырье) [98].

Вследствие высоких рисков здоровью потребителей при загрязнении пищевой продукции кадмием, Комитетом Комиссии Кодекс Алиментариус по загрязняющим примесям разработано руководство по способам снижения количества кадмия в бобах какао «Code of practice for the prevention and reduction of cadmium contamination in cocoa beans» (СХС 81-2022). В данном руководстве говорится, что профилактика и снижение содержания Cd в какао, в ядрах подсолнечника и других сельскохозяйственных растениях должна начинаться с физико-химического анализа почвы. Это положение основывается на имеющихся данных зависимости концентрации кадмия в культивируемых растениях от уровня его содержания в почвах. Кроме того, анализ способности к кумуляции металлов различными видами с/х культур показал, что содержание Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni и Pb выше в листовых культурах. Уровень содержания этих металлов в растениях также зависел от исследуемой части растения (листья, корни, стебель, семена). На содержание кадмия в пищевых зернах влияет вид используемых удобрений [99].

Известно, что подсолнечник (*Helianthus annuus* L.) способен накапливать тяжелые металлы (Hg, Pb, Ni, Co, Fe, Cd и др.) в надземных частях растения. Это свойство

используется в процессе фиторемедиации почв. Внесение в почву органических кислот повышает способность подсолнечника к концентрации этих веществ [100, 101].

Результаты производственного контроля отдельных изготовителей пищевой продукции государств – членов Евразийского экономического союза (ЕАЭС) свидетельствуют, что количество проб сырья (ядро подсолнечника) для производства халвы и козинаков с содержанием кадмия, превышающим МДУ, за 2021–2023 годы выросло на 35,2 % (письмо Министерства экономики Республики Беларусь от 11 марта 2024 г. № 19-01-10/2052).

Результаты этих исследований, а также обращения производителей по поводу превышения норматива содержания кадмия в семенах подсолнечника и пищевой продукции из них, свидетельствуют о возможной необходимости актуализации регламентов безопасности этой продукции. Вместе с тем, имеющиеся данные получены на относительно небольшой выборке, что требует проведения дополнительных анализов и оценок рисков здоровью потребителей.

С учетом токсичности, высокой способности к биоаккумуляции, кадмий является предметом гигиенического нормирования на международном, региональном и международном уровнях в различных объектах среды обитания и видах продукции.

В таблице А.2 приложения А приведены значения допустимых концентраций (уровней) кадмия в отдельных объектах среды обитания (воздухе, воде, почве), а также продукции.

2.3 Методическое обеспечение контроля содержания кадмия в пищевой продукции

2.3.1 Характеристика методов, включенных в перечни взаимосвязанных стандартов к техническим регламентам Таможенного Союза / Евразийского экономического союза

Характеристика методов, включенных в перечни взаимосвязанных стандартов к техническим регламентам Таможенного / Евразийского экономического союза приведена в таблице Б.1 приложения Б.

Для определения содержания токсичных элементов, в частности кадмия, в пищевых продуктах, в том числе в ядре подсолнечника и пищевой продукции, изготавливаемой на его основе (халва, козинаки) перечни стандартов к техническим регламентам Таможенного Союза «О безопасности пищевой продукции» (ТР ТС 021/2011), «О безопасности зерна» (ТР ТС 015/2011), «О безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств» (ТР ТС 029/2012), «О безопасности молока и молочной продукции» (ТР ТС 033/2013), «О безопасности мяса и мясной продукции» (ТР ТС 034/2013) включают 23 ТНПА, основанные на различных методах элементного

анализа. Из них 10 – межгосударственных стандартов, 9 – государственных стандартов, 4 методики выполнения измерений.

Все рассмотренные методы применимы для количественного элементного анализа выбранных объектов исследования, однако имеют определенные методические различия и, следовательно, обладают разными достоинствами.

В таблице В.1 приложения В приведена характеристика пробоподготовки, описанной в методических документах, используемых для количественного определения кадмия в семенах масличных культур.

Анализ методов, используемых для количественного определения кадмия в семенах подсолнечника, с учетом пробоподготовки свидетельствует, что фактическое его определение проводится в ядре подсолнечника.

2.3.2 Общая характеристика лабораторного потенциала по определению кадмия в пищевой продукции (данные Республики Беларусь)

Согласно информации из Реестра Национальной системы аккредитации Республики Беларусь (раздел «Аккредитованные испытательные лаборатории») по состоянию на 6 декабря 2024 года в Национальной системе аккредитации Республики Беларусь аккредитовано на определение кадмия в пищевой продукции на соответствие законодательства ЕАЭС (технические регламенты Таможенного / Евразийского экономического союза) 76 испытательных лабораторий. Ведомственная подчиненность испытательных лабораторий приведена на рисунке 1.

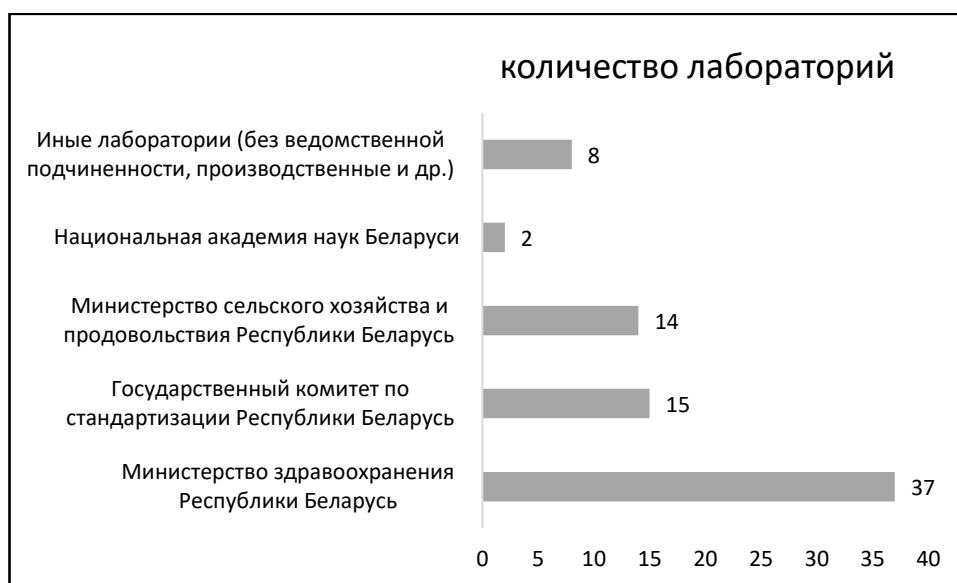


Рисунок 1 – Ведомственная подчиненность испытательных лабораторий

В части аккредитованных лабораторий Министерства здравоохранения Республики Беларусь – лаборатории уполномоченных органов в области санитарно-эпидемиологического благополучия населения, составляющие 49 % от общего числа, а именно:

1 лаборатория республиканского уровня (научно-исследовательский институт гигиены, токсикологии, эпидемиологии, вирусологии и микробиологии государственного учреждения «Республиканский центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья»);

1 лабораторный отдел государственного учреждения «Центр гигиены и эпидемиологии» Управления делами Президента Республики Беларусь;

6 лабораторий областных центров гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья;

18 лабораторий зональных центров гигиены и эпидемиологии;

9 лабораторий районных центров гигиены и эпидемиологии;

2 лаборатории городских центров гигиены и эпидемиологии.

Характеристика методов, используемых лабораториями уполномоченных органов в области санитарно-эпидемиологического благополучия населения Республики Беларусь и их характеристики приведены в таблице Б.2 приложения Б. Всего лабораториями для определения кадмия в семенах подсолнечника и продукции на его основе используется 7 ТНПА.

3 Характеристика семян подсолнечника и продукции, получаемой на его основе

3.1 Химический состав семян подсолнечника

Семена подсолнечника состоят из зерен (ядра) и семенной оболочки (лузги или шелухи). Лузга (шелуха) подсолнечника составляет 21–30 % от веса семян и, как правило, считается побочным продуктом. Данное значение зависит от сорта, условий окружающей среды, размера семян и содержания масла. Более низкие значения процентного содержания лузги является результатом селекционной работы по повышению содержания масла в семенах [23, 24]. В таблице 2 приведены данные о пищевой ценности семян подсолнечника.

Таблица 2 – Химический состав целых семян, ядер и лузги подсолнечника [23]

Наименование	Влажность, %	Зола, %	Белок, %	Липиды, %
Семена подсолнечника	6,16 ± 0,04	2,73 ± 0,04	33,85 ± 0,88	65,42 ± 0,40
Ядра подсолнечника	4,60 ± 0,03	3,31 ± 0,11	23,73 ± 1,31	32,50 ± 2,21
Шелуха	7,88 ± 0,09	2,45 ± 0,11	7,82 ± 0,22	8,81 ± 0,12

Результаты исследований показали, что семена подсолнечника содержат в среднем 33,85 % белков, 65,42 % липидов и 2,73 % золы, большая часть которой находится в ядрах. Так, в ядрах подсолнечника содержание белка составляет до 23,73 %, а содержание золы – до 3,31 %. Семена подсолнечника характеризуются высоким содержанием аминокислот: глутаминовой кислоты – 26,91 мас. % в пересчета на сухой вес %, аспарагиновой кислоты – 10,50 мас. %, аргинина – 9,75 мас. %, фенилаланина, тирозина, лейцина – 8,57 мас. %, метионина – 6,18 мас. %, цистеина – 3,47 мас. % [111].

Семена подсолнечника содержат большое количество витаминов, таких как витамин Е, группы В, фолиевая кислота и ниацин, а также минеральных веществ, таких как кальций, медь, железо, магний, марганец, селен, фосфор, калий, натрий и цинк [97].

Большая часть минеральных веществ, содержащихся в составе семян подсолнечника (в том числе кадмий), в больших количествах остается в жмыхе и не поступает в подсолнечное масло (приложение Г).

Семена подсолнечника содержат большое количество полиненасыщенных и мононенасыщенных жирных кислот – линолевой (омега-3 жирная кислота) и олеиновой кислоты. Содержание пальмитиновой кислоты в семенах подсолнечника составляет 5 %, а стеариновой – 6 % от общего количества жирных кислот. Семена подсолнечника также

содержат растворимые и нерастворимые пищевые волокна, флавоноиды (в том числе кверцетин, кемпферол, лютеолин, апигенин), а также фенольные кислоты (такие, как кофейная, хлорогеновая, галловая, протокатеховая, кумаровая, феруловая и синаповая кислоты) [97].

Таким образом, ядра подсолнечника характеризуются высокой пищевой и биологической ценностью, что обуславливает их широкое использование в рационе, в том числе в составе обогащенной, специализированной пищевой продукции, а также в составе БАД к пище.

Ядра подсолнечника широко используются при производстве сахаристых кондитерских изделий – халвы и козинаков.

Халва – это сахаристое кондитерское изделие волокнисто-слоистой структуры на основе сбитой с пенообразователем карамельной массы и растертых обжаренных ядер орехов, арахиса и (или) семян масличных культур с добавлением или без добавления пищевых добавок, ароматизаторов, с массовой долей жира не менее 25 % [112]. Халва по консистенции – волокнисто-слоистая или тонковолокнистая, режется ножом без сильного крошения. Для арахисовой и ореховой халвы свойственно неярко выраженное волокнисто-слоистое строение, для халвы, обработанной в вакууме, – пористое. Поверхность среза халвы может иметь незначительное количество видимых точечных включений лузги. Вкус и запах – ярко выраженные, без постороннего привкуса и запаха. Для халвы, приготовленной с использованием солодкового корня в качестве пенообразователя, допускаются запах и едва заметный вкус лакрицы, более темный, чем для халвы на мыльном корне [113].

Классификация данной группы продукции осуществляется в соответствии с применяемыми ядрами орехов, арахиса или семян масличных культур или в зависимости от технологии производства и рецептуры. Виды халвы по используемому сырью: кунжутная, арахисовая, ореховая, подсолнечная, комбинированная. По технологии производства халву подразделяют на: глазированную, неглазированную, с добавлениями, без добавлений. [112]

Козинаки – восточная сладость из группы карамелей, изготавливаются из сахарного сиропа, патоки или мёда, ядер ореха, абрикосовых косточек, подсолнечника, кунжута, миндаля – в зависимости от рецептуры. В козинаках из подсолнечника содержится значительное количество витамина Е [114].

Технология производства халвы и козинаков представлена в приложении Г.

3.2. Обзор рынка халвы и козинаков

Спрос на халву возрастает, что влечет за собой увеличение объемов производства. Так, за июль 2025 увеличение производства составило 5,41 % к 2024 году. При этом также произошло увеличение стоимости на 17,62 %, т. е. средняя цена составила 157 рублей [115].

В 2025 году на российском рынке представлены следующие основные торговые марки халвы из семян подсолнечника: Рот Фронт (УК «Объединенные кондитеры»), Богучарская (ООО «Агро-Спутник»), Азовская кондитерская фабрика, Тимоша (компания «Тимоша»), ООО «Барнаулская халвичная фабрика».

Основным производителем халвы на территории Республики Беларусь является ОАО «Красный пищевик» концерна «Белгоспищепром».

Доля регионов в общих продажах в категории халва в Российской Федерации в июле 2025 года распределялась следующим образом: Москва и Московская область показали максимальный объем продаж – около 35 %; минимальный объем продаж показала Саратовская область – 0,94 % (рисунок 2) [115].

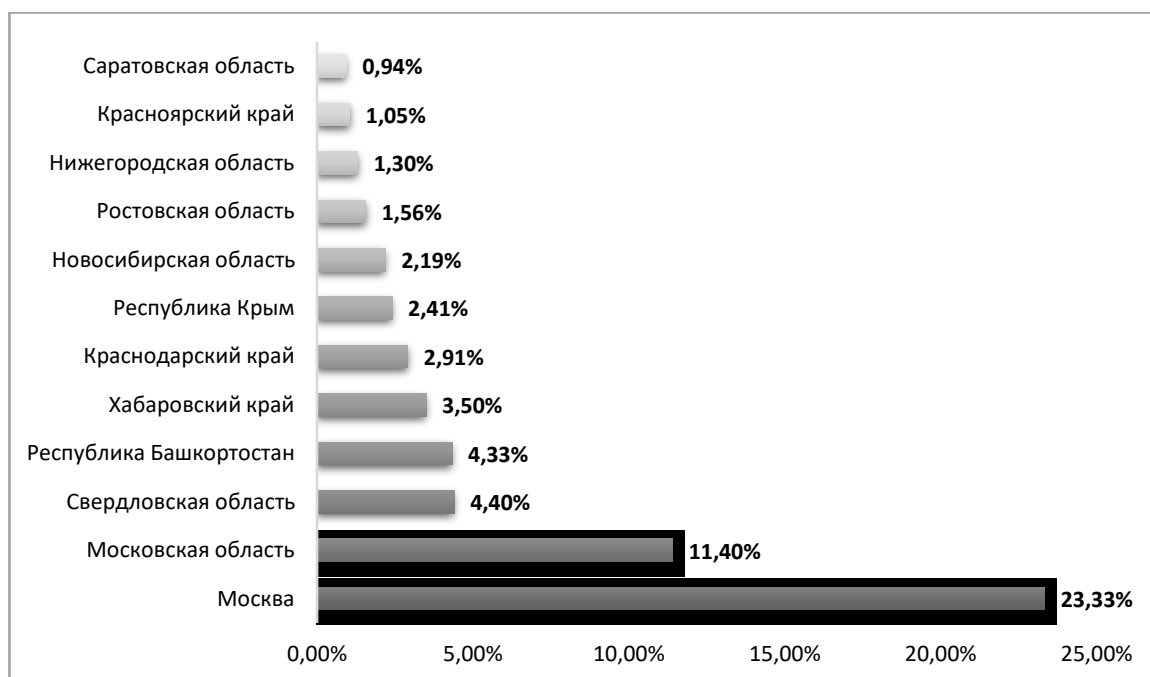


Рисунок 2 – Доля регионов в общих продажах в категории «Халва» в июле 2025 года

Эксперты отмечают также рост спроса на козинаки – так рост производства этого продукта за июль 2025 к 2024 году составил 2,68 %. При этом растет стоимость продукции: увеличение стоимости составило 34,95 %, а средняя цена – 74,70 рублей.

Основные торговые марки козинаков представленные на российском рынке в 2025 году с наибольшей динамикой продаж: Богучарские (ООО «Агро-Спутник»), Азовская кондитерская фабрика, Тимоша (компания «Тимоша»).

Основной объем общих продаж в категории «Козинаки» приходится на Москву – около 15 %, почти в два раза меньше объем продаж Свердловской области (около 9 %) и Московской области (около 7 %), минимальные объемы по продажам показала в июле 2025 года Ростовская область – всего 1,62 % (рисунок 3) [116].

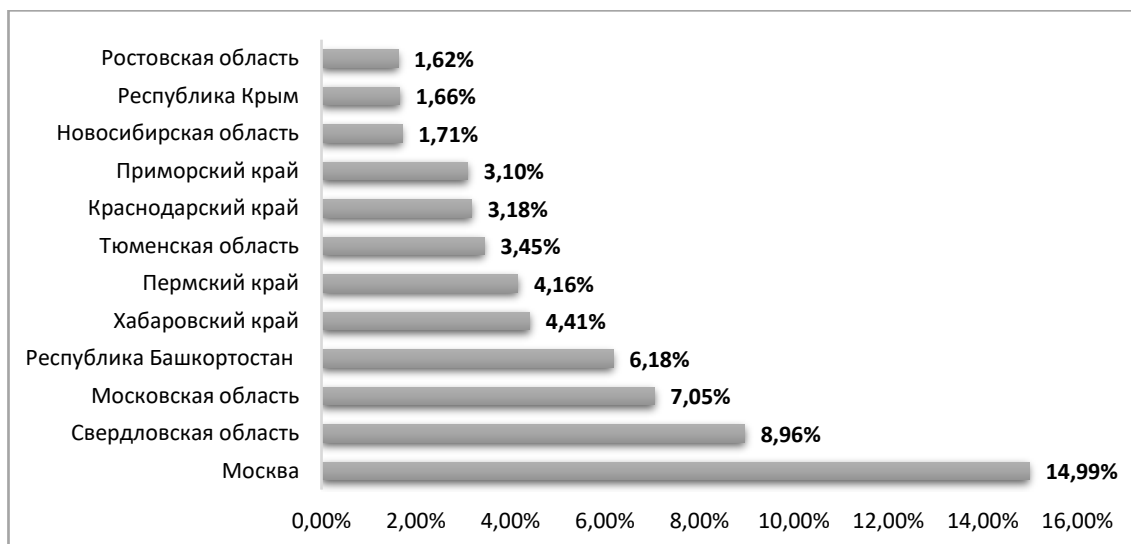


Рисунок 3 – Доля регионов в общих продажах в категории «Козинаки» в июле 2025 года

В 2024 году халва и козинаки также производились для экспортных поставок. В 2024 году предприятия из региона деятельности Сибирского таможенного управления отправили на экспорт свыше 147 тонн халвы, нуги и козинаков более чем на 20,5 млн рублей.

При этом вес отгруженных партий восточных сладостей по сравнению с 2023 годом вырос в 1,8 раза. Преимущественно на экспорт поставлялись: халва (81,8 тонны), нуга (57,6 тонны) и козинаки (7,7 тонны). Лидерами в экспорте таких изделий в прошлом году стали предприниматели Кемеровской области – Кузбасса и Алтайского края.

В целом, кондитерская продукция из орехов и семечек в прошлом году поставлялась в 9 стран мира. Нугу чаще всего направляли в Грузию и Азербайджан, основными покупателями козинаков и халвы стали Таджикистан и Узбекистан. Также партия халвы из Сибири весом 5,5 тонны впервые отгружена в Китай [117].

3.3 Анализ типовых рецептов кондитерских изделий, изготавливаемой на основе ядра подсолнечника

Типовые рецепты по производству халвы, представленные РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» и концерном «Белгоспищепром», представлены в приложении Д.

Анализ типовых рецептов халвы из подсолнечника показывает, что количество подсолнечной массы в продукте составляет от 35,2 % до 54,9 % (таблица 3).

Таблица 3 – Количество подсолнечной массы в типовых рецептурах халвы, представленных РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» и концерном «Белгоспищепром»

№ п/п	Номера рецептур	Количество подсолнечной массы на 1 тонну продукции, кг
1	Рецептура 1	541,90
2	Рецептура 2	441,20
3	Рецептура 3	351,80
4	Рецептура 4	541,85
5	Рецептура 5	545,90
6	Рецептура 6	427,62
7	Рецептура 7	508,72
8	Рецептура 8	465,74
9	Рецептура 9	472,47
10	Рецептура 10	529,98
11	Рецептура 11	511,56
12	Рецептура 12	541,80
13	Рецептура 13	540,67

В сборнике типовых рецептов на халву, разработанном ВНИИ кондитерской промышленности, представлено 16 рецептов халвы из семян подсолнечника.

Основные ингредиенты, входящие в рецептуры халвы, являются: сахар-песок, патока, подсолнечная масса, экстракт мыльного корня. Так же, для придания различных вкусов и расширения ассортимента готовой продукции, в продукт могут добавлять другие ингредиенты: какао порошок, ядра орехов, молоко сухое цельное и др. Кроме того, халва может вырабатываться глазированной шоколадной или кондитерской глазурью [118, 119].

Типовое соотношение ингредиентов при производстве халвы выглядит следующим образом:

- сахар-песок – от 18 до 26 %,
- патока – от 23 до 34 %,
- подсолнечная масса – от 38 до 58 %,
- экстракт мыльного корня – 9,5 %.

Анализ типовых рецептов халвы из подсолнечника показывает, что количество подсолнечной массы в продукте составляет от 35,2 до 57,7 %. (таблица 4).

Таблица 4 – Количество подсолнечной массы в типовых рецептурах халвы

№ п/п	Номера рецептов в сборнике типовых рецептов	Количество подсолнечной массы на 1 тонну продукции, кг
1	Рецептура 1а	544,5
2	Рецептура 2	497,9
3	Рецептура 2а	500,2
4	Рецептура 3	441,2
5	Рецептура 3а	443,3
6	Рецептура 4	434,8
7	Рецептура 4а	439,0
8	Рецептура 5	576,9
9	Рецептура 6	379,1
10	Рецептура 6а	381,3
11	Рецептура 7	361,8
12	Рецептура 7а	352,1
13	Рецептура 8	544,5
14	Рецептура 8а	546,7
15	Рецептура 9	529,5
16	Рецептура 9а	531,6

Следует отметить, что халва – высококалорийный продукт, она содержит около 30 % жира, 13 % белка и 40 % сахара. Калорийность 100 грамм халвы составляет около 530 кКал. В соответствии с рекомендациями ВОЗ/ФИЦ питания и биотехнологии на кондитерские изделия должно приходиться не более 10 % от суточной калорийности рациона, т. е. при рационе в 2000 кКал, на халву придется всего 200 кКал, что составляет приблизительно 40 г халвы. С учетом максимального количества подсолнечной массы в халве 57,7 %, в 40 г халвы будет содержаться около 23 г подсолнечной массы.

Типовая рецептура по производству козинаков, представленная концерном «Белгоспищепром», представлена в таблице 5.

Таблица 5 – Типовая рецептура по производству козинаков

Ингредиенты	Расход сырья на 1 т готовой продукции в натуре, кг
Ядро подсолнечника обжаренное	716,47
Сахар	226,84
Патока	95,94

Анализ типовой рецептуры козинаков показывает, что количество подсолнечной массы в продукте составляет от 71,6 до 72,3 %.

В сборнике рецептов на восточные сладости, разработанном ВНИИ кондитерской промышленности в 1988 году, представлено 2 рецептуры на козинаки из подсолнечника. Кроме ядра подсолнечника в рецептурах также присутствуют сахар-песок и патока. Также может добавляться мед.

Типовое соотношение ингредиентов при производстве козинаков выглядит следующим образом: [118]

Сахар-песок – 25,1–25,2 %

Патока (мед) – 10,3–10,6 %

Ядро подсолнечника подсушенное дробленное – 69,5 %.

Анализ типовых рецептов козинаков из подсолнечника показывает, что количество ядра подсолнечника в такой продукции составляет 69,5 % (таблица 6).

Таблица 6 – Количество подсолнечной массы в типовых рецептурах козинаков

№ п/п	Номера рецептов в сборнике типовых рецептов	Количество подсолнечной массы на 1 тонну продукции, кг
1	Рецептура 10	694,5
2	Рецептура 11	695,1

4 Материалы и методы исследования

В процессе проведения исследований использованы аналитические методы анализа содержания кадмия в пищевой продукции из подсолнечника, общие гигиенические, информационно-аналитические, статистические методы, методы экспертной оценки.

4.1 Методы сбора и источники ретроспективных данных содержания кадмия в ядрах подсолнечника, халве, козинаках, производимых в Республике Беларусь и Российской Федерации

В рамках выполнения научно-исследовательской работы осуществлен сбор данных за 2023–2024 годы о фактических уровнях контаминации кадмием всех групп пищевой продукции, в том числе ядра подсолнечника и пищевой продукции, изготавливаемой на его основе (халва, козинаки), включая информацию по методам определения кадмия, качественных и количественных характеристиках уровней контаминации, предоставленных органами и учреждениями, осуществляющими государственный санитарный надзор, Министерством сельского хозяйства Республики Беларусь, концерном «Белгоспищепром», республиканским унитарным предприятием «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию». В Государственном регистре информационных ресурсов посредством государственной информационной системы «Витрина цифровых проектов» зарегистрирована соответствующая база данных (2727 записей) (свидетельство о государственной регистрации информационного ресурса от 26.03.2025 № 1142542271), приложение Е.

Первичная информация об уровнях контаминации кадмием пищевой продукции, полученная от аккредитованных лабораторий Республики Беларусь, включавшая информацию о результатах определения кадмия в 33 647 пробах пищевой продукции, систематизировалась в базу данных, которая в последующем позволила провести ее статистическую обработку.

Анализ распределения проб проведен с учетом 3 диапазонов значений:
ниже предела обнаружения (ПО) использованного метода;
выше ПО, но ниже допустимого уровня (ДУ) – промежуточный диапазон;
превышение ДУ.

Количественная оценка уровней контаминации пищевой продукции проводилась с учетом подходов, установленных в п. 5.5.2.9. Руководства [127], согласно которому в случае содержания контаминантов в пищевых продуктах в количествах, меньших ПО метода («нулевые значения»), а именно:

если отношение количества «нулевых значений» к общему количеству значений в выборке не превышает 60 %, то вместо «нулевых» значений необходимо использовать число, соответствующее $\frac{1}{2}$ предела чувствительности метода;

если отношение количества «нулевых значений» к общему количеству значений в выборке превышает 60 %, то эти значения учитываются как «ноль».

Кроме указанного подхода были также использованы варианты замены неопределяемых количеств кадмия в пищевой продукции на:

минимальные определенные значения;

$\frac{1}{2}$ ПКО метода, наиболее часто использованного для определенной группы продукции.

Структура и состав базы данных об уровнях контаминации кадмием отдельных видов пищевой продукции приведены в приложении Е. Статистическая обработка полученных данных проводилась в программе Statistica 13.3. Оценка нормальности распределения осуществлялась на основе W-теста Шапиро – Уилка и теста Колмогорова – Смирнова с поправкой Лиллефорса при уровне значимости $p < 0,05$. Для результатов, имеющих распределение, отличное от нормального (непараметрическое), рассчитывали медиану (далее – Me), интерквартильный размах [25–75 %] и 90-ый перцентиль (далее – P90).

Результаты анализа образцов подсолнечника и пищевых продуктов на его основе на содержание кадмия за 2022–2025 гг., получены ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» в сотрудничестве с ФГБОУ ВО «Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова». Количество представленных на рассмотрение результатов измерений (протоколов исследований), содержания кадмия в образцах подсолнечника (семена и ядра) и пищевых продуктов на их основе (халва и козинаки), проведенных производителями Российской Федерации составило 565, включая:

семена подсолнечника – 46 измерений;

ядра подсолнечника – 229 измерений;

халва – 274 измерений;

козинаки – 43 измерений.

Результаты анализа содержания кадмия в подсолнечнике и продуктах на его основе были получены в лабораториях: ФБУ «Ростовский ЦСМ», ООО «КДВ Краснодар», ООО «НПП Томьаналит», НИИ Биотехнологии, ООО «Люмэкс-маркетинг» и «Гродненский областной центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья», аккредитованных на проведение исследований в соответствии со стандартами, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований технического регламента Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» (ТР ТС 021/2011) и регламента

Таможенного союза «О безопасности зерна» (ТР ТС 015/2011), и нормативных документов, содержащих правила и методы исследований (испытаний) и измерений, в том числе правила отбора образцов, необходимые для применения и исполнения требований данного технического регламента.

Определение содержания кадмия в образцах подсолнечника и пищевых продуктов на его основе, согласно представленным производителями протоколам исследований, проводились в соответствии с:

ГОСТ 30178-96 «Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов». Диапазон измерений для кадмия – 0,02 до 1,00 мкг/см³.

ГОСТ 33824-2016 «Продукты пищевые и продовольственное сырье. Инверсионно-вольтамперометрический метод определения содержания токсичных элементов (кадмия, свинца, меди и цинка)». Диапазон измерений для кадмия – 0,002 до 5,000 мг/дм³.

ГОСТ Р 55447-2013 «Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Определение содержания кадмия, свинца, мышьяка, ртути, хрома, олова методом атомно-абсорбционной спектроскопии». Диапазон измерений для кадмия – 0,01 до 1,00 мг/дм³.

Статистический анализ полученных результатов проведен в соответствии с методами [120, 121]. Полученные результаты анализа содержания кадмия в образцах подсолнечника и пищевых продуктах на его основе проверялись на наличие данных, которые лежат за пределами установленных диапазонов измерений используемых методов исследования или наличие значений, репрезентативность которых необходимо проверить.

Для каждой выборки (семена подсолнечника, ядра подсолнечника, халва и козинаки) определялись максимальное и минимальное значение, медиану, среднее значение, а также среднеквадратическое отклонение по формуле (1):

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n-1}}, \quad (1)$$

где n – число значений в выборке; \bar{x} – среднее значение; x_i – значение в выборке.

А также 95% и 90% доверительный интервал для средних значений, в котором с вероятностью 0,95 находятся математически ожидаемые числовые показатели содержания кадмия в образцах подсолнечника и пищевых продуктов на его основе, вычислялись по формуле (2):

$$\mu = \bar{x} \pm t_c \frac{S_x}{\sqrt{n}}, \quad (2)$$

где t_c – коэффициент Стьюдента (Р 0,05).

Строилась гистограмма распределений значений выборки по классам или интервалам. Число классов/интервалов (К) определяли по формуле Стерджеса (3) [119–121]:

$$K = 1 + 3,32 \times \text{Log}_{10}(n), \quad (3)$$

Ширина интервала класса определялась как разница между максимальным и минимальным значениями выборки, деленная на число классов/интервалов, определенные по формуле Стерджеса. Значение попадает в интервал при условии, если значение больше нижней границы интервала и меньше либо равно верхней границе интервала.

Среднее значение интервала вычисляется как среднее значение между верхней и нижней границами интервала. Значения, которые попадали в крайние классы, на основании частотного распределения и отличались от средних значений более трех среднеквадратичных отклонений, были определены как «выпадающие значения». Более точные значения критериев для определения «выпадающих» значений приведены в таблице 7.

Проверка принадлежности основана на том, что в интервале $X_{cp} \pm 3S_x$ располагается 99,7 % всех значений нормального статистического распределения. В результате вычисления X_{cp} и S_x «исключаются» числовые показатели меньшие, чем $X_{cp} - 3S_x$ и / или большие, чем $X_{cp} + 3S_x$, как чрезвычайно маловероятные [122].

Таблица 7 – Критерий для определения «выпадающих» значений в зависимости от числа n в выборке

n	критерий		n	критерий	
	5 %	1 %		5 %	1 %
5	1,92	1,97	120	3,46	3,83
20	2,78	3,08	150	3,53	3,90
40	3,08	3,42	200	3,61	3,98
60	3,22	3,58	300	3,73	4,09
80	3,33	3,70	400	3,80	4,17
100	3,40	3,77	500	3,87	4,24

Помимо этого, образцы семян и ядер подсолнечника были отсортированы на три диапазона: значения меньше 0,1, значения больше 0,2 и значения, лежащие в диапазоне от 0,1 до 0,2.

Для данных групп определялись среднее значение, среднеквадратическое отклонение, медиана и относительная частота в % от общей выборки. Для общей выборки семян и ядер подсолнечника был представлен одновыборный t-критерий.

4.2 Методы аналитических исследований содержания кадмия в ядрах подсолнечника, халве, козинаках

В лаборатории спектрофотометрических исследований НИИ ГТ ЭВМ РЦГЭиОЗ проведен анализ содержания кадмия 259 образцах, из них:

86 – ядер подсолнечника;

125 – халвы;

48 – козинаков.

Исследования проведены в соответствии с ГОСТ 30178-96 «Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов». Возможные значения систематической составляющей погрешности измерений массовой доли кадмия в любой пробе при допускаемых методикой изменениях влияющих факторов не превышают $\pm 0,1$ м. Диапазон измерений для кадмия – 0,02 до 1,0 мг/дм³.

Образцы для проведения исследований, изготовленные на предприятиях Республики Беларусь и Российской Федерации, были отобраны территориальными центрами гигиены и эпидемиологии в торговых сетях Республики Беларусь. Маркировка и сроки годности продукции соответствовали нормативным и законодательным актам ЕАЭС.

Статистическая обработка полученных результатов проводилась согласно подходам, указанным в подразделе 4.1.

В лаборатории пищевой токсикологии и оценки безопасности нанотехнологий ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» проведен анализ содержания кадмия в:

55 образцах неочищенных семян подсолнечника;

55 образцах ядер подсолнечника;

50 образцах халвы;

53 образцах козинаков.

Исследования проведены в соответствии с:

ГОСТ 26929-94 «Сырье и продукты пищевые. Подготовка проб. Минерализация для определения содержания токсичных элементов»;

ГОСТ 30178-96 «Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов».

Возможные значения систематической составляющей погрешности измерений массовой доли кадмия в любой пробе при допускаемых методикой изменениях влияющих факторов не превышают $\pm 0,1$ м. Диапазон измерений для кадмия – 0,002 до 0,1 мг/дм³.

Образцы для проведения исследований, произведенные на предприятиях Российской Федерации и Республики Казахстан, были приобретены в торговых сетях г. Москва. Все образцы были упакованы в потребительскую упаковку. Маркировка и сроки годности продукции соответствовали нормативным и законодательным актам ЕАЭС.

В результате статистической обработки результатов проводился расчет средних значений, стандартных отклонений, медианы, максимальных и минимальных значений, значение асимметрии выборки, нормальности распределения в соответствии с методами [120, 121].

4.3 Методы оценки потребления ядер подсолнечника и пищевых продуктов на его основе

Изучение потребления пищевой продукции проводилось методами, рекомендованными [2].

Сбор информации о структуре потребления ядра подсолнечника, халвы, козинаков, а также шоколада и шоколадных конфет среди населения Республики Беларусь (как дополнительного важного алиментарного источника поступления кадмия) осуществлялся методом анализа частоты потребления пищевых продуктов согласно Инструкции по применению № 017-1211 «Изучение фактического питания на основе метода анализа частоты потребления пищевых продуктов», утвержденной заместителем Министра здравоохранения – Главным государственным санитарным врачом Республики Беларусь от 15.12.2011.

Метод основывается на использовании анкеты анализа частоты потребления пищевых продуктов, описывающей частоту потребление отдельных видов пищевых продуктов и блюд (с учетом их объема или массы) за определенный период времени, который предшествует анкетированию респондента. Использование 30-дневного периода ретроспективного воспроизведения питания позволил получить достаточно полную информацию о разнообразии рациона обследуемых с учетом количественного потребления пищевых продуктов. С использованием данной методологии проведена адаптация обсуждаемого метода изучения питания для целей исследования.

Для максимальной стандартизации сбора информации была сформирована Google Форма анкеты анализа частоты потребления пищевых продуктов. Структура анкеты состояла из общей и основной части с приложением рекомендаций по заполнению каждого блока анкеты (приложение Ж).

Респондентам предлагалось ответить на вопросы о частоте употребления и количестве предложенного продукта или блюда за прошедшие 30 дней (1 месяц).

Для наглядного представления к каждому вопросу были приложены фотографии для 1 стандартной порции продуктов с указанием массы, соразмерные натуральной величине

С использованием Google Формы анкеты анализа частоты потребления пищевых продуктов опросом охвачено 36470 человек старше 3 лет. Распределение респондентов по полу и возрасту в целом отражало половозрастную структуру населения республики.

Анкетирование проводилось в период с марта по июнь 2025 года во всех регионах Республики Беларусь.

Первичная информация о потреблении ядра подсолнечника, продукции, изготовленной на его основе, а также шоколада и продуктов на его основе как важного потенциального источника кадмия в рационе, систематизировалась в базу данных, которая в последующем позволила провести ее статистическую обработку. Статистическая обработка данных выполнена в программе Statistica 13.3. Нормальность распределения проверяли с использованием W-теста Шапиро – Уилка и теста Колмогорова – Смирнова с поправкой Лиллефорса (уровень значимости $p < 0,05$). Для показателей с распределением, отличным от нормального, данные представлены в виде медианы (Me) и 90-го перцентиля (P90). Дополнительно рассчитано среднее арифметическое значение.

Анализ потребления семян подсолнечника, сахаристых кондитерских изделий (халвы, козинаков) в составе рационов различных групп населения России осуществлен на основе первичных данных Выборочного наблюдения рациона питания населения 2023 (далее РП 2023), проведенного Федеральной службой государственной статистики Российской Федерации в 2023 году [РП-2023, rosstat.gov.ru].

Выборочное наблюдение рациона питания населения было организовано во всех субъектах Российской Федерации с охватом в 2023 году 45 тыс. домохозяйств. Уровень представительности результатов – в целом по Российской Федерации, городским и сельским поселениям с различной численностью населения, по отдельным социально-демографическим группам населения. Охват РП 2023 – вся территория Российской Федерации без учета ДНР, ЛНР, Запорожской и Херсонской областей.

В выборку вошли частные домашние хозяйства и проживающие в них члены домохозяйств. Не обследовались лица, проживающие в коллективных домашних хозяйствах (лица, долговременно находящиеся в больницах, домах-интернатах и других институциональных заведениях, монастырях, религиозных общинах и прочих коллективных жилых помещениях).

Фактическое потребление пищи у всех членов обследованных домохозяйств в ходе выборочного обследования рациона питания изучалось *методом 24-часового (суточного) воспроизведения питания*. Сущность метода заключается в установлении количества

фактически потребленных пищевых продуктов и блюд посредством опроса, когда респондент воспроизводит по памяти то, что он съел за сутки, предшествующие дню опроса [123]. Данный метод используется при оценке питания населения как в Российской Федерации, так и во всем мире на протяжении более 50 лет. Уровень доказательности полученных результатов обеспечивается большим количеством респондентов в выборке.

Полученные характеристики и величины записываются интервьюером в специальную форму-вопросник. Для оценки количества потребленной пищи используется Альбом порций продуктов и блюд, содержащий фотографии порций различной величины наиболее часто употребляемой пищи *с пересчетом на съедобную часть продукта* [124]. В соответствии с данными исследований, процент содержания шелухи в семенах подсолнечника (в зависимости от сорта) составляет 21–30 % [125].

Количество сыпучих и жидких продуктов оценивают в привычных и знакомых для опрашиваемого лица, применяемых в домашнем хозяйстве чашках, стаканах, ложках и т.п. Эти предметы имеют стандартный объем, соответствующий определенному количеству в мл или граммах. Материалы, в которых указаны стандартные бытовые меры объема и количество содержащиеся в них продуктов, представляют интервьюеру для проведения опроса.

Интервьюер перед началом работы проходит курс обучения методологии и техники 24-часового опроса о питании.

Деление опрашиваемых на возрастные группы осуществлялось в соответствии с методическими рекомендациями [126].

Статистические параметры обработки данных включали расчет средних значений, медианы, дисперсии, среднеквадратичных отклонений, доверительных интервалов, минимальных и максимальных значений в выборке, 5%, 10%, 25%, 50%, 70%, 90% и 95% процентильного распределения потребления пищевого продукта г/сутки.

Обработку первичного материала и статистический анализ производили с помощью программы IBM SPSS Statistics v.20.0, США, в которой был разработан алгоритм цифровых трансформаций и переформатирования набора данных фактического потребления ядер подсолнечника (очищенных от шелухи семян подсолнечника) и халвы подсолнечной респондентами, что позволило получить индивидуальные величины потребления респондентами этих продуктов за сутки. Таким образом, если респондент потреблял в течение суток продукт несколько раз, то производилось суммирование величин его потребления за сутки.

Распределение на возрастные группы было проведено на основе переменной «число исполнившихся лет». Данная переменная была получена при опросе респондентов и

заполнении интервьюерами соответствующего вопроса в вопросниках: «Индивидуальный вопросник для лиц в возрасте 14 лет и более», «Индивидуальный вопросник для детей в возрасте до 14 лет».

Всего обследовано 87113 человека в возрасте от 3 лет и старше, из них 3385 от 3 до 6 лет, 7861 – от 7 до 13 лет, 3670 – от 14 до 18 лет, 72197 – от 18 лет и старше.

4.4 Методы обоснования максимально допустимых уровней (МДУ) содержания кадмия в ядрах подсолнечника, халве и козинаках на основании оценки рисков.

Для установления МДУ в ядре подсолнечника и пищевых продуктах, произведенных на его основе, оценки риска здоровью населения использовались данные:

фактического уровня потребления ядра подсолнечника, халвы и козинаков среди населения стран – членов ЕАЭС – Республики Беларусь и Российской Федерации – для возрастных групп 3–17 лет и 18 лет и старше;

фактического уровня содержания кадмия в ядре подсолнечника, халве и козинаках на территории Республики Беларусь и Российской Федерации.

Обоснование расчетных величин МДУ кадмия в ядре подсолнечника, халве и козинаках проводилось в соответствии с Методическими указаниями по установлению и обоснованию гигиенических нормативов содержания химических примесей, биологических агентов в пищевой продукции по критериям риска для здоровья человека и осуществлялось по следующему алгоритму:

1. Определение ДСД на основе системного анализа научных данных. На основании анализа токсикологических и эпидемиологических данных выбрана наиболее обоснованная величина ДСД кадмия. Применен метод сравнительного анализа существующих нормативов (ВОЗ, EFSA, ЕРА, национальные рекомендации стран ЕАЭС) с учетом актуальных научных данных. Выбранная величина использована в качестве отправной точки для установления ДСД и расчета МДУ.

Расчет ДСД кадмия осуществлялся по формуле (4):

$$ДСД_{Cd} = \frac{POD}{\Pi_{MF}}, \quad (4)$$

где POD – величина отправных точек (point of departure), мг/кг МТ/день;

MF – величина модифицирующего фактора.

Верификация расчетной ДСД кадмия проведена путем эволюционного моделирования накопления риска здоровью с использованием системы рекуррентных соотношений, записанных для каждого вида ответа (нарушения здоровья) по формуле (5):

$$\frac{dP_j(t)}{dt} = \alpha_j \times P_j(t) + \sum_i \beta_j \text{ cad} f(F_{ji}, t), j = \overline{1, J}, \quad (5)$$

где $\alpha_j > 0$ – коэффициент, характеризующий скорость нарастания вероятности j -го негативного ответа со стороны здоровья за счет естественных процессов, [1/год];

$P_j(t)$ – вероятность возникновения j -ого негативного ответа со стороны здоровья;

$\beta_j \text{ cad}$ – эмпирический коэффициент, отражающий силу влияния поступающего кадмия на вероятность возникновения j -ого негативного ответа, [1/год];

$f(F_j \text{ cad}, t)$ – функция, отражающая подмодель влияния поступающего кадмия со значением $F_j \text{ cad}$ на j -ый негативный ответ со стороны здоровья, полученная по результатам эпидемиологических исследований или путем адаптации известных и опубликованных методов и моделей.

2. Оценка экспозиции кадмия с пищевыми продуктами с учетом данных о среднем арифметическом и медианном уровнях и частоте потребления ядра подсолнечника, халвы и козинаков (кг/сутки). Обоснование параметров оценки экспозиции проведено на основе действующих методических документов ЕАЭС, Российской Федерации и Кодекс Алиментариус (таблицы И.1, И.2 приложения И).

3. Установление МДУ.

Расчет МДУ кадмия осуществлялся по формуле (6):

$$\text{МДУ}_{\text{cd } i} = \frac{\text{ДСД}_{\text{cd}}}{\text{СП}_i \times \beta}, \quad (6)$$

где $\text{МДУ}_{\text{cd } i}$ – расчетная величина МДУ кадмия в i -ом продукте, мг/кг;

ДСД_{cd} – ДСД кадмия, установленная на основе системного анализа научных данных с учетом модифицирующих факторов, мг/кг МТ/день;

СП_i – суточное потребление i -го пищевого продукта, для которого устанавливается МДУ, кг;

β – коэффициент, учитывающий временной период для которого установлена величина ДСД (в соответствии с Методическими указаниями ЕЭК, для условно переносимого максимального суточного потребления величина коэффициента принимается за 1).

Для унифицированного подхода к обоснованию МДУ содержания кадмия в ядрах подсолнечника, халве и козинаках, а также оценки экспозиции применялись значения массы тела для взрослого (70 кг) и детского населения (для детей до 6 лет – 15 кг, в

остальных возрастных группах детского населения до 18 лет – 42 кг) в соответствии с Приложением 9 Руководства Р.2.1.10.3968-23 по оценке риска здоровью населения при воздействии химических веществ, загрязняющих среду [127] (далее – Руководство).

4.5 Методы оценки рисков для здоровья различных групп населения с учетом обоснованного МДУ

Оценка риска здоровью населения проводилась в соответствии с утвержденной ЕЭК «Методологией оценки рисков здоровью населения при воздействии химических, физических и биологических факторов для определения показателей безопасности продукции (товаров)» [128] и Руководству с использованием 90-го перцентиля содержания кадмия в исследуемых продуктах в качестве наихудшего сценария воздействия на население.

Расчет суточной дозы кадмия, поступающего с ядром подсолнечника и продуктами на его основе (халва, козинаки), в том числе в условиях одновременного поступления кадмия из этих продуктов, осуществлялся в соответствии с Руководством по формуле (7):

$$D_{Cdi} = \frac{C_{Cdi} \times M_i}{BW}, \quad (7)$$

где D_{Cdi} – доза кадмия, поступающего с i -м продуктом, мг/кг МТ/день;

C_{Cdi} – концентрация кадмия в i -м продукте, мг/кг;

M_i – потребление i -го продукта, кг/сут;

BW – масса тела, кг (принимается за 42 кг для детского населения и 70 кг для взрослого населения).

Полуколичественная оценка риска формирования неканцерогенных эффектов при воздействии кадмия, поступающего с ядром подсолнечника и продуктами на его основе (халва и козинаки) проводилась по формуле (8):

$$HQ_i = D_{Cdi} / RfD_{Cd}, \quad (8)$$

где HQ_i – коэффициент опасности, обусловленной поступлением кадмия при потреблении i -го продукта;

D_{Cdi} – доза кадмия, поступающего с i -м продуктом, мг/кг МТ/день;

RfD_{Cd} – безопасный уровень воздействия кадмия, поступающего с ядром подсолнечника и продуктами на его основе. В качестве RfD_{Cd} использовалась величина ДСД, установленная в ходе выполнения этапа по обоснованию максимально допустимых уровней содержания кадмия.

Эволюционное моделирование накопления риска здоровью населения к 70 годам при поступлении кадмия с ядрами подсолнечника и продуктами на их основе (халва, козинаки) проводилось в соответствии с положениями Методологии оценки рисков здоровью населения при воздействии химических, физических и биологических факторов для определения показателей безопасности продукции (товаров). Для построения эволюционных моделей применялись расчетные суточные дозы, формируемые при совокупном поступлении кадмия со всеми изучаемыми продуктами.

Ввиду преимущественного негативного действия кадмия при пероральном поступлении на почки, при моделировании дополнительного риска здоровью учитывался коэффициент тяжести заболеваний почек, принимаемый за 0,113.

Величина приемлемого (допустимого) дополнительного риска к моменту достижения 70 лет принята равной $1,1 \times 10^{-4}$ в соответствии с Руководством.

Оценка вклада ядра, халвы и козинаков в алиментарное поступление кадмия проводилась с учетом его общего поступления с рационом. В свою очередь, для оценки алиментарного поступления кадмия с учетом имеющихся данных были обоснованы следующие сценарии:

Таблица 8 – Сценарии оценки алиментарной экспозиции для Республики Армения, Республика Казахстан и Республики Кыргызстан

Параметры	Контаминация		
	на уровне ДУ	фактические значения, замена неопределяемых, медиана*	фактические значения, замена неопределяемых на минимальное определенное значение в выборке, медиана*
Потребление рационообразующих продуктов на основе имеющихся рационов	сценарий 1	сценарий 2	сценарий 3
*медиана принята на основе данных, полученных в Республике Беларусь в 2023–2024 гг., соответствует на ½ ПКО			

Таблица 9 – Сценарии оценки алиментарной экспозиции для Российской Федерации

Сценарии	Потребление		Контаминация	
	рационо-образующих продуктов	ядра, халвы и козинаков	рационообразующих продуктов	ядра, халвы и козинаков
сценарий 1	на основе имеющихся рационов	среднее арифметическое, полученное в рамках НИР	на уровне ДУ	на уровне ДУ
сценарий 2			фактические значения, медиана*	среднее арифметическое**
сценарий 3			фактические значения, замена неопределяемых на минимальное определенное значение в выборке*	среднее арифметическое **
<p>*медиана принята на основе данных, полученных в Республике Беларусь в 2023–2024 гг., замена неопределяемых значений на ½ ПКО, ** на основе данных, полученных в Российской Федерации в 2025 г.</p>				

Таблица 10 – Сценарии оценки алиментарной экспозиции для Республики Беларусь

Сценарии	Потребление				Контаминация		
	рационо-образующих продуктов	творога, сыра, сахар	ядра, халвы и козинаков	шоколада и изделий из него	рационообразующих продуктов	ядра, халвы и козинаков	творога, сыра, сахара, шоколада и изделий из него
сценарий 1	на основе имеющихся рационов	на основе имеющихся рационов	среднее арифметическое, полученное при изучении питания в рамках НИР	медиана, полученная при изучении питания в рамках НИР	на уровне ДУ		
сценарий 2					фактические значения, медиана*	медиана**	медиана*
сценарий 3					фактические значения, замена неопределяемых на минимальное определенное значение в выборке, медиана*	медиана**	медиана*
<p>* на основе фактических данных, полученных в Республике Беларусь в 2023–2024 гг., замена неопределяемых значений на ½ ПКО</p> <p>** на основе данных, полученных в Республике Беларусь в 2025 г.</p>							

Оценка алиментарной экспозиции кадмием проводилась согласно подходам, описанным в п. 5.5.2.10. Руководства [127] по следующей формуле (9):

$$E_{xp} = \frac{\sum_{i=1}^N (C_i \times M_i)}{BW}, \quad (9)$$

где E_{xp} – значение экспозиции кадмием, мг(мкг)/кг МТ/сутки;

C_i – содержание контаминанта в i -м продукте, мг(мкг)/кг;

M_i – потребление i -го продукта, кг/сутки;

BW – масса тела взрослого человека, кг (стандартное значение – 70 кг);

N – общее количество продуктов, включенных в исследование.

Вклад ядра подсолнечника, халвы и козинаков в общее алиментарное поступление кадмия рассчитывали по формуле (10):

$$Contri = \frac{C_i \times M_i}{\sum_{i=1}^N (C_i \times M_i)} \times 100 \%, \quad (10)$$

где $Contri$ – вклад i -го продукта в общее значение экспозиции, %;

C_i – содержание контаминанта в i -м продукте, мг(мкг)/кг;

M_i – потребление i -го продукта, кг/сутки;

N – общее количество продуктов, включенных в исследование.

Расчет ДСД, связанного с поступлением кадмия за счет потребления ядра, халвы и козинаков (i -й продукт) с учетом общего поступления кадмия с рационом осуществлялось по формуле (11):

$$ДСД_{Cd\ i} = \frac{ДСД_{Cd} * Contri}{100\%} \quad (11)$$

где $ДСД_{Cd\ i}$ – ДСД кадмия, скорректированная с учетом вклада i -го продукта в общее поступление с рационом, мг/кг;

$ДСД_{Cd}$ – ДСД кадмия, рассчитанная согласно формуле (4), мг/кг;

$Contri$ – вклад i -го продукта в общее значение экспозиции, %;

Расчет индексов опасности при алиментарном поступлении кадмия с рационами в целом проводился согласно формуле (7).

Расчет МДУ для халвы и козинаков как продукции смешанного состава осуществлялся согласно пункту 3 статьи 7 ТР ТС 021/2011 по вкладу отдельных

компонентов с учетом их массовых долей и показателей безопасности для данных компонентов по формуле (12):

$$ДУ_{x/k} = \sum (K_i \times ДУ_i), \quad (12)$$

где $ДУ_{x/k}$ – допустимый уровень кадмия в хале или козинаках, мг/кг;

K_i – массовая доля i -го компонента в готовом продукте, %;

$ДУ_i$ – допустимый уровень кадмия i -го компонента мг/кг.

5 Качественная и количественная характеристика контаминации пищевой продукции кадмием

5.1 Качественная и количественная характеристика контаминации пищевой продукции на основе ретроспективных данных организаций, осуществляющих государственный санитарный надзор в Республике Беларусь

Осуществление лабораторного мониторинга за химическими показателями безопасности пищевой продукции является одним из направлений деятельности органов и учреждений, осуществляющих государственный санитарный надзор. Полученные в Республике Беларусь данные свидетельствуют о высокой актуальности контаминации пищевой продукции кадмием. В 2020–2023 гг. количество проб пищевой продукции, загрязненной кадмием составляло 22,45–23,31 %, а количество нестандартных образцов – 0,04–0,21 % (таблица 11) [129].

Таблица 11 – Характеристика контаминации пищевой продукции кадмием в 2020–2023 гг.

Годы	Число проб				
	всего	с обнаружением		с превышением ДУ	
		всего	%	всего	%
2020	13943	3377	24,22	6	0,04
2021	15001	3670	24,47	6	0,04
2022	11235	2522	22,45	13	0,12
2023	11322	2639	23,31	24	0,21

Аналогичная ситуация характерна для Российской Федерации. Согласно официальным данным, число проб с превышением ДУ кадмия составляет – 0,03 % (за счет грибов – 0,69 % и картофеля – 0,22 %) [130].

Более детальный анализ структуры контаминации показал, что в наибольшей степени она характерна для рыбных продуктов, хлебобулочных и мукомольно-крупяных изделий, сахар и кондитерских изделий, и соли – в 2023 году кадмий обнаруживался в 26,39–35,69 % исследованных проб (таблица 12).

Таблица 12 – Характеристика контаминации отдельных групп пищевой кадмием в 2023 г.

Группы пищевых продуктов	Число проб				
	всего	с обнаружением		с превышением ДУ	
		всего	%	всего	%
Мясо, птица, яйца	950	150	15,79	0	–
Молочные продукты	604	73	12,09	0	–
Рыбные продукты	313	92	29,39	0	–
Хлебобулочные и мукомольно-крупяные изделия	1413	450	31,85	5	0,35
Сахар и кондитерские изделия	1793	640	35,69	15	0,84
Соль	37	12	32,43	0	–
Флодоовощная продукция,	1634	284	17,38	2	0,12
из них картофель	130	26	20,00	0	–
Масличное сырье, жировые продукты и продукты переработки растительных масел	405	60	14,81	2	0,49
Напитки	1268	57	4,50	0	–
Продукты детского литания	99	7	7,07	0	–
Консервы, включая мясные, овощные, плодово-ягодные	925	211	22,81	0	–
Прочие продукты	1874	602	32,12	0	–
из них пищевые добавки	75	30	40,00	0	–
<i>Всего</i>	<i>11322</i>	<i>2639</i>	<i>23,31</i>	<i>24</i>	<i>–</i>

Данные, представленные в таблице 13, отражают детальные результаты мониторинга содержания кадмия в различных группах пищевой продукции, проведенных в аккредитованных лабораториях Республики Беларусь в 2023–2024 гг.

Таблица 13 – Общая характеристика контаминации кадмием различных групп пищевой продукции на основании ретроспективных данных аккредитованных лабораторий Республики Беларусь в 2023–2024 гг., мг/кг

Группа продукции	Уровень кадмия					мин-макс, мг/кг	Мини-мальный ПКО, мг/кг
	ниже ПО	между ПО и ДУ		выше ДУ			
	число проб (N)	N	%	N	%		
1	2	3	4	5	6	7	8
Мясо и мясная продукция, в т. ч.:	5555	435	7,3	0	–	0,0001–0,18	0,0001
мясо, мясные и мясодержащие продукты, мясо птицы, продукты из него, консервы мясные, мясорастительные, птичьи; яичный белок (альбумин) сухой	4927	322	6,1	0	–	0,0008–0,18	
яйца и жидкие яичные продукты (меланж, белок, желток)	219	5	2,2	0	–	0,0001–0,009	
Масложировая продукция, жировые продукты, в т. ч.:	847	79	8,5	0	–	0,0018–0,2	0,001
масла растительные (все виды), фракции растительных масел, продукты переработки растительных масел и животных жиров, включая жиры рыб, масла (жиры) переэтерифицированные рафинированные дезодорированные	536	55	9,3	0	–	0,0018–0,028	
Напитки	7456	117	1,5	0	–	0,001–0,009	0,001
Зерно, в т. ч.:	235	197	45,6	25	5,8	0,002–0,32	0,001
зернобобовые (горох, фасоль, нут, чечевица, бобы, маш, чина) и злаковые культуры (пшеница, рожь, тритикале, овес, ячмень, просо, гречиха, рис, кукуруза, сорго)	181	20	10,0	0	–	0,002–0,07	
масличные культуры (подсолнечник, соя, хлопчатник, лен, рапс, горчица, кунжут, арахис), в т. ч. семена подсолнечника, предназначенные для непосредственного употребления в пищу	54	177	76,6	25	10,8	0,0057–0,32	

Продолжение таблицы 13

1	2	3	4	5	6	7	8
Молоко и молочная продукция, в т. ч.:	6264	264	4,0	0	–	0,0001–0,04	–
сырое молоко, сырое обезжиренное молоко, сырые сливки; Питье молоко и питьевые сливки, пахта, сыворотка молочная, молочные напитки, кисломолочные продукты, сметана, молочные составные продукты на их основе	2270	184	7,5	0	–	0,0001–0,04	0,0001
творог и продукты на его основе, творожные продукты,	176	25	12,4	0	–	0,001–0,012	0,001
сыры, молочкосодержащие продукты с заменителем молочного жира, произведенные по технологии сыра, сырны пасты, соусы	105	3	2,8	0	–	0,003–0,01	0,003
Рыбная продукция	1881	495	20,8	0	–	0,0018–0,9285	0,001
Продукты переработки зерновых, в т. ч.	2040	481	19,1	0	–	0,0017–0,12	0,001
хлеб, булочные изделия и сдобные изделия	1503	286	16,0	0	–	0,0018–0,043	0,001
продукты переработки злаковых и зернобобовых культур, за исключением хлеба и булочных изделий	535	187	25,9	0	–	0,0017–0,12	0,001
Сахар, кондитерские изделия, в т. ч.:	2291	798	25,8	44	1,4	0,0015–0,33	0,00015
сахар, мед	235	54	18,7	0	–	0,0015–0,025	0,001
сахаристые и мучные кондитерские изделия, восточные сладости, жевательная резинка	1600	574	26,4	44	2,0	0,0015–0,19	0,0015, 0,003
шоколад и изделия из него; какао-бобы и какао-продукты	456	170	27,2	0	–	0,002–0,33	0,001
Овощи, фрукты и продукты их переработки, в т. ч.:	4775	1022	17,6	8	0,1	0,0011–1,08	0,0005
овощи, картофель, бахчевые, фрукты, ягоды и продукты из них, в том числе консервы из овощей; соковая продукция	3123	516	14,2	2	0,1	0,0011–0,1	0,003
Продукты детского питания	647	27	4,0	0	–	0,001–0,01	–
Пищевые добавки и ароматизаторы	1032	182	15,0	0	–	0,0009–0,19	–
БАД к пище	143	4	2,7	0	–	0,03–0,32	–
Другие продукты	481	72	13,0	0	–	0,002–0,08	–

Были выявлены следующие закономерности. Наибольшая доля проб с кадмием между ПО и ДУ наблюдалась в зерне (45,6 %), продуктах переработки зерновых (19,1 %), рыбе (20,8 %), сахаре и кондитерских изделиях (25,8 %), овощах, фруктах и продуктах их переработки (17,6 %).

Превышение ДУ зафиксировано в 3 группах продуктов – в зерне (5,8 %), сахаристых кондитерских изделиях (2,0 %), овощах/фруктах (0,1 %).

Минимальная по частоте контаминация отмечена для мяса и мясных продуктов (7,3 % обнаружений, превышений нет), молочной продукции (4,0 % проб между ПО и ДУ, превышений ДУ нет); напитков (1,5 % проб с наличием кадмия, превышений нет). Продукты детского питания и БАД к пище также демонстрируют низкую частоту контаминации кадмием (4,0 % и 2,7 % соответственно между ПО и ДУ, превышений нет).

Проведенные исследования выявили значительную вариабельность обнаружения содержания кадмия в различных подгруппах пищевых продуктов, для которых характерна наибольшая частота контаминации обсуждаемым токсичным веществом. Наиболее благоприятная ситуация наблюдается в подгруппе зернобобовых культур (горох, фасоль, нут, чечевица и др.), где 90 % проб не содержали определяемых количеств кадмия, а оставшиеся 10 % находились в безопасном диапазоне, без превышений нормативов. Злаковые культуры (пшеница, рожь, ячмень, овес и др.) демонстрировали более высокую склонность к накоплению кадмия – почти половина проб (45,6 %) содержали этот металл в промежуточных концентрациях, а 5,8 % превышали допустимый уровень. Наиболее высокие показатели выявлены в подгруппе масличных культур (подсолнечник, соя, рапс и др.), где $\frac{3}{4}$ проб содержат кадмий в промежуточном диапазоне, а каждая десятая проба превышает допустимый уровень. Полученные данные убедительно свидетельствуют, что способность накапливать кадмий существенно варьирует между разными видами зерновых культур. Сравнительный анализ подгрупп позволил провести их ранжирование:

по частоте обнаружения кадмия – масличные (76,6 %) → злаковые (45,6 %) → зернобобовые (10,0 %);

по частоте превышений ДУ – масличные (10,8 %) → злаковые (5,8 %) → зернобобовые (0 %).

Указанное является дополнительным подтверждением необходимости дифференцированного нормирования кадмия в продуктах из семян подсолнечника.

Среди отдельных категорий продукции в группе «Сахар и кондитерские изделия» наибольшая контаминация характерна для шоколада и шоколадных конфет, где 27,2 % исследованных образцов содержали кадмий в определяемых количествах. Мучные и сахаристые кондитерские изделия также продемонстрировали вызывающие озабоченность

значения – из 1600 исследованных образцов 26,4 % содержали кадмий в промежуточном диапазоне, а в 2,0 % случаев зарегистрировано превышение допустимых норм. Наиболее благоприятная ситуация наблюдается в подгруппе сахар и мед – только в 18,7 % проб зафиксировано содержание кадмия выше ПО, превышение ДУ не наблюдалось. Не вызывает сомнения, что в основе указанных различий – качество и происхождение сырья (том числе агрохимические особенности регионов их производства), степень технологической переработки (глубина переработки) и рецептурный состав многокомпонентной продукции.

Полученные данные подтверждают необходимости дифференцированного подхода к оценке безопасности кондитерских изделий с учетом их специфического сырьевого состава и технологий производства.

Для иных рационаобразующих продуктах наблюдалась следующая тенденция. В группе «Мясо и мясная продукция» подавляющее большинство проб (92,7 %) уровень кадмия был ниже ПО использованного метода. В 7,3 % случаев содержание обсуждаемого токсиканта находилась в промежуточном диапазоне между ПО и ДУ, при этом ни в одной пробе не зафиксировано превышение допустимых норм. При более детальном рассмотрении подгрупп установлено, что мясо и мясные продукты (включая мясосодержащие продукты и продукцию из мяса птицы) в 93,9 % случаев не содержали определяемых количеств кадмия, а в 6,1 % проб (322 образца) его концентрация находилась в безопасном промежуточном диапазоне. Только для 2,2 % проб яиц и жидких яичных продуктов была характерна контаминация кадмием.

Результаты мониторинга содержания кадмия в молочной продукции свидетельствуют о ее высокой степени безопасности для потребителей. Наибольшие показатели содержания кадмия зафиксированы в подгруппе «творог и продукты на его основе», где 12,4 % проб (25 из 176) показали определяемые количества обсуждаемого контаминанта, что объясняется естественным процессом концентрирования компонентов при производстве творога. Для жидких продуктов переработки молока, в том числе сметаны, а также сыров характерна более низкая частота контаминации – только 7,5 % и 2,7 % проб соответственно, содержали кадмий в определяемых количествах.

Сравнительный анализ с другими группами пищевой продукции демонстрирует, что мясная и молочная продукция характеризуется значительно более низкой частотой контаминации кадмием по сравнению с растительными продуктами, такими как, например, масличные культуры или зерновые.

Указанное подтверждает ранее полученные в иных регионах данные, что именно продукция растительного происхождения характеризуется более значимой контаминацией кадмием [98].

Для более полной характеристики загрязнения пищевой продукции необходимо проведение количественной оценки уровней контаминации, регистрируемых в различных группах продукции с учетом доли проб с наличием кадмия и значения предела чувствительности используемого метода.

Данные, приведенные в предыдущем подразделе, свидетельствуют о значительной доле проб пищевой продукции, в которых кадмий не определяется используемыми методами («нулевые значения»). С учетом глобального характера загрязнения указанными контаминантом среды обитания, обоснованным будет предположение о его следовых количествах, которые находятся ниже предела чувствительности применяемых методов. Использование для количественной оценки только фактически измеренного содержания кадмия приведет к значительной переоценке уровня контаминации. При оценке всего массива данных, учитывающего пробы с неопределяемыми количествами контаминанта, необходима замена таких результатов на конкретное цифровое значение. Использован подход, установленный в п. 5.5.2.9. Руководства [127], описанный в подразделе 4.5 настоящего отчета, согласно которому в случае содержания контаминантов в пищевых продуктах в количествах, меньших ПО метода («нулевые значения»), применяются различные варианты замены, в т. ч. на $\frac{1}{2}$ ПКО используемого метода

Следует отметить, что определение термина «предел чувствительности метода» отсутствует, при этом в законодательстве ЕАЭС установлено, что содержащиеся в стандартах методы исследований (испытаний) и измерений должны обеспечивать необходимые достоверность результатов и точность измерений (предел обнаружения – ПО (для качественных методов исследований (испытаний) и измерений) и предел количественного определения – ПКО (для количественных методов исследований (испытаний) и измерений) должны обеспечивать определение установленного показателя (характеристики) с необходимой точностью), если это требуется для применения и исполнения требований технического регламента и осуществления оценки соответствия объектов технического регулирования технического регламента [131].

Аналогичные подходы используются на международном и европейском уровнях [132, 133].

С учетом качественной характеристики контаминации (таблица 11) замещение «нулевых» значений на «ноль» необходимо провести для всех групп пищевой продукции, кроме подгруппы «масличные культуры (подсолнечник, соя, хлопчатник, лен, рапс,

горчица, кунжут, арахис), в т. ч. семена подсолнечника, предназначенные для непосредственного употребления в пищу», для которой замена может быть проведена с использованием значения $\frac{1}{2}$ ПО метода определения кадмия.

Анализ базы данных, содержащей характеристику методов определения кадмия (подраздел 2.4.4, таблица Б.2 приложения Б), свидетельствует, что в целом аккредитованными лабораториями Республики Беларусь используются 8 (с учетом методов пробоподготовки), из 14 включенных в перечень взаимосвязанных с техническими регламентами стандартов. Значения ПО и ПКО, представленные при сборе данных отдельными лабораториями, различаются, что может быть обусловлено как объективными причинами (приборная база и использованный метод), так и внутрилабораторными процедурами (проведение валидации для снижения чувствительности, значения использованных для анализа навески пробы и объема аликвот и др.).

С учетом указанного в качестве замещающих нулевые значения величин также принимались во внимание:

минимальные определенные значения (согласно таблице К.2 приложения К);

ПКО метода, наиболее часто использованный для определенной группы продукции.

Таким образом, проведены следующие варианты замены «нулевых» значений уровней контаминации с учетом подходов, указанных в [127]:

на «ноль»;

на $\frac{1}{2}$ ПКО;

на минимальное значение, зарегистрированное для группы продукции.

Указанные варианты замены позволяют подучить диапазон значений алиментарной экспозиции, характеризующий поступление кадмия за счет:

ядра подсолнечника, халвы и козинаков, поскольку для остальных групп пищевых продуктов с учетом низкой частоты (менее 60 % проб) выявления кадмия с учетом замены «нулевых» значений на «ноль» медиана и 90P содержания составляют 0. Этот вариант не позволяет оценить вклад ядра подсолнечника, халвы и козинаков в общее поступление кадмия;

рациона в целом с учетом поступления кадмия за счет рационообразующих групп продуктов на уровне фактического содержания и предположения, что в пробах с «нулевыми» значениями обсуждаемый контаминант содержится в следовых количествах, составляющих $\frac{1}{2}$ ПКО, а также продуктов, потенциально содержащих кадмий в относительно высоких количествах (творог, сахар, шоколад и продукты из него, а также ядро подсолнечника, халва и козинаки). Такой вариант более реалистичен, а диапазон значений, характеризующий различные сочетания уровней потребления пищевой

продукции с потенциально высокими уровнями контаминации кадмием, позволяет учесть вариативность потребления.

Вариант замены неопределяемых концентраций кадмия на минимальное определенное в рамках лабораторного мониторинга значение целесообразно для проведения консервативной оценки и характеризует наихудший сценарий воздействия.

Количественная характеристика контаминации кадмием различных групп пищевой продукции на основании ретроспективных данных аккредитованных лабораторий Республики Беларусь в 2023–2024 гг. с учетом различных вариантов замены «нулевых» значений приведена в таблицах К.1–К.3 приложения К.

Статистическая обработка показала, что все данные по контаминации имеют распределение отличное от нормального, поэтому для дальнейших расчетов применялась медиана.

В последующем, полученные данные использованы для реализации задачи «С использованием различных моделей экспозиции рассчитать неканцерогенные и канцерогенные риски для отдельных сценариев воздействия (теоретическое максимальное, комбинация различных уровней контаминации и потребления, в том числе для чувствительных групп населения), дать их гигиеническую оценку» Договора с ЕЭК № Н-17/305 и оценки вклада ядра подсолнечника и продукции, полученной на его основе (халва и козинаки) в общую экспозицию обсуждаемым контаминантом.

5.2 Качественная и количественная характеристика уровней контаминации ядра подсолнечника и продукции, изготовленной с его использованием пищевой продукции на основе данных производственного контроля

Результаты производственного контроля ядра подсолнечника, предназначенного для производства халвы и козинаков, проведенные на предприятиях концерна «Белгоспищепром» приведены в таблицах 14 и Л.1 приложения Л.

Таблица 14 – Характеристика контаминации ядра подсолнечника на основании результатов производственного контроля на предприятиях концерна «Белгоспищепром» в 2021–2024 гг.

Год	Исследовано проб				
	всего	из них			
		не соответствовали ДУ		соответствовали ДУ	
		абс. число	%	абс. число	%
2021	57	17	29,8	40	70,2
2022	157	92	58,6	65	41,4
2023	228	148	64,9	80	35,1
2024	74	38	51,4	36	48,6

Таким образом, в обсуждаемый период доля проб ядра подсолнечника, фактический уровень контаминации кадмием которых превышал ДУ, установленный для семян подсолнечника, составила от 29,8 до 64,9 %.

Количественная характеристика контаминации ядре подсолнечника представлена в таблице 15.

Таблица 15 – Количественная характеристика контаминации ядра подсолнечника на основании результатов производственного контроля на предприятиях концерна «Белгоспищепром» в 2021–2024 гг. (мг/кг)

Год	Среднее содержание	Медиана	25 процентиль	75 процентиль	95 процентиль
2021	0,109	0,1	0,097	0,12	0,15
2022	0,132	0,13	0,098	0,16	0,19
2023	0,142	0,15	0,1	0,17	0,2
2024	0,127	0,115	0,09975	0,15	0,17

Характеристика содержания кадмия в продукции, изготовленной с использованием ядра подсолнечника представлена в таблице Л.2 приложения Л.

Таким образом, полученные результаты подтверждают приоритетность кадмия в качестве объекта для установления гигиенического норматива в ядре подсолнечника и актуализации норматива в продукции, изготовленной с его использованием.

5.3 Результаты определения кадмия в ядрах подсолнечника, халве и козинаках, находившиеся в обращении на территории Республики Беларусь в 2025 г.

Всего было исследовано 259 образцов, из них 33,2 % – пробы ядра подсолнечника, 48,3 % – халвы, 18,5 % – козинаков. Не соответствовали установленным требованиям 12 проб халвы и 21 проба козинаков. В случае использования для гигиенической оценки содержания кадмия в ядре подсолнечника значения 0,1 мг/кг (соответствует нормативу для семян подсолнечника), доля несоответствий для указанной группы продукции составит 32,6 %. Содержание кадмия в пробах не превышало 0,2 мг/кг. Все исследованные пробы содержали кадмий в определяемых концентрациях.

Сводная характеристика уровней контаминации кадмием ядра подсолнечника, халвы и козинаков представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Количественная характеристика уровней контаминации кадмием ядра подсолнечника и продукции, изготовленной с его использованием (данные Республики Беларусь – данные ретроспективных и собственных исследований в рамках НИР в 2025 году, а также концерна «Белгоспищепром»)*

Наименование показателя	Ядро подсолнечника				Халва	Козинаки	Халва	Козинаки	
	Годы								
	2021	2022	2023	2024	2025	2023–2024		2025	
N (количество исследований)	57	157	228	74	86	252	48	125	48
Среднее	0,109	0,132	0,142	0,128	0,128	0,068	0,090	0,084	0,099
Доверит. –0,95	0,103	0,126	0,137	0,120	0,107	0,064	0,078	0,081	0,093
Доверит. 0,95	0,114	0,137	0,146	0,135	0,150	0,072	0,102	0,087	0,106
Медиана	0,100	0,130	0,150	0,135	0,100	0,070	0,087	0,080	0,100
Минимум	0,083	0,080	0,091	0,093	0,080	0,005	0,010	0,025	0,025
Максим.	0,160	0,210	0,210	0,250	0,990	0,250	0,180	0,140	0,140
Нижний квартиль	0,097	0,098	0,100	0,100	0,097	0,048	0,064	0,070	0,080
Верхний квартиль	0,120	0,160	0,170	0,150	0,130	0,090	0,130	0,090	0,120
10-й перцентиль	0,094	0,095	0,098	0,096	0,093	0,020	0,030	0,070	0,070
90-й перцентиль	0,150	0,180	0,190	0,170	0,180	0,100	0,144	0,100	0,130
Ст. откл.	0,020	0,035	0,036	0,032	0,101	0,033	0,043	0,017	0,024
Дов.инт. ст. откл. –0,95	0,017	0,031	0,033	0,028	0,087	0,030	0,035	0,015	0,020
Дов.инт. ст. откл. 0,95	0,024	0,039	0,040	0,039	0,118	0,036	0,053	0,019	0,030
Станд. ошибки	0,003	0,003	0,002	0,004	0,011	0,002	0,006	0,001	0,003
* при расчете показателей за исключением данных 2025 года, не использовалось правило замещения «нулевых значений» на ½ ПО метода определения кадмия.									

Анализ представленных данных показывает, что наблюдается устойчивая тенденция к превышению установленных гигиенических нормативов (таблица 17).

Таблица 17 – Сравнительный анализ установленных гигиенических нормативов с фактическими данными (2023–2025 гг.)

Продукт	Показатель, мг/кг			Вывод
	ДУ	медиана (2023–2025)	90-й процентиль (2023–2025)	
Семена подсолнечника	0,1	0,100 – 0,150*	0,180 – 0,190*	медиана на уровне или выше ДУ, 90-й процентиль стабильно превышает ДУ 0,1 мг/кг
Семена подсолнечника для непосредственного употребления в пищу	0,2			медиана ниже ДУ, но 90-й процентиль приближается к ДУ 0,1 мг/кг
Халва	0,1	0,070 – 0,080	0,100	медиана ниже ДУ, но 90-й процентиль достигает ДУ
Козинаки	0,1	0,087 – 0,100	0,130 – 0,144	медиана близка к ДУ, 90-й процентиль стабильно превышает ДУ
* значения определены в ядре подсолнечника				

5.4 Анализ содержания кадмия в образцах ядер подсолнечника в зависимости от региона Российской Федерации и года производства

В исследовании рассмотрены протоколы и данные исследований семян подсолнечника из следующих регионов произрастания: Алтай; Астрахань; Республика Адыгея; Волгоградская область; Воронежская область; Краснодарский край; Липецкая область; Ростовская область; Саратовская область; Ставропольский край; Тамбовская область (рисунок 4) на основании данных лабораторий, указанные в подразделе 4.1.

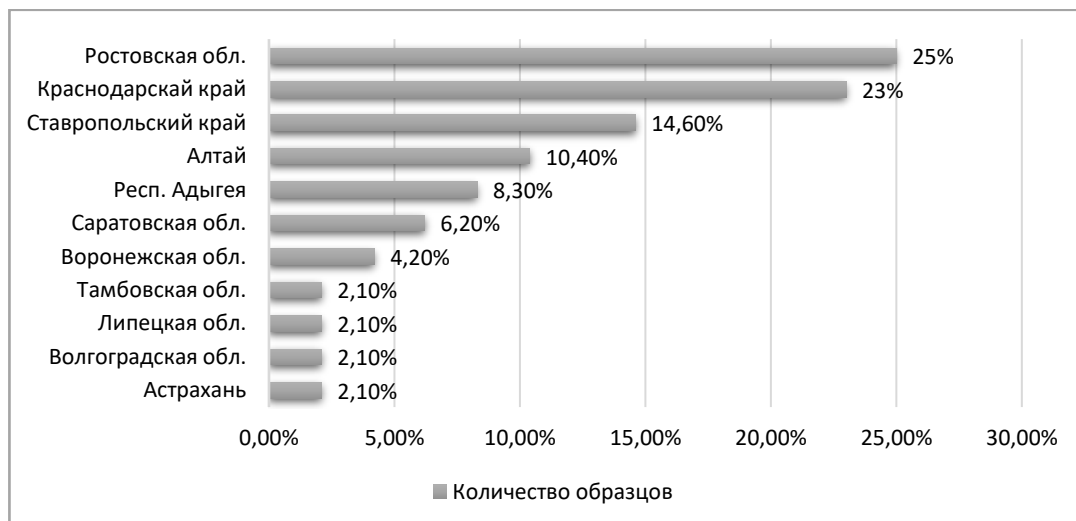


Рисунок 4 – Распределение образцов семян подсолнечника по регионам

Как отмечено в [134], основными производителями подсолнечника являются три федеральных округа: Южный (где производится около 60 % валового сбора), Приволжский (производится 17,8 % валового сбора) и Центральный (производится 18,3 % валового сбора). Товарные объемы семян подсолнечника в основном производятся в Волгоградской, Воронежской, Оренбургской, Ростовской, Самарской, Саратовской областях, а также Алтайском, Краснодарском и Ставропольском краях.

В исследованиях представлены результаты испытаний партий семян подсолнечника из всех основных районов возделывания.

Проведен анализ результатов исследований семян подсолнечника урожая 2022 года, 2023 года, 2024 года (рисунок 5).

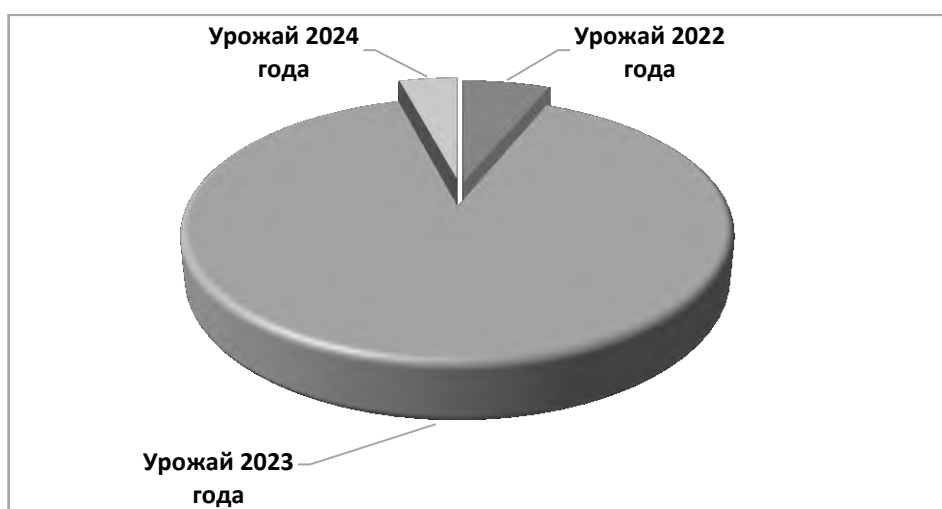


Рисунок 5 – Распределение образцов семян подсолнечника по годам урожая

Во всех 100 % партий подсолнечника (семена и ядра) урожая 2024 года выявлено содержание кадмия выше уровня 0,1 мг/кг. В семенах подсолнечника урожая 2022 года этот уровень превышен в 66 % образцов. Среди партий подсолнечника (семена и ядра) урожая 2023 года выявлено содержание кадмия выше уровня 0,1 мг/кг в 37 % образцов (рисунок 6).

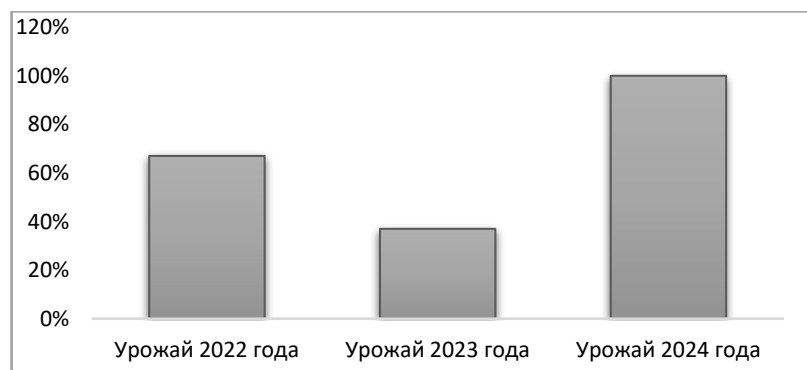


Рисунок 6 – Распределение партий подсолнечника с повышенным содержанием кадмия по годам

Следует отметить, что в партиях семян подсолнечника из Астрахани (5 партий), Волгоградской обл. (1 партия), Липецкой обл. (1 партия) и Ставропольского края (7 партий) не выявлено ни одного образца с содержанием кадмия выше 0,1 мг/кг.

В партиях семян подсолнечника из других регионов были выявлены отклонения содержания кадмия от значения 0,1 мг/кг. Распределение образцов семян подсолнечника с содержанием кадмия выше 0,1 мг/кг в процентном соотношении представлено на рисунке 7.

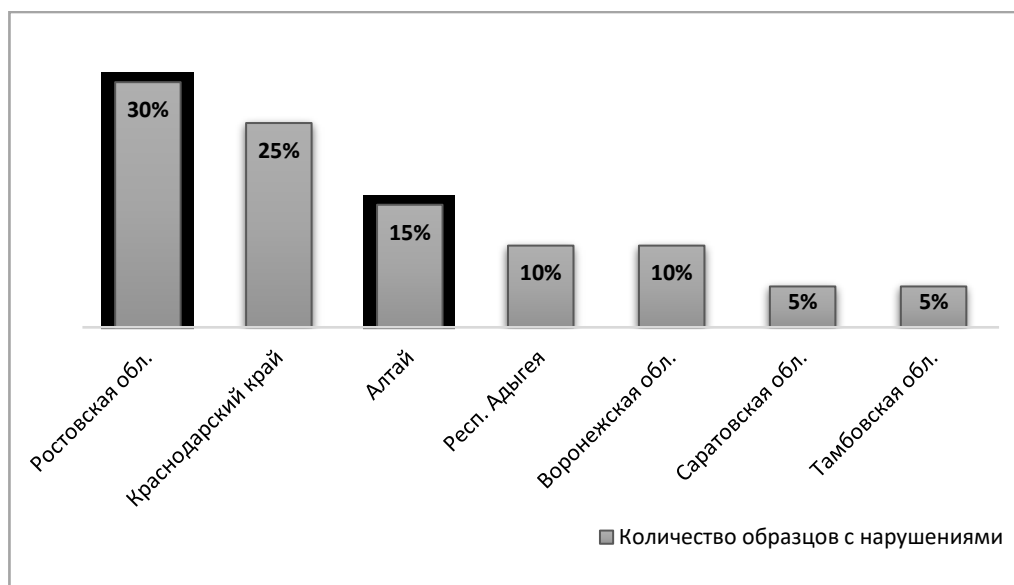


Рисунок 7 – Распределение образцов с превышением содержания кадмия по регионам

Следует отметить, что наибольшее количество партий подсолнечника с содержанием кадмия выше 0,1 мг/кг выявлено в партиях из Ростовской обл. и Краснодарского края.

Оценивая количество партий с повышенным содержанием кадмия относительно общего количества партий из конкретного региона, следует отметить, что семена подсолнечника из Воронежской и Тамбовской областей в 100 % партий имели содержание кадмия выше 0,1 мг/кг. Это значение, на сегодняшний день производители используют в качестве МДУ, без учета изменений внесенных в ТР ТС 015/2011, устанавливающих МДУ = 0,2 мг/кг кадмия в семенах подсолнечника, непосредственно используемых в пищу.

Несмотря на то, что подсолнечник из Ростовской обл. имеет наибольшее количество партий с содержанием кадмия относительно общего количество партий с превышением кадмия, доля таких семян относительно общего числа партий из этого региона составляет 50 %, т. е. 6 партий из 12 прошедших испытания имели содержание кадмия выше 0,1 мг/кг.

Аналогичную тенденцию можно отметить и для подсолнечника из Краснодарского края: только 5 партий подсолнечника из 11 имели превышение нормируемого МДУ кадмия.

Минимальное количество партий с содержанием кадмия выше уровня 0,1 мг/кг выявлено в подсолнечнике из Саратовской обл. – 33 %. Половина образцов из республики Адыгея и 60 % партий из Алтая имели превышение МДУ кадмия (рисунок 8).



Рисунок 8 – Количество образцов с превышением содержания кадмия из общего количества образцов по регионам

Следует отметить, что в целом почти каждая вторая партия семян подсолнечника имеет содержание кадмия выше уровня 0,1 мг/кг.

5.5 Анализ ретроспективных данных содержания кадмия в ядре подсолнечника, полученных на предприятиях Российской Федерации

Всего было проанализировано 592 ретроспективных результатов оценки содержания кадмия в семенах подсолнечника (неочищенные семена, ядра) и пищевых продуктах на основе ядер подсолнечника (халва, козинаки). После определения «выпадающих значений» общая выборка составила 581 измерение. Среднее значение содержания кадмия в общей выборке было 0,08 мг/кг, медиана же составила 0,07 мг/кг. Максимальное значение зафиксировано для ядра подсолнечника – 0,35 мг/кг. Для более корректного анализа, общая выборка из 581 измерений была поделена на 4 выборки: неочищенные семена, ядра, халва и козинаки.

На рисунке 9 представлена диаграмма средних и медианных значений кадмия в зависимости от группы продукта, а также отмечены границы доверительного интервала для среднего значения.

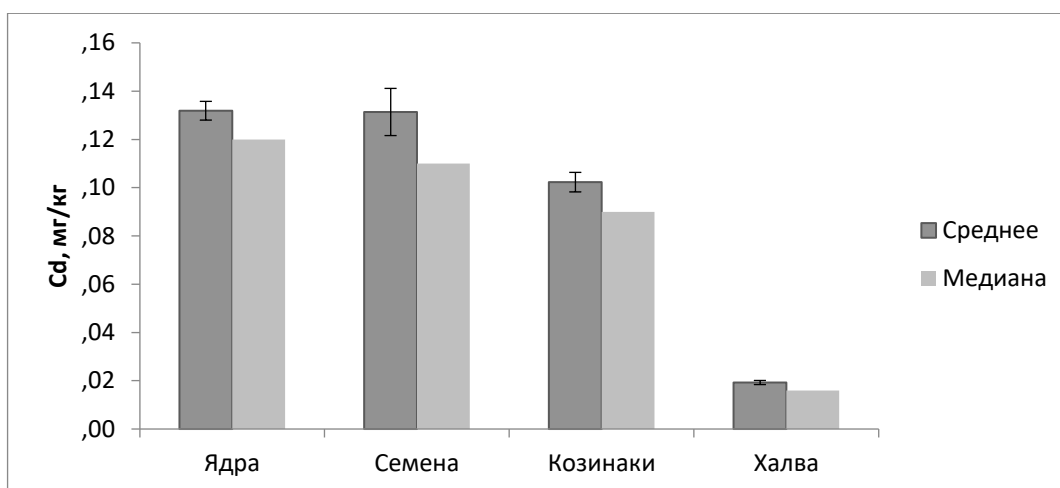


Рисунок 9 – Диаграмма средних и медианных значений по группам продуктов

Неочищенные семена и ядра подсолнечника

Предоставлено 46 и 229 значений анализа образцов неочищенных семян и ядер подсолнечника на содержание кадмия соответственно, полученных в период с 2022 по 2025 годы. Все значения находятся в диапазонах используемых методов исследований, приведенных в соответствующих ГОСТах. В таблице 18 приведены средние значения содержания кадмия по интервалам измерений для семян и ядер. Число интервалов для ядер $= 1 + 3,32 \times \text{Log}_{10}(229) = 9$ и для семян $= 1 + 3,32 \times \text{Log}_{10}(46) = 7$. В таблицу 19 сведены выпадающие значения в выборке образцов семян и ядер подсолнечника.

Таблица 18 – Распределение значений содержания кадмия в выборке по интервалам (число измерений)

Номер интервала	Среднее значение для интервала в случае неочищенных семян	Число значений (измерений) в интервале для неочищенных семян	Среднее значение для интервала в случае ядер	Число значений (измерений) в интервале для ядер
1	0,041	8	0,032	22
2	0,104	20	0,091	91
3	0,167	8	0,149	61
4	0,230	8	0,208	45
5	0,293	0	0,267	4
6	0,356	0	0,325	3
7	0,419	2	0,384	1
8	–	–	0,442	0
9	–	–	0,501	1

Таблица 19 – Выпадающие значения в выборке образцов семян и ядер

№	Наименование (вид) объекта	Дата	Значение содержания кадмия, мг/кг	Нормативный документ	Отклонение от среднего значения, в Sx (раз)*
21	Неочищенные семена, 2-й сорт (о/623-627), обр. 1	2024	0,45	ГОСТ 33824-2016	4,94
22	Неочищенные семена, 2-й сорт (о/623-627), обр. 1	2024	0,45	ГОСТ 33824-2016	4,94
120	Вход. на ядро, 9б., от 01.02.24г, повт. 1	2024	0,4	ГОСТ 33824-2016	6,04
121	Вход. на ядро, 9б., от 01.02.24г, повт. 3	2024	0,53	ГОСТ 33824-2016	8,00
*Критерий для определения «выпадающих» значений равен 3,08 и 3,61 для семян и ядер соответственно (при n = 40 и n = 200, таблица 7)					

Результаты статистического анализа содержания кадмия в выборке образцов подсолнечника (семян и ядер) приведены в таблице 20.

Таблица 20 – Результаты статистического анализа содержания кадмия в выборке образцов неочищенных семян и ядер подсолнечника

Общие статистические параметры, характеризующие выборку	Неочищенные семена	Ядра
Число значений в выборке, (=n)	44	227
Минимум, (мг/кг)	0,01	0,003
Максимум, (мг/кг)	0,26	0,35
95 % измерений попадают в интервал, (мг/кг)	0–0,258	0–0,227
90 % измерений попадают в интервал, (мг/кг)	0–0,237	0–0,204
Среднее, (мг/кг)	0,131	0,131
Среднее квадратическое отклонение (Sx), (мг/кг)	0,064	0,058
Коэффициент Стьюдента (95 %)	2,00	1,96
Средняя квадратическая ошибка среднего, (мг/кг)	0,009	0,004
Нижняя граница доверительного интервала (95 %), (мг/кг)	0,121	0,128
Верхняя граница доверительного интервала (95 %), (мг/кг)	0,141	0,135
Нижняя граница доверительного интервала (90 %), (мг/кг)	0,115	0,126
Верхняя граница доверительного интервала (90 %), (мг/кг)	0,148	0,138
Медиана, (мг/кг)	0,12	0,11

Как видно из общего числа результатов (таблица 18) 95 % значений измерений содержания кадмия в образцах подсолнечника (неочищенных семян и ядер), попадает в интервал от 0,01 мг/кг до 0,26 в случае с неочищенными семенами от 0,03 мг/кг до 0,23 мг/кг в ядрах подсолнечника, с максимальными единичными значениями 0,26 мг/кг и 0,35 мг/кг для этих групп соответственно. Среднеквадратическое отклонение составляет 0,064 мг/кг и 0,058 мг/кг. Среднеквадратическая ошибка среднего 0,009 мг/кг и 0,004 мг/кг. Математически ожидаемые числовые показатели содержания кадмия для 95 % образцов всей выборки находятся в доверительном интервале от 0,121 мг/кг до 0,141 мг/кг для семян и в интервале от 0,128 мг/кг до 0,135 мг/кг для ядер. 50 % полученных значений выборок лежат в диапазоне меньшем медианы – 0,12 и 0,11 мг/кг для семян и ядер соответственно.

В таблице 21 представлены статистические параметры для трех групп – измерения меньше 0,1 мг/кг, результаты в диапазоне от 0,1 до 0,2 мг/кг и результаты измерений, превышающие 0,2 мг/кг.

Таблица 21 – Распределение образцов неочищенных семян и ядер по диапазонам содержания в них кадмия

Параметры	< 0,1 мг/кг	0,1–0,2 мг/кг	> 0,2 мг/кг
<i>Для неочищенных семян</i>			
Количество измерений	14	22	8
Среднее значение, мг/кг	0,0700	0,1291	0,2450
Медиана, мг/кг	0,0700	0,1200	0,2450
Среднее квадратическое отклонение, мг/кг	0,0221	0,0281	0,0141
Относительная частота, % от общей выборки	32	50	18
<i>Для ядер подсолнечника</i>			
Количество измерений	76	116	35
Среднее значение	0,0729	0,1415	0,2289
Медиана	0,0790	0,1400	0,2200
Среднее квадратическое отклонение, мг/кг	0,0204	0,0277	0,0380
Относительная частота, % от общей выборки	34	51	15
<i>Общая выборка (неочищенные семена и ядра подсолнечника)</i>			
Количество измерений	90	138	43
Среднее значение	0,0724	0,1395	0,2314
Медиана	0,0785	0,1400	0,2200
Среднее квадратическое отклонение, мг/кг	0,0206	0,0280	0,0353
Относительная частота, % от общей выборки	33	51	16

Согласно ТР ТС 015/2011 «О безопасности зерна» для семян подсолнечника, предназначенных для непосредственного употребления в пищу, норматив содержания кадмия – не более 0,2 мг/кг. По данным из таблицы 19 только 18 % (для семян) и 15 % (для ядер) от всех значений выборок превышают этот норматив. Для общей выборки можно говорить о 16 % значений превышающий МДУ 0,2 мг/кг.

Для определения статистической значимости в общей выборке семян и ядер был проведен одновыборочный t-критерий, в котором сравнивались значения с нормативом содержания кадмия 0,2 мг/кг (таблица 22).

Таблица 22 – Одновыборочный t-критерий для общей выборки неочищенных семян и ядер подсолнечника

Одновыборочный критерий						
Общая выборка	Значение критерия = 0,2					
	t-критерий	количество образцов	значимость (двухсторонняя)	средняя разность	95% доверительный интервал для разности	
					нижняя	верхняя
	-18,922	270	0,000	-0,06820	-0,0753	-0,0611

Согласно представленным данным в таблице 8, значение p -уровня $\leq 0,05$, а значение t-критерия = -18,922. В результате можно сделать вывод о том, что уровень содержания кадмия в семенах и ядрах подсолнечника статистически значимо ниже заданного стандартного уровня в 0,2 мг/кг.

Анализ ретроспективных данных содержания кадмия в халве

Предоставлено 274 значений анализа образцов халвы подсолнечной на содержание кадмия соответственно, полученных в период с 2022 по 2025 годы. Все значения находятся в диапазонах используемых методов исследований, исключение составило одно значение (строка 289), которое находится ниже значения диапазона ГОСТа 30178-96. Данное значение использовалось при расчетах как $\frac{1}{2}$ предела обнаружения кадмия. В таблице 23 приведены средние значения содержания кадмия по интервалам измерений. Число интервалов для образцов халвы = $1 + 3,32 \times \text{Log}_{10}(273) = 9$. В таблицу 24 сведены выпадающие значения в выборке образцов халвы.

Таблица 23 – Распределение значений содержания кадмия в выборке по интервалам (число измерений)

Номер интервала	Среднее значение для интервала	Число значений(измерений) в интервале
1	0,019	255
2	0,032	0
3	0,045	0
4	0,058	0
5	0,071	3
6	0,084	10
7	0,097	1
8	0,110	1
9	0,123	3

Таблица 24 – Выпадающие значения в выборке образцов халвы.

№ образца	Наименование (вид) объекта	Дата	Значение содержания кадмия, мг/кг	Нормативный документ	Отклонение от среднего значения, в Sx (раз)*
283	Халва подсолнечная с арахисом	2023	0,13	ГОСТ 30178-96	6,16
284	Халва подсолнечная	2023	0,11	ГОСТ 30178-96	5,21
287	Халва подсолнечная	2024	0,1	ГОСТ 30178-96	5,20
292	Халва подсолнечная	2025	0,124	ГОСТ 30178-96	5,88
293	Халва подсолнечная	2025	0,127	ГОСТ 30178-96	6,01
*Критерий для определения «выпадающих» значений равен 3,73 (n = 300, табл. 7)					

Результаты статистического анализа содержания кадмия в выборке образцов халвы приведены в таблице 25.

Таблица 25 – Результаты статистического анализа содержания кадмия в выборке образцов халвы

Общие статистические параметры, характеризующие выборку	Халва
1	2
Число значений в выборке, (=n)	268
Минимум, (мг/кг)	0,01
Максимум, (мг/кг)	0,09
95 % измерений попадают в интервал, (мг/кг)	0–0,05

Продолжение таблицы 25

1	2
90 % измерений попадают в интервал, (мг/кг)	0–0,019
Среднее, (мг/кг)	0,019
Среднее квадратическое отклонение (Sx), (мг/кг)	0,013
Коэффициент Стьюдента (95 %)	1,96
Средняя квадратическая ошибка среднего, (мг/кг)	0,0008
Нижняя граница доверительного интервала (95 %), (мг/кг)	0,018
Верхняя граница доверительного интервала (95 %), (мг/кг)	0,020
Нижняя граница доверительного интервала (90 %), (мг/кг)	0,018
Верхняя граница доверительного интервала (90 %), (мг/кг)	0,021
Медиана, (мг/кг)	0,016

Как видно из таблицы 25 из общего числа 95 % значений измерений содержания кадмия в образцах халвы попадает в интервал от 0,01 мг/кг до 0,09 мг/кг, со средним значением 0,019 мг/кг и максимальным единичным значением 0,09 мг/кг. Среднеквадратическое отклонение составляет 0,013 мг/кг, Среднеквадратическая ошибка среднего 0,0008 мг/кг. Математически ожидаемые числовые показатели содержания кадмия для 95 % образцов всей выборки находятся в доверительном интервале от 0,018 до 0,020 мг/кг. 50 % полученных значений выборок лежат в диапазоне меньшем медианы – 0,016 мг/кг.

Анализ ретроспективных данных содержания кадмия в козинаках

Предоставлено 43 значения анализа образцов козинаков на содержание кадмия соответственно, полученных в период с 2022 по 2025 годы. Все значения находятся в диапазонах используемых методов исследований, исключение составило одно значение (строка 318), которое находится ниже значения диапазона ГОСТа 30178-96. Данное значение не использовалось при расчетах. В таблице 26 приведены средние значения содержания кадмия по интервалам измерений. Число интервалов для ядер = $1 + 3,32 \times \text{Log}_{10}(42) = 6$.

Таблица 26 – Распределение значений содержания кадмия в выборке по интервалам (число измерений)

Номер интервала	Среднее значение для интервала	Число значений (измерений) в интервале
1	0,058	2
2	0,075	10
3	0,092	12
4	0,108	4
5	0,125	7
6	0,142	7

В таблице 26 приведены семь значений, которые попали в шестой интервал измерений. Критерий для отбрасывания крайних значений, в случае нормального распределения, при $n = 40$ равен 3,08. Расчет отклонений от среднего значения (S_x) показал, что данный показатель по всем семи значениям был ниже установленного критерия. Таким образом, «выпадающие» значения в выборке козинаков не были выявлены. Результаты статистического анализа содержания кадмия в выборке образцов козинаков приведены в таблице 27.

Таблица 27 – Результаты статистического анализа содержания кадмия в выборке образцов козинаков

Общие статистические параметры, характеризующие выборку	Козинаки
Число значений в выборке, ($=n$)	42
Минимум, (мг/кг)	0,05
Максимум, (мг/кг)	0,15
95 % измерений попадают в интервал, (мг/кг)	0–0,14
90 % измерений попадают в интервал, (мг/кг)	0–0,14
Среднее, (мг/кг)	0,102
Среднее квадратическое отклонение (S_x), (мг/кг)	0,026
Коэффициент Стьюдента (95 %)	2,00
Средняя квадратическая ошибка среднего, (мг/кг)	0,004
Нижняя граница доверительного интервала (95 %), (мг/кг)	0,098
Верхняя граница доверительного интервала (95 %), (мг/кг)	0,106
Нижняя граница доверительного интервала (90 %), (мг/кг)	0,095
Верхняя граница доверительного интервала (90 %), (мг/кг)	0,109
Медиана, (мг/кг)	0,09

Как видно из таблицы 27 из общего числа 95 % значений измерений содержания кадмия в образцах козинаков, попадает в интервал от 0,05 до 0,15 мг/кг, со средним значением 0,102 мг/кг и максимальным единичным значением 0,15 мг/кг. Среднеквадратическое отклонение составляет 0,026 мг/кг. Среднеквадратическая ошибка среднего 0,004 мг/кг. Математически ожидаемые числовые показатели содержания кадмия для 95 % образцов всей выборки находятся в доверительном интервале от 0,098 до 0,106 мг/кг. 50 % полученных значений выборок лежат в диапазоне меньшем медианы – 0,09 мг/кг.

Математически ожидаемые числовые показатели содержания кадмия в ретроспективных выборках ядер подсолнечника, халвы и козинаках представлены на рисунке 10.

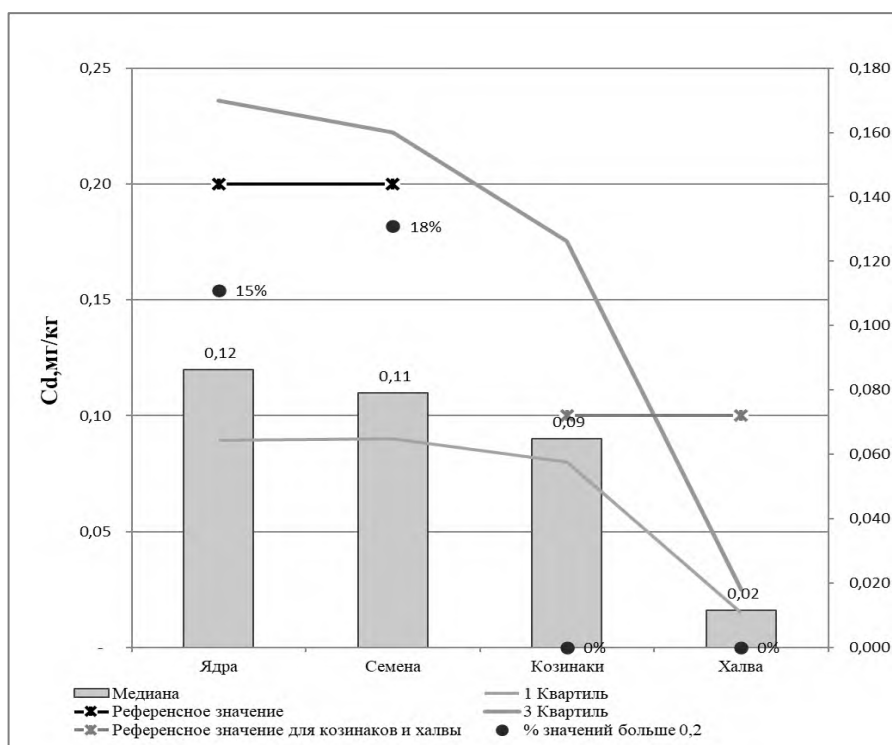


Рисунок 10 – Сравнение основных статистических характеристик выборок по содержанию Cd.

В соответствие с результатами проведенного расчета вероятностей, процент выявления значений содержания кадмия, превышающий 0,2 мг/кг возможно только в выборке неочищенных семян. С учетом того, что данная выборка мала (по сравнению с выборкой ядер), данный процент можно признать статистически незначимым. В халве и козинаках вероятность превышения значения 0,2 мг/кг отсутствует. В халве отсутствует вероятность превышения показателя 0,1 мг/кг.

Статистический анализ содержания кадмия в 592 образцах подсолнечника и пищевых продуктов на его основе свидетельствует о том, что ядра подсолнечника содержат кадмий в большем количестве, чем в неочищенных семенах подсолнечника. Количество кадмия в образцах неочищенных семян и ядрах подсолнечника, халве значимым образом может превышать уровень 0,1 мг/кг, но не превышает уровень 0,2 мг/кг, установленного ТР ТС 015/2011 для кадмия в семенах подсолнечника, предназначенных для непосредственного использования в пищу.

5.6 Анализ образцов семян и ядер подсолнечника, халвы, козинаков на содержание кадмия, находившихся в обращении на территории Российской Федерации в 2025 г.

В лаборатории пищевой токсикологии и оценки безопасности нанотехнологий ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» проведен анализ содержания кадмия в образцах семян и ядер подсолнечника, халвы, козинаков. Результаты статистического анализа полученных результатов приведен в таблице 28 и рисунках 12 и 13.

Таблица 28 – Результаты аналитических исследований содержания кадмия в неочищенных семенах и ядрах подсолнечника, халве и козинаках

Выборка	Неочищенные семена, мг/кг	Ядра подсолнечника, мг/кг	Халва, мг/кг	Козинаки, мг/кг
Количество значений в выборке	51	55	50	53
Min	0,014	0,015	0,020	0,020
1 Квартиль	0,062	0,083	0,060	0,070
Медиана	0,098	0,115	0,070	0,090
3 Квартиль	0,120	0,143	0,080	0,100
Max	0,217	0,253	0,100	0,170
число значений для $Cd \geq 0,1$	24	34	3	19
% числа значений для $Cd > 0,1$	47 %	62 %	6 %	36 %
число значений для $Cd \geq 0,2$	1	4	0	0
% числа значений для $Cd > 0,2$	2 %	7 %	0 %	0 %
Среднее значение	0,094	0,113	0,071	0,085
Стандартное отклонение (Sx)	0,050	0,054	0,015	0,031
Для оценки асимметрии = СКОС(диапазон)	0,270	0,205	-0,572	-0,097
Для оценки эксцесса = ЭКСЦЕСС(диапазон)	-0,404	-0,141	2,003	0,506
Оценочное значение для асимметрии	0,333	0,322	0,337	0,327
Оценочное значение для эксцесса	0,656	0,634	0,662	0,644
t (для асимметрии)	0,810	0,638	-1,700	-0,296
t (для эксцесса)	-0,616	-0,223	3,026	0,785
Симметричность и нормальность распределения значений в выборках	симметричная, нормальное	симметричная, нормальное	не симметричная, не нормальное	симметричная, нормальное
Коэффициент Стьюдента (95 %), $n = 60, n = 19$	1,675	1,673	1,676	1,674
Стандартная ошибка среднего значения ($Scpx$), для заданного уровня точности	0,012	0,013	0,003	0,007
Относительная ошибка среднего значения, (%) для заданного уровня точности	12 %	11 %	5 %	9 %
Нижняя граница доверительного интервала	0,082	0,101	0,068	0,078
Верхняя граница доверительного интервала	0,106	0,126	0,075	0,093

В результате проведенных исследований показано, что содержание кадмия в неочищенных семенах подсолнечника составило $(0,094 \pm 0,050)$ мг/кг, в ядрах подсолнечника $(0,113 \pm 0,054)$ мг/кг, в халве $(0,071 \pm 0,015)$ мг/кг, в козинаках $(0,085 \pm 0,031)$ мг/кг. Значение медианы содержания кадмия в этих группах пищевой продукции составило 0,098 мг/кг, 0,115 мг/кг, 0,070 мг/кг, 0,090 мг/кг. Максимальные значения определяемых количеств кадмия для семян подсолнечника составило 0,217 мг/кг, для ядер подсолнечника 0,253 мг/кг, для халвы 0,100 мг/кг, для козинаков 0,170 мг/кг. Следовательно, медианы полученных значений, практически, совпадают со значениями средние значения содержания кадмия в полученных выборках (рисунок 11).

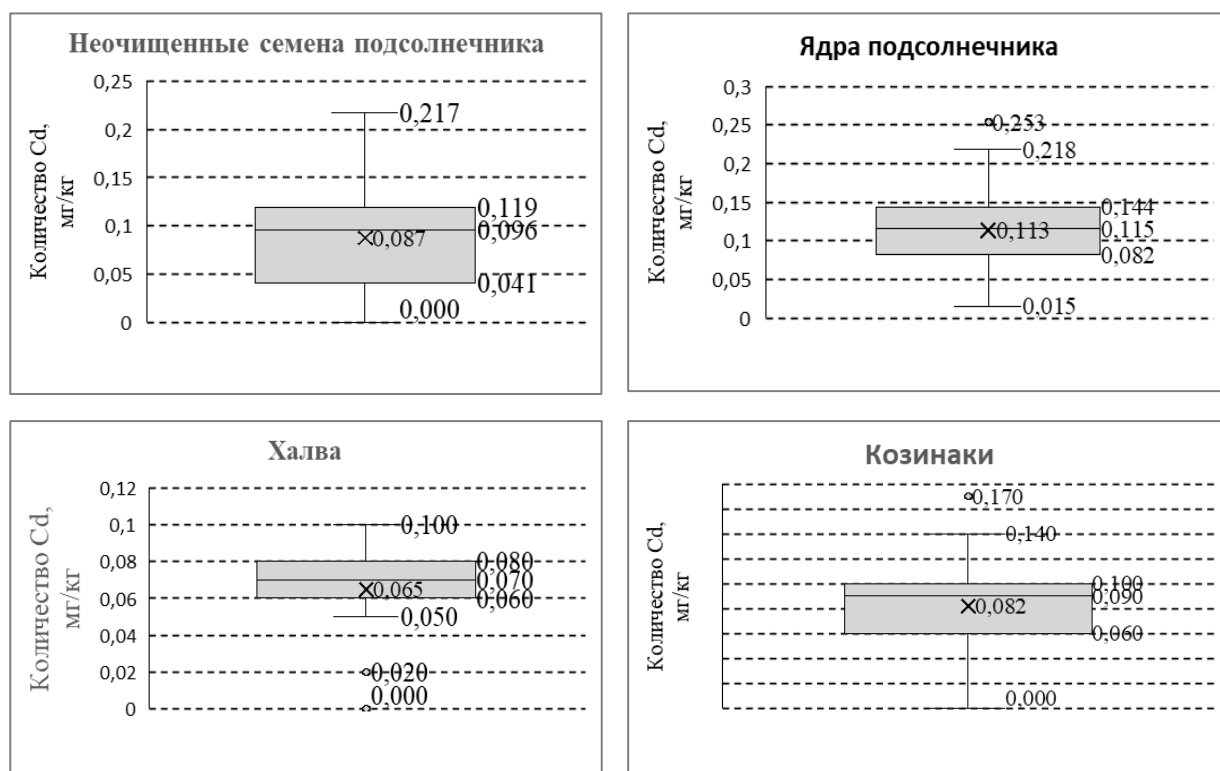


Рисунок 11 – Результаты статистического анализа содержания кадмия в семенах и ядрах подсолнечника и сахаристых кондитерских изделиях

Полученные значения для выборок неочищенных семян и ядер подсолнечника, козинаков имели нормальный, симметричный характер распределения. Отмечено, что распределение полученных значений содержания кадмия в выборке халвы не симметрично и не имеет нормальный характер (рисунок 12). При этом, наибольшее количество образцов семян подсолнечника (31 образец) содержало кадмий в диапазоне от 0,050 до 0,15 мг/кг. В 34 из 55 образцах ядер подсолнечника содержание кадмия составило 0,065–0,165 мг/кг.

Распределение значений содержания кадмия в халве отличное от нормального, по-видимому, объясняется используемыми для ее приготовления рецептурами. При этом, 32

из 50 значений находится в диапазоне 0,069–0,092 мг/кг. Результаты проведенных анализов свидетельствуют о том, что 35 из 53 значений для козинаков находятся в диапазоне от 0,064 до 0,128 мг/кг.

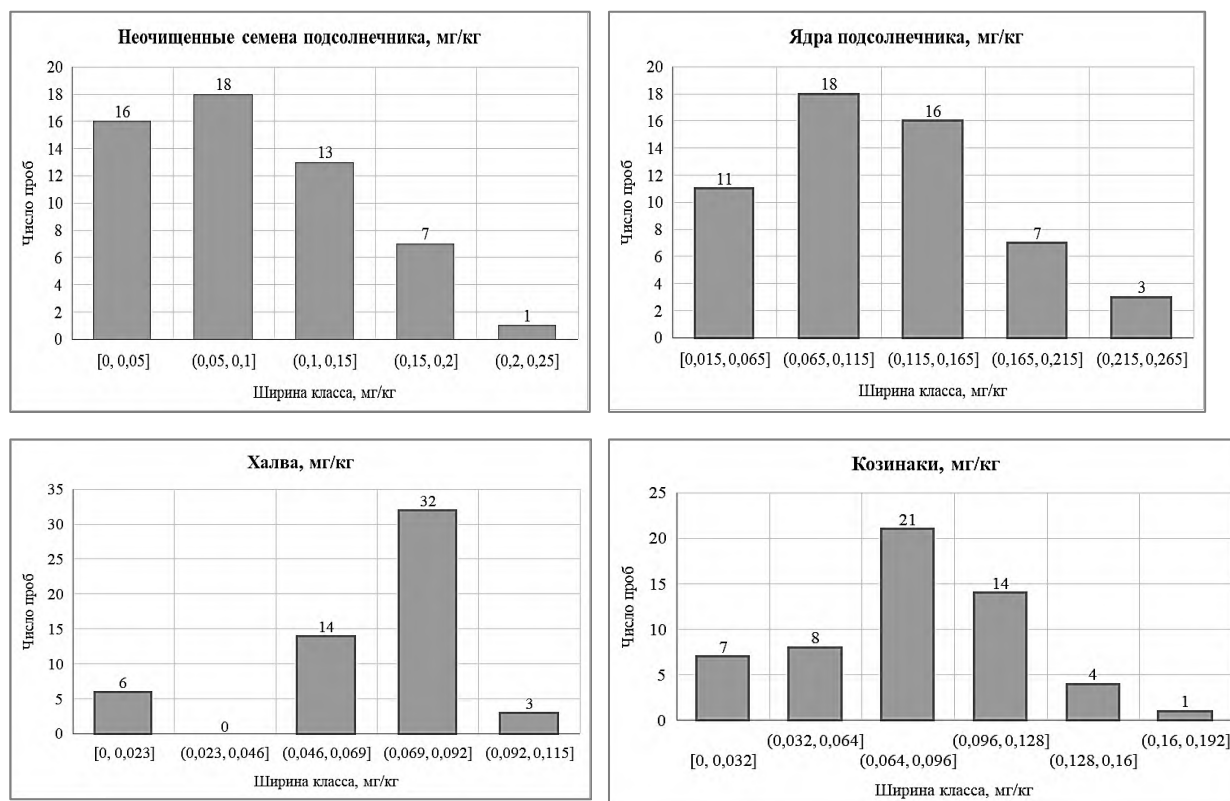


Рисунок 12 – Характеристика нормальности распределения данных в анализируемых выборках

Таким образом, анализ полученных результатов показал, что больший процент образцов неочищенных и обрубленных семян подсолнечника и козинаков содержит кадмий в количествах, превышающих 0,1 мг/кг, но не превышает значения 0,2 мг/кг. Количество кадмия в халве соответствует установленному МДУ = 0,1 мг/кг.

Общая характеристика уровней контаминации ядра подсолнечника, халвы и козинков представлено в таблице 29.

Таблица 29 – Фактические уровни контаминации кадмием ядра подсолнечника, халвы и козинаков (обобщенные данные на основе таблиц 14; 18; 23; 25), мг/кг

Показатель	Республика Беларусь		Российская Федерация		Республика Беларусь		Российская Федерация		Республика Беларусь		Российская Федерация	
	ядро подсолнечника				халва				козинаки			
	2021–2024	2025	ретроспективные данные	2025	2023–2024	2025	ретроспективные данные	2025	2023–2024	2025	ретроспективные данные	2025
Медиана	0,100–0,150	0,100	0,11/0,131*	0,115 / 0,113*	0,07	0,08	0,016/0,019*	0,07 / 0,074*	0,087	0,1	0,09 / 0,102*	0,090 / 0,085*
90 процентиль	0,150–0,190	0,180	0,135**	0,126**	0,1	0,1	0,020**	0,075**	0,144*	0,130*	0,106**	0,093*
* через дробь указано среднее арифметическое ** верхняя граница доверительного интервала (95 %)												

6 Оценка потребления продукции из подсолнечника населением

6.1 Анализ потребления ядра подсолнечника, халвы, козинаков населением Республики Беларусь

Анализ уровней потребления ядра подсолнечника, халвы и козинаков населением Республики Беларусь был проведен среди репрезентативной выборки, состоящей из 36 470 респондентов в возрасте старше 3 лет с использованием частотного метода, позволяющего оценить привычное потребление пищевых продуктов за последний месяц (таблица 30).

Таблица 30 – Уровни потребления ядра подсолнечника, халвы и козинаков среди различных групп населения Республики Беларусь

Возраст	Показатель	Потребление*, г/сутки					
		все население			только потребители		
		ядро подсолнечника	халва	козинаки	ядро подсолнечника	халва	козинаки
3–6 лет	среднее арифметическое	3,40	2,38	1,30	5,83	4,10	3,04
3–6 лет	медиана	0,05	0,50	0,00	1,50	3,00	2,00
3–6 лет	90 процентиль	7,00	7,02	2,00	12,00	7,02	4,68
3–17 лет	среднее арифметическое	3,31	2,51	1,50	6,36	4,58	3,50
3–17 лет	медиана	0,05	0,50	0,00	1,40	3,00	2,00
3–17 лет	90 процентиль	7,00	4,68	2,00	12,86	7,02	4,68
18 лет и старше	среднее арифметическое	3,94	2,50	1,56	7,45	4,99	3,62
18 лет и старше	медиана	0,05	0,05	0,00	1,40	3,00	2,00
18 лет и старше	90 процентиль	7,00	3,51	2,00	14,04	7,02	4,68

* данные характеризовались распределением, отличным от нормального

Потребление шоколада и шоколадных конфет составило 3 г/сутки (по медиане) и 35,7 г/сутки (на уровне 90P).

Согласно полученным данным, только 44,9–57 % опрошенных респондентов использовали в пищу ядро подсолнечника и продукцию, изготовленную на его основе (рисунки 13–15). При этом уровень потребления в такой подгруппе респондентов в 2–2,3 раза выше по сравнению с населением в целом.

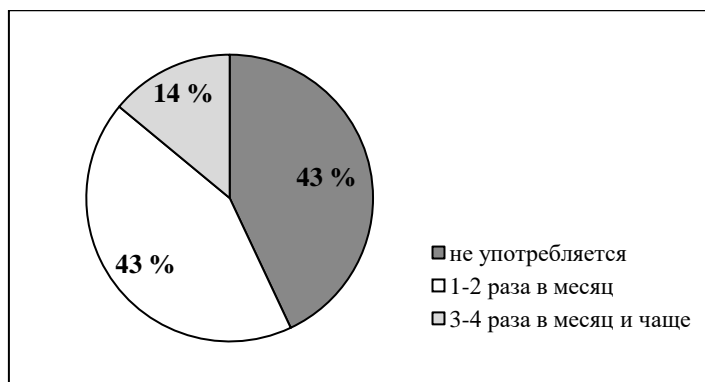


Рисунок 13 – Частота потребления ядра подсолнечника

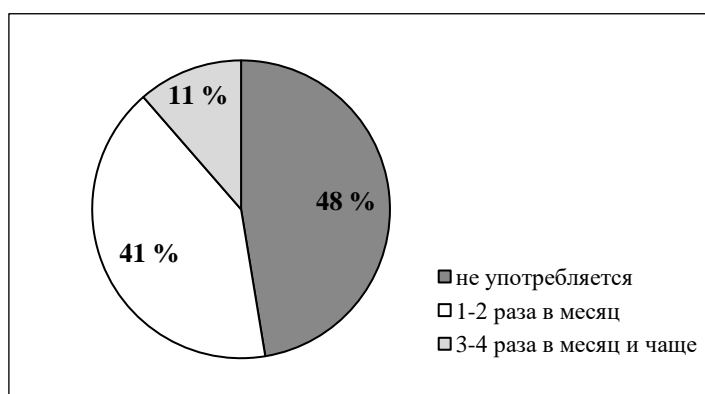


Рисунок 14 – Частота потребления халвы

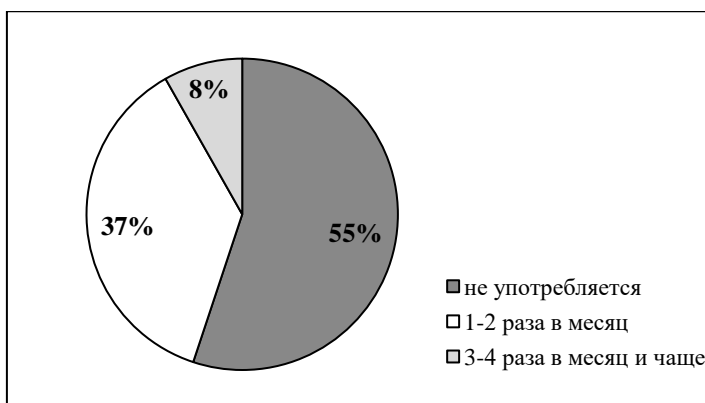


Рисунок 15 – Частота потребления козинаков

6.2 Потребление ядра подсолнечника, халвы, козинаков населением Российской Федерации

Анализ данных Росстата по потреблению семян подсолнечника в пересчете на съедобную часть – ядра подсолнечника и халвы проведен при помощи утвержденного в установленном порядке метода анализа фактического потребления пищи у всех членов обследованных домохозяйств в ходе выборочного обследования рациона питания изучалось методом 24-часового (суточного) воспроизведения питания.

Вследствие того, что козинаки не являются продукцией массового потребления, данные Федеральной службы государственной статистики Российской Федерации не включают оценку потребления козинаков.

Количество опрошенных респондентов с учетом возрастных групп приведено в таблице 31.

Таблица 31 – Количество обследованных (по возрастным группам)

Пищевой продукт	Возрастные группы	Количество опрошенных					
		валидные		пропущенные		всего	
		N	%	N	%	N	%
халва подсолнечная	3–6 лет	3385	100,0	0	0,0	3385	100,0
	7–13 лет	7861	100,0	0	0,0	7861	100,0
	14–17 лет	3670	100,0	0	0,0	3670	100,0
	18 лет и старше	72197	100,0	0	0,0	72197	100,0
ядра подсолнечника	3–6 лет	3385	100,0	0	0,0	3385	100,0
	7–13 лет	7861	100,0	0	0,0	7861	100,0
	14–17 лет	3670	100,0	0	0,0	3670	100,0
	18 лет и старше	72197	100,0	0	0,0	72197	100,0

Количество респондентов, включающих в рацион ядра подсолнечника и халву с учетом возраста, приведено в таблице 32.

Таблица 32 – Количество человек, потреблявших продукт – ядра подсолнечника

Продукт	Возрастные группы	Наблюдения					
		валидные		пропущенные		всего	
		N	%	N	%	N	%
ядра подсолнечника	3–6 лет	7	100,0	0	0,0	7	100,0
	7–13 лет	86	100,0	0	0,0	86	100,0
	14–17 лет	106	100,0	0	0,0	106	100,0
	18 лет и старше	1538	100,0	0	0,0	1538	100,0
халва подсолнечная	3–6 лет	1	100,0	0	0,0	1	100,0
	7–13 лет	17	100,0	0	0,0	17	100,0
	14–17 лет	20	100,0	0	0,0	20	100,0
	18 лет и старше	526	100,0	0	0,0	526	100,0

Всего обследовано 87113 человека в возрасте от 3 лет и старше, из них 3385 от 3 до 6 лет, 7861 – от 7 до 13 лет, 3670 – от 14 до 18 лет, 72197 – от 18 лет и старше. Количество населения, которое потребляло халву подсолнечную в день опроса составило 564 человека,

из них 1 – в возрасте 3–6 лет, 17– в возрасте 7–13 лет, 20 – в возрасте 14–18 лет, 526 – в возрасте 18 лет и старше. Количество населения, которое потребляло ядра подсолнечника (очищенные от шелухи семена подсолнечника) в день опроса составило 1737 человека, из них – 7 в возрасте 3–6 лет, 86 в возраст 7–13 лет, 106 – в возрасте 14–17 лет, 1538 – в возрасте 18 лет и старше (таблица 30). Халва не использовалась в питании детей в возрасте от 3 до 6 лет. В связи с тем, что пищевые привычки населения России, проживающего в различных регионах, обусловили высокий уровень дисперсии данных, полученные значения характеризуются асимметрией нормального распределения показателей потребления этих видов пищевой продукции (таблица 33).

Таблица 33 – Уровень потребление ядра подсолнечника и халвы отдельными группами населения Российской Федерации, г/сутки

Возраст	Показатель	Все население		Только потребители	
		Ядро подсолнечника	Халва	Ядро подсолнечника	Халва
1	2	3	4	5	6
3–6 лет	Среднее арифметическое, г/сутки	0,0753	0,0089	36,43	–
	Стандартная ошибка	0,02911	0,00886	3,22	–
	Медиана, г/сутки	0,0000	0,0000	30,00	–
	95 перцентиль, г/сутки, нижняя граница	0,0183	–0,0085	28,55	–
	95 перцентиль, верхняя граница, г/сутки	0,1324	0,0262	44,31	–
	Дисперсия	2,868	0,266	72,62	–
	Среднеквадратическое отклонение	1,69356	0,51563	8,52	–
	Минимум	0,00	0,00	30,00	–
	Максимум	50,00	30,00	50,00	–
	Диапазон	50,00	30,00	20,00	–
	Межквартильный диапазон	0,00	0,00	15,00	–
	Асимметрия	23,493 ± 0,042	58,18 ± 0,042	0,796 ± 0,794	–
	Экссесс	574,004 ± 0,084	3385,0 ± 0,084	–1,30 ± 1,59	–

Продолжение таблицы 33

1	2	3	4	5	6
7–13 лет	Среднее арифметическое, г/сутки	0,6284	0,1043	57,44	48,24
	Стандартная ошибка	0,07455	0,02796	2,93	5,70
	Медиана, г/сутки	0,0000	0,0000	50,00	40,00
	95 перцентиль, г/сутки, нижняя граница	0,4823	0,0495	51,62	36,15
	95 перцентиль, верхняя граница, г/сутки	0,7746	0,1591	63,27	60,33
	Дисперсия	43,689	6,147	738,09	552,94
	Среднеквадратическое отклонение	6,60977	2,47929	27,17	23,51
	Минимум	0,00	0,00	30,00	30,00
	Максимум	150,00	100,00	150,00	100,00
	Диапазон	150,00	100,00	120,00	70,00
	Межквартильный диапазон	0,00	0,00	40,00	20,00
	Асимметрия	12,438± 0,028	28,716± 0,028	1,06±0,260	1,45±0,55
	Экссесс	175,208± 0,055	945,797± 0,055	0,60±0,514	1,16±1,06
14–17 лет	Среднее арифметическое, г/сутки	1,8420	0,3651	63,77	67,00
	Стандартная ошибка	0,2029	0,0928	3,4916	8,37
	Медиана, г/сутки	0,0000	0,0000	50,00	55,00
	95 перцентиль, г/сутки, нижняя граница	1,4442	0,1832	56,85	49,48
	95 перцентиль, верхняя граница, г/сутки	2,2398	0,5470	70,70	84,52
	Дисперсия	151,090	31,592	1292,29	1401,05
	Среднеквадратическое отклонение	12,29186	5,62067	35,95	37,43
	Минимум	0,00	0,00	30,00	30,00
	Максимум	200,00	200,00	200,00	200,00
	Диапазон	200,00	200,00	170,00	170,00
	Межквартильный диапазон	0,00	0,00	52,50	30,00
	Асимметрия	8,371 ± 0,040	20,734 ± 0,040	1,388 ± 0, 235	2,52 ± 0, 512
	Экссесс	82,381 ± 0,081	551,491 ± 0,081	1,815 ± 0,465	8,26 ± 0,992

Продолжение таблицы 33

1	2	3	4	5	6
18 лет и старше	Среднее арифметическое, г/сутки	1,4619	0,4761	68,62	65,35
	Стандартная ошибка	0,04298	0,02372	1,04	1,59451
	Медиана	0,0000	0,0000	50,00	50,00
	95 перцентиль, г/сутки, нижняя граница	1,3776	0,4296	66,59	62,22
	95 перцентиль, верхняя граница, г/сутки	1,5461	0,5226	70,66	68,48
	Дисперсия	133,348	40,611	1651,76	1337,33
	Среднеквадратическое отклонение	11,54764	6,37266	40,64	36,57
	Минимум	0,00	0,00	30,00	30,00
	Максимум	450,00	300,00	450,00	300,00
	Диапазон	450,00	300,00	420,00	270,00
	Межквартильный диапазон	0,00	0,00	60,00 ± 0, 062	40,00
	Асимметрия	10,584 ± 0,009	17,999 ± 0,009	1,93 ± 0,062	2,19 ± 0,11
	Экссесс	152,663 ± 0,018	429,825 ± 0,02911	8,07 ± 0,125	7,69 ± 0,21
	Примечание – халва подсолнечная представляет собой константу. Для возраста 3–6 лет она пропускается				

Расчет перцентильного распределения потребления ядер подсолнечника и халвы показал, что целом население России использует в питании эти продукты в очень незначительных количествах.

Анализ потребления ядер подсолнечника населением, которое использовало этот продукт в рационе (для потребителей) показал, что дети в возрасте от 7 до 13 лет съедали в день опроса ядра подсолнечника в количестве до 100 г/сутки. В группах от 14 до 17 лет и от 18 лет и старше 90 процентов потребителей этой продукции использовали в пищу в день опроса до 100 г/сутки. Наибольшее значение потребления ядер подсолнечника для взрослых составило 150 г/сутки. Дети от 3 до 6 лет не используют семена подсолнечника в рационе (таблица 34).

Показатель потребления халвы для детей в возрасте от 7 лет и старше в день опроса составил до 100 г/сутки. Максимальное количество потребления халвы в день опроса для детей в возрасте от 14 до 17 лет составило 195 г/сутки, а в возрасте от 18 лет и старше по 150 г/сутки.

Таблица 34 – Процентильное распределения потребления ядер подсолнечника и халвы

Показатель	Продукт	Возрастные группы	Процентили						
			5	10	25	50	75	90	95
С учетом населения, использующего эти продукты в рационе									
Взвешенное среднее, г/сут на потребителя	Ядра подсолнечника	3–6 лет	30,0	30,0	30,0	30,0	45,0	–	–
		7–13 лет	30,0	30,0	30,0	50,0	70,0	100,0	100,0
		14–17 лет	30,0	30,0	40,0	50,0	92,0	100,0	150,0
		18 лет и старше	30,0	30,0	40,0	50,0	100,0	100,0	150,0
	Халва подсолнечная	3–6 лет	–	–	–	–	–	–	–
		7–13 лет	30,0	30,0	30,0	40,0	50,0	100,0	–
		14–17 лет	30,0	31,0	50,0	55,0	80,0	100,0	195,0
		18 лет и старше	30,0	30,0	40,0	50,0	80,0	100,0	150,0
Примечание – халва подсолнечная представляет собой константу. Для возраста 3–6 лет она пропускается									

Для населения в целом статистическая обработка данных показала нулевые уровни потребления.

Низкий уровень потребления ядер подсолнечника, халвы и козинаков свидетельствует о небольшом вкладе этой продукции в сумму поступления кадмия в рацион из всех возможных источников.

Таким образом, анализ результатов объемов потребления ядра подсолнечника, халвы и козинаков населением Республики Беларусь и Российской Федерации для целей оценки пищевой экспозиции кадмием показал, что уровни потребления для детского населения Республики Беларусь составили по медианным значениям потребления:

ядро подсолнечника – 0,05 г/сутки,

халва – 0,5 г/сутки,

козинаки – 0,0 г/сутки;

по среднеарифметическим значениям:

ядро подсолнечника – 3,31 г/сутки,

халва – 2,51 г/сутки,

козинаки – 1,50 г/сутки.

Для взрослого населения Республики Беларусь составили по медианным значениям потребления:

ядро подсолнечника – 0,05 г/сутки,

халва – 0,05 г/сутки,

козинаки – 0,0 г/сутки;

по среднеарифметическим значениям:

ядро подсолнечника – 3,94 г/сутки,

халва – 2,50 г/сутки,
козинаки – 1,56 г/сутки.

Для населения Российской Федерации среднесуточное потребление среди детей 3–6 лет составляет:

ядра подсолнечника – 0,075 г/сутки,
халвы – 0,0089 г/сутки.

В возрастной группе 7–13 лет потребление увеличивается:

ядра подсолнечника до 0,63 г/сутки,
халвы – до 0,10 г/сутки.

Среди подростков 14–17 лет отмечается дальнейший рост потребления:

ядра подсолнечника – до 1,84 г/сутки,
халвы – до 0,37 г/сутки.

Во взрослой популяции (18 лет и старше) потребление составляет:

ядра подсолнечника – 1,46 г/сутки,
халвы – 0,48 г/сутки.

При этом данные о потреблении козинаков во всех возрастных группах отсутствуют.

Все представленные значения отражают среднеарифметические показатели потребления.

Согласно медианным значениям, потребление ядра подсолнечника и халвы во всех возрастных группах населения Российской Федерации (дети 3–6 лет, 7–13 лет, подростки 14–17 лет и взрослые 18 лет и старше) составляет 0 г/сутки, что указывает на отсутствие регулярного потребления этих продуктов среди большей части населения. Данные по козинакам во всех категориях отсутствуют.

7 МДУ содержания кадмия в ядре подсолнечника и пищевой продукции на его основе (халва, козинаки)

7.1 Обоснование допустимой суточной дозы (ДСД) кадмия по критериям допустимого риска

В данном разделе представлен критический анализ современных нормативных показателей оценки экспозиции кадмием (таблица 35), установленных международными организациями (EFSA, FDA, JECFA), с целью выбора наиболее релевантного параметра для обоснования МДУ в ядре подсолнечника и пищевых продуктах, произведенных на его основе. Особое внимание уделено методологическим подходам к определению каждого показателя, их физиологическому обоснованию, а также ограничениям при экстраполяции на конкретную матрицу пищевых продуктов.

Таблица 35 – Установленные параметры экспозиции кадмия для обоснования МДУ в ядре подсолнечника и продуктах его переработки (на основании литературных данных)

№	Параметр (англ./рус.)	Значение	Научное обоснование	Источник данных
1	TWI (Tolerable Weekly Intake) Допустимое недельное поступление	2,5 мкг/кг МТ	Установлен EFSA на основе анализа нефротоксического воздействия через биомаркер β 2-микроглобулин	EFSA, 2009
2	PTMI (Provisional Tolerable Monthly Intake) Временный допустимый месячный уровень	25 мкг/кг МТ	Учитывает длительный биологический период полувыведения (10–30 лет)	JECFA, 2010
3	RfD (Reference Dose) референтный уровень	0,5 мкг/кг МТ – для воды 1,0 мкг/кг м.т. для пищевых продуктов	Установлен на основе NOAEL. Основан на нефротоксичности (β 2-микроглобулин)	US EPA, 2000
4	RfD (Reference Dose) референтный уровень	0,5 мкг/кг МТ	Установлен на основе NOAEL, Основан на нефротоксичности (β 2-микроглобулин)	Руководство Р.2.1.10.3968-23, 2024
5	TRV (Toxicological Reference Value) Токсикологический референтный уровень	0,21–0,36 мкг/кг МТ/день	Основан на исследованиях воздействия на костную ткань и почечную функцию	FDA, 2021
	IRL (Intermediate Reference Level) Промежуточный референтный уровень		Применяется FDA как эквивалент TRV для оценки хронического воздействия	

В своем научном заключении «Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain on a request from the European Commission on cadmium in food» [135] Научная комиссия по контаминантам в пищевой цепи (CONTAM) EFSA провела комплексный анализ рисков, связанных с содержанием кадмия в пищевых продуктах. Мета-анализ исследований выявил четкую дозозависимую связь между концентрацией кадмия в моче и уровнем β 2-микроглобулина – ключевого биомаркера тубулярной дисфункции.

Критическое значение в 1 мкг Cd/г креатинина было установлено на основе анализа кинетической модели, учитывающей вариабельность абсорбции (1–10 %) и особенности метаболизма у чувствительных групп населения, в частности у женщин репродуктивного возраста с дефицитом железа. Применение химического поправочного коэффициента 3,9 для учета индивидуальной вариабельности чувствительности позволило определить пороговое значение, гарантирующее защиту 95 % популяции в течение 50 лет воздействия.

Расчеты показали, что для поддержания указанного уровня биомаркеров среднее суточное поступление не должно превышать 0,36 мкг/кг массы тела, что эквивалентно недельному лимиту 2,5 мкг/кг. Важно отметить, что данное значение основано на исследованиях ранних биологических эффектов у наиболее чувствительных групп, что исключает необходимость дополнительных поправочных коэффициентов.

Текущие уровни экспозиции населения в странах Европы (2,3–3,0 мкг/кг/неделю) демонстрируют минимальный запас безопасности, а у уязвимых групп (вегетарианцы, дети, курильщики) могут вдвое превышать установленный TWI. Хотя индивидуальный риск нефропатии остается низким, популяционная значимость эффектов требует реализации мер по снижению воздействия кадмия, поступающего с пищевыми продуктами. Однако существенные методологические ограничения связаны с экстраполяцией данных, полученных на узкой демографической группе – шведских женщинах постменопаузального возраста (58–70 лет), на общую популяцию. Подобный подход не учитывает критически важные физиологические особенности других уязвимых групп населения. В частности, существенно недооцениваются риски для детской популяции, характеризующейся повышенной кишечной абсорбционной способностью в связи с активными процессами роста и развития, а также особенностями нутритивного статуса. Многочисленные исследования свидетельствуют, что биодоступность кадмия у детей может превышать таковую у взрослых в 2–3 раза, что требует применения дополнительных поправочных коэффициентов при оценке экспозиции. Особую проблему представляет учет кумулятивных эффектов кадмия, учитывая его исключительно длительный период биологического полувыведения.

Вместе с тем, Комитет экспертов ЖЕСФА неоднократно пересматривал допустимые уровни потребления кадмия, отражая развитие научных знаний о его токсикологии. В 2003 году был установлен временный допустимый недельный уровень потребления (PTWI) в размере 7 мкг/кг массы тела [136]. Этот уровень базировался на ранних исследованиях кумулятивной нефротоксичности кадмия и учитывал средние уровни его содержания в основных пищевых продуктах, включая злаки, овощи и морепродукты. При расчете применялся фактор неопределенности (UF) 10, учитывающий индивидуальную изменчивость, для защиты наиболее чувствительных групп населения.

На 73-м заседании в 2011 году Комитет ЖЕСФА провел фундаментальный пересмотр подходов к нормированию кадмия, введя новый показатель – временное допустимое месячное поступление (PTMI) в размере 25 мкг/кг массы тела, отражающий длительный период полувыведения из организма человека [137]. Этот пересмотр был обусловлен несколькими ключевыми факторами. Во-первых, новые данные подтвердили исключительно длительный период полувыведения кадмия из организма, что сделало недельный норматив менее релевантным. Во-вторых, были получены уточненные сведения о механизмах кумулятивного накопления кадмия в почках. В-третьих, усовершенствованные кинетические модели лучше описывали долгосрочное воздействие. В ходе оценки было подтверждено, что почечная дисфункция остается критическим показателем токсичности кадмия, при этом современные исследования активно используют ранее установленные биомаркеры для оценки риска. Комитет пришел к выводу, что PTMI является более релевантным, чем недельный PTWI. Кроме того, PTMI учитывает возрастные различия в абсорбции кадмия, особенно повышенную чувствительность детей и лиц с дефицитом железа. При расчете учитывались факторы неопределенности, связанные с межвидовой чувствительностью (3), внутривидовой чувствительностью (10), чувствительностью подгрупп (3) и неопределенностью данных (2).

В результате PTWI в 7 мкг/кг массы тела был отменен, а на основе анализа зависимости между экскрецией β 2MG и кадмия у лиц старше 50 лет обоих полов был установлен PTMI на уровне 25 мкг/кг массы тела [138].

Важно отметить, что PTMI сохраняет статус временного норматива, что отражает потребность в дальнейших исследованиях долгосрочных эффектов низкодозового воздействия кадмия, возможных синергических эффектов с другими токсикантами и индивидуальных вариаций чувствительности среди населения. Такой подход соответствует принципу предосторожности в регулировании пищевых загрязнителей.

Современные регуляторные подходы к установлению безопасных уровней экспозиции кадмия демонстрируют существенные методологические различия между

ведущими международными организациями. JECFA, основываясь на оценке кумулятивного воздействия с учетом исключительно длительного периода полувыведения кадмия, предложил PTMI в размере 25 мкг/кг МТ/месяц ($\approx 0,83$ мкг/кг МТ/день). В отличие от этого подхода, U.S. EPA разработало референтную дозу (RfD – эквивалент ДСД, обеспечивающий отсутствие недопустимого риска), используя принципиально иную методологию, основанную на концепции критической концентрации в органе-мишени.

Согласно исследованиям U.S. EPA, критическим значением была определена концентрация 200 мкг кадмия на грамм сырой массы коркового вещества почек, не вызывающая значительной протеинурии [86, 138]. Для пересчета этого биомаркера в допустимые уровни перорального поступления применена токсикокинетическая модель с ключевыми параметрами: скоростью элиминации 0,01 % от общего содержания кадмия в организме в сутки и различной абсорбционной способностью в зависимости от пути поступления – 2,5 % для пищевых продуктов и 5 % для воды.

На основании этой модели рассчитаны уровни отсутствия наблюдаемых негативных эффектов (NOAEL): 0,05 мг/кг МТ/день для воды и 0,1 мг/кг МТ/день для пищи. Применение стандартного десятикратного фактора неопределенности (UF = 10) позволило получить окончательные значения RfD: 0,5 мкг/кг МТ/день для воды и 1,0 мкг/кг МТ/день для пищевых продуктов.

Особенностью подхода U.S. EPA является дифференциация нормативов в зависимости от пути поступления, что научно обосновано различиями в абсорбционной эффективности. При этом выбранная концентрация 200 мкг/г коркового вещества почек отражает консервативный подход, ориентированный на защиту наиболее чувствительных групп населения от ранних проявлений нефротоксичности.

Примечательно, что установленный U.S. EPA RfD для кадмия, поступающего с пищевыми продуктами (7 мкг/кг МТ/неделю или $\approx 1,0$ мкг/кг МТ/день) сопоставим с ранее применявшимся JECFA PTWI, который был отменен в 2010 году в пользу PTMI (25 мкг/кг/месяц $\approx 5,8$ мкг/кг МТ/неделю или $\approx 0,8$ мкг/кг МТ/день) на основании новых данных о кумулятивной токсичности. Аналогичное значение RfD при пероральном поступлении кадмия с водой зафиксировано в российском Руководстве Р.2.1.10.3968-23, применяемом для оценки риска.

В 2021 году FDA разработало референтное значение токсикологического воздействия (TRV) для перорального поступления кадмия, которое в контексте данного исследования выполняет функцию, аналогичную промежуточному референтному уровню (Intermediate Reference Level, IRL), или промежуточной референтной дозе. Данный уровень основан на всестороннем анализе научных данных, включая эпидемиологические

исследования, токсикологические эксперименты на животных и физиологически обоснованное фармакокинетическое моделирование (Physiologically Based Pharmacokinetic model (PBPK)) [139, 140]. FDA в своих исследованиях выделила почки и костную ткань в качестве ключевых органов-мишеней для кадмия. Ключевые эпидемиологические исследования, использованные для определения TRV, включали анализ долгосрочных когорт, демонстрирующих дозозависимую связь между уровнем кадмия в моче (U-Cd) и неблагоприятными последствиями для здоровья. Для почечных эффектов анализ биомаркеров повреждения канальцев позволил установить уровень отсутствия наблюдаемых негативных эффектов (NOAEL) в 0,48 мкг Cd/г креатинина, тогда как исследования костной системы определили NOAEL для снижения BMD на уровне 0,59 мкг Cd/г креатинина. Эти данные были преобразованы в значения суточного поступления с использованием адаптированной PBPK-модели для населения США, учитывающей сценарии пожизненного воздействия от рождения до взрослого возраста. Моделирование позволило определить защитные уровни потребления: 0,21 мкг/кг МТ/день для почечных эффектов и 0,23 мкг/кг МТ/день для костных нарушений, с доверительными интервалами, отражающими индивидуальные вариации.

Дополнительные данные, полученные в контролируемых исследованиях на животных, подтвердили эти выводы. В частности, анализ пороговых доз (BMD) хронического воздействия кадмия на грызунах показал биологически обоснованные уровни эффектов. Значение BMDL10 для самок крыс составило 0,063 мг/кг МТ/день, что после применения соответствующих коэффициентов неопределенности согласуется с данными, полученными для человека. Согласованность эпидемиологических и экспериментальных данных усилила научную обоснованность предлагаемого диапазона TRV от 0,21 до 0,36 мкг/кг МТ/день. Этот диапазон соответствует предыдущим оценкам международных регулирующих органов, таких как EFSA и ANSES [141], и включает новые подходы к оценке воздействия на основе PBPK-моделирования с учетом демографических особенностей населения США.

Процесс разработки промежуточного референтного уровня кадмия при пероральном поступлении с пищевыми продуктами учитывал уязвимые группы населения, в частности женщин репродуктивного возраста с дефицитом железа, у которых наблюдается повышенная абсорбция Cd в желудочно-кишечном тракте из-за усиленной экспрессии транспортера двухвалентных металлов (DMT-1). Эта физиологическая особенность была количественно учтена в параметрах модели, что обеспечило защитные значения для наиболее чувствительных подгрупп. Кроме того, исследование FDA представляет собой

комплексный анализ данных с применением современных методов моделирования (РВРК, BMD).

Следовательно, по итогам проведенного анализа данных по установлению допустимых доз поступления кадмия определена величина дозы, которую наиболее оправданно можно использовать в качестве отправной точки для обоснования МДУ. В качестве научно обоснованной базы для установления МДУ содержания кадмия в ядре подсолнечника и продуктах его переработки предлагается использовать ДСД на уровне 0,21 мкг/кг МТ/день, предложенное FDA.

Данный выбор обусловлен комплексным подходом, учитывающим эпидемиологические и токсикологические исследования с учетом особенностей токсикокинетики и токсикодинамики кадмия, включая его исключительно длительный период полувыведения и кумулятивный характер накопления в организме. Методологическая строгость подхода FDA подтверждается использованием современных данных биомониторинга, в частности исследований экскреции β 2-микроглобулина как чувствительного биомаркера почечной дисфункции, а также дифференцированной системой факторов неопределенности в токсикологических исследованиях, включающей отдельные коэффициенты для межвидовой и внутривидовой вариабельности, чувствительности подгрупп населения и качества данных.

Однако, при обработке данных эпидемиологического исследования не учтены некоторые модифицирующие факторы (далее – МФ), учитывающие экстраполяцию с управляемого режима воздействия на реальные условия, контингент исследования при внутривидовой и межвидовой экстраполяции, экстраполяцию результатов исследований при кратковременном воздействии на сценарии хронического воздействия.

Следовательно, несмотря на обоснованный выбор ДСД для последующего обоснования МДУ содержания кадмия в ядре подсолнечника и продуктами, произведенными из ядра подсолнечника (халва и козинаки) данный уровень нуждается в модификации с целью минимизации недооценки риска здоровью в соответствии с Методическими указаниями по установлению и обоснованию гигиенических нормативов содержания химических примесей, биологических агентов в пищевой продукции по критериям риска для здоровья человека. Исходя из отсутствующих МФ, к выбранному ДСД необходимо применить МФ, учитывающий экстраполяцию с управляемого режима воздействия на реальные условия (1); МФ, учитывающий контингент исследования при внутривидовой экстраполяции (1); МФ, учитывающий межвидовую экстраполяцию (2); МФ, учитывающий экстраполяцию результатов исследований при кратковременном воздействии на сценарии хронического воздействия (4). Следовательно, при обосновании

МДУ содержания кадмия в ядре подсолнечника и продуктами, произведенными из ядра подсолнечника (халва и козинаки) будет применена ДСД (с поправкой на модифицирующий фактор (8)) на уровне 0,000026 мг/кг МТ/день.

Согласно Методическим указаниям по установлению и обоснованию гигиенических нормативов содержания химических примесей и биологических агентов в пищевой продукции по критериям риска для здоровья человека, установленную допустимую суточную дозу (ДСД) необходимо верифицировать с применением методов эволюционного моделирования. Такой подход позволяет учесть негативный эффект воздействия кадмия на протяжении всей жизни человека.

7.2 Верификация ДСД кадмия, поступающей с ядрами подсолнечника, халвой и козинаками

Оценка выполнена для кадмия, поступающего в организм при потреблении ядра подсолнечника, халвы и козинаков, с учетом времени развития негативного эффекта. Поскольку при поступлении кадмия учитывается один путь (с пищевыми продуктами), оценка проводилась по показателю индивидуального пожизненного риска, где допустимый уровень риска здоровью не должен превышать 1×10^{-4} в течение всей жизни (рисунок 16).

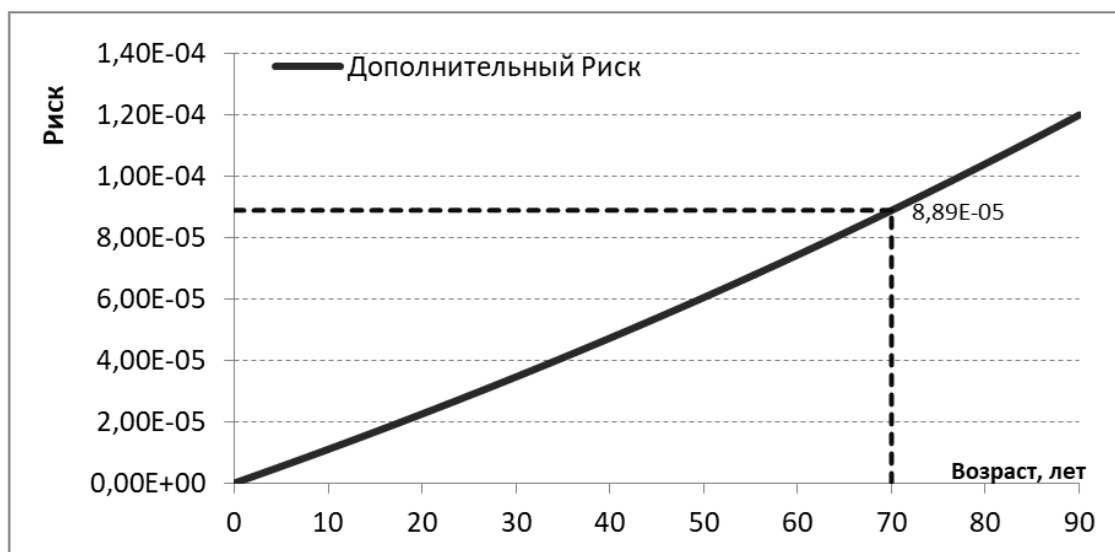


Рисунок 16 – Графическое изображение накопления риска здоровью в условиях экспозиции кадмия с пищевыми продуктами на основе ядра подсолнечника на уровне 0,000026 мг/кг МТ/сутки для обоснования МДУ содержания кадмия в ядрах подсолнечника, халве и козинаках

Верификация установленной ДСД кадмия на уровне 0,000026 мг/кг МТ/сутки с использованием эволюционных моделей подтвердила, что данный уровень обеспечивает приемлемый профиль безопасности и допустимый уровень риска для здоровья населения при пожизненном воздействии. Следовательно, установленная ДСД соответствует

критериям безопасности и обеспечивает защиту здоровья населения при длительном поступлении кадмия с пищевой продукцией.

7.3 Обоснование МДУ содержания кадмия в ядрах подсолнечника, халве и козинаках

Установление расчетного МДУ содержания кадмия в ядрах подсолнечника и продуктах из него (халва и козинаки) при условии поступления кадмия только с этими продуктами проводилось по двум сценариям: с учетом среднеарифметического и медианного потребления этих продуктов населением Республики Беларусь и Российской Федерации.

При использовании предлагаемой ДСД кадмия на уровне 0,000026 мг/кг МТ/день и с учетом фактических объемов потребления населением Республики Беларусь были рассчитаны МДУ содержания кадмия в ядре подсолнечника, халве и козинаках по двум сценариям: среднеарифметической и медианной величине потребления.

При расчете по среднеарифметической величине потребления для детской возрастной группы (3–17 лет) с массой тела 42 кг установлены следующие МДУ: 0,3 мг/кг для ядра подсолнечника, 0,4 мг/кг для халвы и 0,7 мг/кг для козинаков. Для взрослого населения (18 лет и старше) с массой тела 70 кг допустимые уровни оказались выше: 0,5 мг/кг для ядер подсолнечника, 0,7 мг/кг для халвы и 1,1 мг/кг для козинаков.

При сценарии, включающем медианные величины в оценке потребления получены существенно отличающиеся результаты. Для детей расчетные МДУ составили 22,05 мг/кг для ядер подсолнечника и 2,205 мг/кг для халвы, при этом для козинаков расчет не проводился в связи с нулевым медианным потреблением. Для взрослого населения медианные значения МДУ достигли 36,75 мг/кг как для ядер подсолнечника, так и для халвы, в то время как по козинакам данные также отсутствуют из-за отсутствия потребления.

Сравнительный анализ двух сценариев демонстрирует, что среднеарифметические значения дают более строгие нормативы (0,3–1,1 мг/кг), что объясняется высокими расчетными объемами потребления. При сценарии, включающем медианные величины и учитывающем реальные низкие уровни потребления данных продуктов большинством населения, установлены существенно более высокие значения МДУ (2,205–36,75 мг/кг).

Учитывая необходимость обеспечения безопасности пищевой продукции для всех групп населения, включая активных потребителей, а также принимая во внимание кумулятивный характер воздействия кадмия на организм, в качестве основы для нормативного регулирования рекомендуется использовать значения МДУ, полученные по среднеарифметическому сценарию. Полученные данные (0,3–1,1 мг/кг) соответствуют

международной практике установления нормативов по тяжелым металлам в пищевой продукции и обеспечивают необходимый уровень защиты здоровья населения.

Расчет МДУ содержания кадмия в ядрах подсолнечника, халве и козинаках с учетом особенностей потребления этих продуктов населением Российской Федерации показал существенные различия в допустимых уровнях содержания кадмия для различных возрастных групп при анализе среднеарифметических показателей потребления. Для детей младшего возраста (3–6 лет) при массе тела 15 кг установлены следующие МДУ: 5,2 мг/кг для ядер подсолнечника и 44,2 мг/кг для халвы. В возрастной группе 7–13 лет (масса тела 42 кг) допустимые уровни составили 1,8 мг/кг и 10,6 мг/кг соответственно. Наиболее строгие нормативы определены для подростков 14–17 лет (при массе тела также принимаемой за 42 кг): 0,6 мг/кг для ядер подсолнечника и 3,0 мг/кг для халвы. Для взрослого населения (старше 18 лет) при массе тела 70 кг МДУ установлены на уровне 1,3 мг/кг и 3,9 мг/кг соответственно.

Следует отметить, что расчет по медианным показателям потребления оказался нецелесообразным, так как статистические данные показали нулевое медианное потребление указанных продуктов во всех возрастных группах. Также следует отметить отсутствие данных по потреблению козинаков, что не позволило провести расчет МДУ для этого вида продукции.

В результате обоснования МДУ содержания кадмия в ядре подсолнечника (по лимитирующему значению, которое обеспечит безопасность для всего населения Российской Федерации в целом) составил 0,6 мг/кг продукта; для халвы – 3,0 мг/кг продукта; для козинаков не установлен ввиду отсутствия данных об их потреблении населением Российской Федерации.

Таким образом, в качестве МДУ содержания кадмия в ядре подсолнечника, халве и козинаках (при условии его поступления только с ядром подсолнечника, халвой и козинаками) для государств – членов ЕАЭС могут быть приняты 0,3 мг/кг продукта для ядра подсолнечника; 0,4 мг/кг продукта для халвы и 0,7 мг/кг продукта для козинаков, поскольку данные значения обеспечивают приемлемый уровень риска здоровью населения при потреблении данных пищевых продуктов, содержащих кадмий без учета поступления с иными пищевыми продуктами.

7.4 Оценка неопределенностей при обосновании МДУ

При обосновании МДУ содержания кадмия в ядре подсолнечника и продуктах его переработки необходимо учитывать ряд методологических неопределенностей, которые могут влиять на достоверность полученных результатов. Первостепенное значение имеют неопределенности, связанные с допустимой суточной дозой (ДСД) кадмия. Принятое

значение 0,21 мкг/кг массы тела, разработанное FDA для населения США, может не в полной мере учитывать особенности населения стран ЕАЭС. Это связано с различиями в антропометрических показателях, пищевых привычках, распространенности дефицита железа и других факторов, влияющих на абсорбцию и метаболизм кадмия. Применение модифицирующего фактора (МФ = 8) частично компенсирует эту неопределенность, но не исключает возможных дополнительных эффектов при длительном воздействии низких доз.

Ряд неопределенностей связан с различиями в методологиях оценки потребления пищевых продуктов между странами ЕАЭС. В Республике Беларусь применялся частотный метод, который, хотя и позволяет получить усредненные данные за длительный период, может недооценивать реальное разовое потребление и не учитывает сезонные колебания. В то же время в Российской Федерации использовался метод 24-часового воспроизведения, дающий более точную картину фактического суточного потребления, но менее репрезентативный для оценки долгосрочного воздействия. Эти методологические различия затрудняют сопоставление данных и формирование единой базы для расчета экспозиции.

Особую сложность представляет учет функциональной кумуляции токсического кадмия. Исключительно длительный период полувыведения (10–30 лет) требует особых подходов к оценке долгосрочного воздействия. Существующие модели не в полной мере учитывают возрастные особенности накопления и метаболизма кадмия, особенно у детей, у которых абсорбция может быть значительно выше, чем у взрослых. При этом данные неопределенности были компенсированы при прогнозировании риска с использованием эволюционной модели.

Следует также отметить ограниченность и недостаточно полный охват данными о фактическом потреблении продуктов из подсолнечника различными группами населения других стран ЕАЭС. Отсутствие информации по некоторым продуктам (например, по козинакам в Российской Федерации) и возрастным группам, а также региональные различия в пищевых привычках, использование данных по объемам потребления этих продуктов только в двух странах – членах ЕАЭС (Республика Беларусь и Российская Федерация) создают дополнительные сложности при оценке экспозиции.

8 Оценка риска здоровью населения

На основе исходной информации о фактическом содержании кадмия в исследуемых продуктах (ядро подсолнечника, халва, козинаки), учитывая использование установленных параметров для оценки риска при обосновании МДУ содержания кадмия, была проведена оценка риска здоровью населения государств – членов ЕАЭС (Российская Федерация, Республика Беларусь).

8.1 Оценка экспозиции населения Республики Беларусь и Российской Федерации кадмием, поступающим с ядром подсолнечника и продукцией на его основе (халва, козинаки)

Оценка экспозиции проведена с использованием 90-го персентиля содержания кадмия в ядрах подсолнечника, а также в продуктах их переработки (халве и козинаках), в качестве наихудшего сценария воздействия на население Республики Беларусь и Российской Федерации (таблица 36).

Таблица 36 – Количественная характеристика уровней контаминации ядра подсолнечника и продукции, изготовленной с его использованием, на территории Республики Беларусь и Российской Федерации с учетом ретроспективных данных (на уровне 90-го персентиля), мг/кг

Страна	Ядра подсолнечника	Халва	Козинаки
Республика Беларусь	0,174	0,1	0,137
Российская Федерация	0,138	0,021	0,109

На этапе оценки экспозиции рассчитаны суточные дозы кадмия, поступающего с ядром подсолнечника и продукцией на его основе (халва и козинаки), как для детского, так и для взрослого населения Республики Беларусь и России.

Так, суточные дозы кадмия, поступающего с ядром подсолнечника и продуктами на его основе (халва, козинаки), для взрослого населения Республики Беларусь составили: $9,79 \times 10^{-6}$ мг/кг массы тела в день для ядра подсолнечника; $3,57 \times 10^{-6}$ мг/кг МТ/день для халвы; $3,05 \times 10^{-6}$ мг/кг МТ/день для козинаков. Для взрослого населения Российской Федерации суточные дозы кадмия, поступающего с ядром подсолнечника и продуктами на его основе (халва, козинаки), составили: $2,88 \times 10^{-6}$ мг/кг МТ/день для ядра подсолнечника; $1,44 \times 10^{-6}$ мг/кг МТ/день для халвы.

Суточные дозы кадмия, поступающего с ядром подсолнечника и продуктами на его основе (халва, козинаки), для детского населения Республики Беларусь и Российской Федерации представлены в таблице 37.

Таблица 37 – Суточные дозы кадмия для оценки неканцерогенного риска для детского населения Российской Федерации и Республики Беларусь, мг/кг МТ/день

Страна	Возраст	Ядро подсолнечника	Халва	Козинаки
Республика Беларусь	3–17 лет	$1,37 \times 10^{-5}$	$5,98 \times 10^{-6}$	$4,89 \times 10^{-6}$
Российская Федерация	3–6 лет	$2,46 \times 10^{-7}$	$4,45 \times 10^{-9}$	–
	7–13 лет	$2,07 \times 10^{-6}$	$5,00 \times 10^{-8}$	–
	14–17 лет	$6,05 \times 10^{-6}$	$1,85 \times 10^{-6}$	–

Таким образом, для детского населения Республики Беларусь суточные дозы кадмия, поступающего с ядром подсолнечника и продуктами на его основе (халва, козинаки), составили от $4,89 \times 10^{-6}$ до $1,37 \times 10^{-5}$ мг/кг МТ/день в зависимости от пищевого продукта. Для детского населения Российской Федерации суточные дозы кадмия, поступающего с ядром подсолнечника и продуктами на его основе (халва, козинаки), составили от $4,45 \times 10^{-9}$ до $6,05 \times 10^{-6}$ мг/кг массы тела в день в зависимости от пищевого продукта.

8.2 Характеристика риска для здоровья населения Республики Беларусь и Российской Федерации при поступлении кадмия с ядром подсолнечника и продукцией на его основе (халва, козинаки)

При расчетах коэффициентов опасности, обусловленных поступлением кадмия с ядром подсолнечника и продуктами на его основе (халва, козинаки) установлено отсутствие неприемлемого риска для всех категорий населения при потреблении изучаемых пищевых продуктов.

Так, величина HQ при поступлении кадмия с ядром подсолнечника и продукцией на его основе (халва, козинаки) для взрослого населения Республики Беларусь составила: 0,38 для ядра подсолнечника (риск характеризуется как допустимый (приемлемый)); 0,14 для халвы (допустимый (приемлемый) риск); 0,12 для козинаков (допустимый (приемлемый) риск). Для взрослого населения Российской Федерации величина HQ при поступлении кадмия с ядром подсолнечника и продукцией на его основе (халва, козинаки) составила: 0,11 для ядра подсолнечника (допустимый (приемлемый) риск); 0,06 для халвы (минимальный риск).

Величина суммарного HQ при поступлении кадмия со всеми видами изучаемых продуктов для взрослого населения Республики Беларусь составила 0,64 (риск характеризуется как допустимый (приемлемый)), для взрослого населения Российской Федерации – 0,17 (допустимый (приемлемый) риск).

Величины коэффициентов опасности при поступлении кадмия с ядром подсолнечника и продукцией на его основе (халва, козинаки) для детского населения Республики Беларусь и Российской Федерации представлены в таблице 38.

Таблица 38 – Коэффициенты опасности при поступлении кадмия с ядром подсолнечника и продукцией на его основе для детского населения Российской Федерации Республики Беларусь

Страна	Возраст	Ядро подсолнечника	Халва	Козинаки	Суммарный HQ
Республика Беларусь	3–17 лет	0,53	0,23	0,19	0,95
Российская Федерация	3–6 лет	0,01	менее 0,01	–	0,01
	7–13 лет	0,08	менее 0,01	–	0,08
	14–17 лет	0,23	0,07	–	0,30

Таким образом, для детского населения Республики Беларусь величина HQ при поступлении кадмия с ядром подсолнечника и продукцией на его основе (халва, козинаки) составила от 0,19 до 0,53 в зависимости от пищевого продукта (риск характеризуется как допустимый (приемлемый)). Для детского населения Российской Федерации величина HQ при поступлении кадмия с ядром подсолнечника и продукцией на его основе (халва, козинаки) составила от менее 0,01 (минимальный риск) до 0,23 (допустимый (приемлемый) риск) в зависимости от пищевого продукта.

Величина суммарного HQ при поступлении кадмия со всеми видами изучаемых продуктов для детского населения Республики Беларусь составила 0,95 (риск характеризуется как допустимый (приемлемый)). Для детского населения Российской Федерации в возрасте 3–6 лет величина суммарного HQ составила 0,01 (минимальный риск); для 7–13 лет – 0,08 (минимальный риск), для 14–17 лет – 0,30 (допустимый (приемлемый) риск).

Все рассчитанные коэффициенты опасности свидетельствуют о допустимом риске здоровью населения при поступлении кадмия с ядром подсолнечника и продуктами на его основе (халва, козинаки). *При этом, видится целесообразным учет поступления кадмия с рационом в целом и оценка вклада ядра подсолнечника, халвы и козинаков в общую алиментарную экспозицию.*

Ввиду отсутствия убедительных доказательств развития канцерогенных эффектов у человека при пероральном поступлении кадмия [88–95], оценка канцерогенного риска не проводилась.

8.3 Оценка риска для здоровья населения Республики Беларусь и Российской Федерации при поступлении кадмия с ядром подсолнечника и продукцией на его основе (халва, козинаки) по результатам эволюционного моделирования

В результате эволюционного моделирования накопления риска здоровью населения государств – членов ЕАЭС (Российской Федерации и Республики Беларусь) в условиях воздействия кадмия, поступающего с ядром подсолнечника и продуктами его переработки (халва, козинаки), было установлено отсутствие неприемлемого риска для детского и взрослого населения при всех рассмотренных сценариях экспозиции, основанных на уровне фактического содержания кадмия.

Результаты эволюционного моделирования накопления риска здоровью населения государств – членов ЕАЭС (Российской Федерации и Республики Беларусь) в условиях поступления кадмия со всеми пищевыми продуктами в рамках данного отчета, также свидетельствуют об отсутствии неприемлемого риска для детского и взрослого населения (рисунок 17).

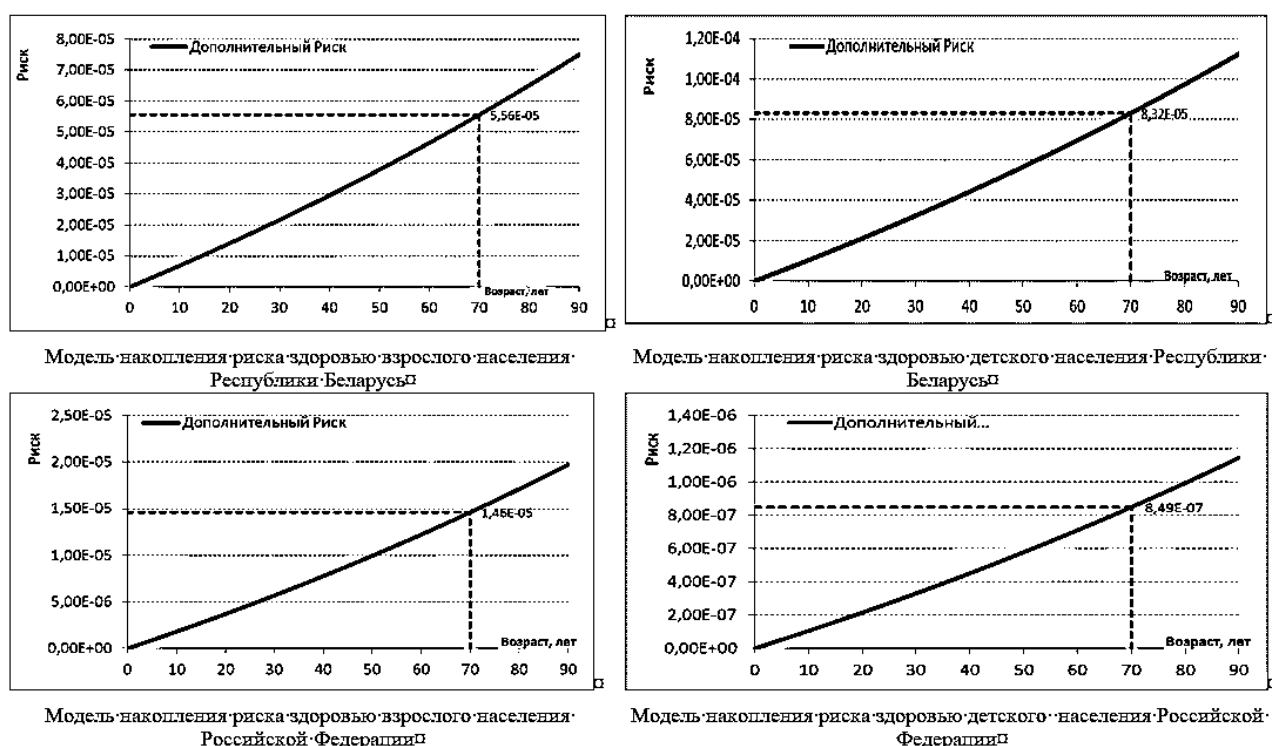


Рисунок 17 – Результаты эволюционного моделирования накопления риска здоровью населения государств – членов ЕАЭС (Российской Федерации и Республики Беларусь) в условиях воздействия кадмия, поступающего с ядром подсолнечника и продуктами его переработки (халва, козинаки)

Так, при экспозиции кадмием со всеми изучаемыми продуктами (ядро подсолнечника, халва, козинаки) суммарная доза составила: для взрослого населения

Республики Беларусь – $1,64 \times 10^{-5}$ мг/кг МТ/день; для детского населения Республики Беларусь – $2,45 \times 10^{-5}$ мг/кг МТ/день. Дополнительные уровни риска составили: для взрослого населения Республики Беларусь – $5,56 \times 10^{-5}$ (характеризуется как допустимый (приемлемый)); для детского населения Республики Беларусь – $8,32 \times 10^{-5}$ характеризуется как допустимый (приемлемый)).

Для взрослого населения Российской Федерации суммарная доза экспозиции кадмием со всеми изучаемыми продуктами (ядро подсолнечника, халва, козинаки) составила $4,32 \times 10^{-6}$ характеризуется как допустимый (приемлемый)); для детского населения – $2,51 \times 10^{-7}$ (характеризуется как минимальный (приемлемый)). Дополнительные уровни риска составили: для взрослого населения Российской Федерации – $1,46 \times 10^{-5}$; для детского населения Российской Федерации – $8,49 \times 10^{-7}$.

В результате проведенного эволюционного моделирования накопления риска для здоровья населения государств – членов ЕАЭС (Российской Федерации и Республики Беларусь) при воздействии кадмия, поступающего с ядром подсолнечника и продуктами его переработки (халва, козинаки), установлено, что для детской популяции Российской Федерации величина дополнительного риска соответствует минимальному уровню, в то время как для всех остальных исследуемых групп населения (взрослое население Российской Федерации, детское и взрослое население Республики Беларусь) уровень риска характеризуется как допустимый (приемлемый).

8.4 Характеристика неопределенностей при оценке риска здоровью населения

При проведении оценки риска здоровью населения государств – членов ЕАЭС (Российской Федерации и Республики Беларусь) при поступлении кадмия с ядром подсолнечника и продукцией на его основе (халва, козинаки) наблюдались неопределенности.

На этапе оценки экспозиции неопределенности связаны с отсутствием данных о потреблении козинаков во всех возрастных группах населения Российской Федерации, а также использованием стандартных величин массы тела при расчете поступающих доз кадмия.

Неопределенности, связанные с эволюционным моделированием накопления риска для здоровья населения, характеризуются постоянством заложенных в модель суточных объемов потребления и содержания кадмия в ядре подсолнечника и пищевых продуктах на его основе (халва, козинаки), использованием референтного значения с примененными модифицирующими факторами, формирующими дополнительную неопределенность.

Выявленные неопределенности не оказывают критического влияния на результаты проведенной оценки риска.

9 Верификация МДУ содержания кадмия в ядре подсолнечника и пищевой продукции на его основе (халва, козинаки) с учетом сценариев его поступления с другими пищевыми продуктами

9.1 Оценка рисков при различных сценариях поступления кадмия и вклада ядра подсолнечника и пищевой продукции на его основе (халва, козинаки)

Согласно пункту 10 Руководства ЕЭК [2] при расчете МДУ должна приниматься во внимание доля потребления пищевой продукции, для которой устанавливается МДУ в общем потреблении пищевой продукции, что обуславливает необходимость корректировки предложенных в разделе 7.1. значений.

Оценка экспозиции, являясь одним из этапов оценки рисков здоровью, базируется на уровнях контаминации и уровнях потребления, поэтому при описании сценариев воздействия важным является максимально точная характеристика используемых данных. Представляется целесообразным оценить алиментарную экспозицию кадмием при различных сценариях его поступления. Указанное позволит учесть вариативность данных по контаминации и потреблению, и оценить спектр значений риска для здоровья, формирующегося при поступлении кадмия с рационом.

Для оценки потребления использованы следующие данные:

количество основных рационаобразующих пищевых продуктов принималось на основе общедоступных данных (результаты оценки баланса продовольствия, обследования домашних хозяйств), в том числе научных публикаций [142–146], был сформирован перечень рационов, характерных для населения в различных государствах – членах ЕАЭС (таблицы М.1–М.7 приложения М);

уровень в рационе ядра подсолнечника, халвы и козинаков, принимался на основе средних арифметических значений, полученных при оценке потребления данных продуктов, полученных в рамках выборочного наблюдения рациона питания населения в 2023 г в Российской Федерации (rosstat.gov.ru) и изучения фактического потребления с использованием частотного метода в Республике Беларусь (раздел 6).

Данные о контаминации пищевой продукции кадмием принимались на основе:

установленных допустимых уровней содержания согласно ТР ТС 021/2011;

фактических значений контаминации основных рационаобразующих групп продукции, полученных в рамках мониторинга, проведенного в Республике Беларусь в 2023–2024 гг. (таблицы К.1–К.2 приложения К) и рассчитанных на их основе медианных значений с учетом замены неопределяемых уровней кадмия;

средних значений фактического содержания кадмия для ядра подсолнечника, халвы и козинаков, полученных в рамках реализации НИР, а также максимального зарегистрированных уровней (подразделы 5.4 и 5.7);

фактических значений контаминации групп пищевой продукции (на уровне медианы), для которых в силу технологических особенностей переработки или свойств сырья, характерно более высокое содержание кадмия, что также подтверждается более высокими значениями ДУ (творог, сыр, сахар, шоколад и изделия из него), полученных в рамках мониторинга, проведенного в Республике Беларусь в 2023–2024 гг. (таблицы К.1–К.2 приложения К).

Сценарии оценки алиментарной экспозиции, ассоциированной с поступлением кадмия приведены в разделе 4.

Для выборок с результатами исследований продукции с долей незначимых результатов более 50 % значение медианы равно 90Р, поэтому проведение отдельного расчета для предполагаемого высокого уровня контаминации (на уровне 90Р) не проводилось.

Результаты расчета алиментарной экспозиции при различных сценариях приведены в таблицах Н.1–Н.2 приложения Н.

С использованием общепринятых подходов был рассчитан индекс опасности (HQ) при различных сценариях алиментарной экспозиции кадмием (таблица 39). Оценка проводилась относительно значения ДСД, обоснованного в рамках НИР – 0,026 мкг/кг МТ/сутки.

Таблица 39 – Значения индексов опасности (HQ) при алиментарной экспозиции кадмием в отдельных государствах – членах ЕАЭС

Регион	Сценарий экспозиции	
	2	3
Республика Армения	0,73	1,15
Республика Казахстан ¹	0,93	1,11
Республика Кыргызстан	1,05	1,12
Российская Федерация ²	0,98	1,11
Республика Беларусь ^{1, 2}	1,08	1,11
¹ учитывалось потребление творога и сыра		
² учитывалось потребление ядра подсолнечника, халвы и козинаков		

Высокие значения индексов опасности, полученные для сценария, основанного на допущении о содержании кадмия на уровне ДУ для всех групп продукции, не следует

принимать во внимание, поскольку такие варианты формирования экспозиции недостижимы и нереалистичны, что также подтверждается данными лабораторного мониторинга, относительно низкой долей проб с обнаружением кадмия или превышением установленных ДУ и фактическими уровнями контаминации. При этом полученные данные могут также свидетельствовать об «недостаточности» действующих ДУ для различных видов продукции, поскольку прогнозирование алиментарной экспозиции на их основе не обеспечивает допустимые уровни рисков.

Алиментарная экспозиция, прогнозируемая на основе фактических данных потребления и наиболее реалистичном варианте оценки уровней контаминации в целях оценки рисков здоровью с учетом принятой методологии (сценарий 2), обусловленных кадмием в пищевой продукции в государствах – членах ЕАЭС, не приводит к превышению ДСД и результируется в допустимом уровне риска для здоровья взрослого населения. Некоторое превышение уровня допустимого риска ($HQ > 1$) в указанном сценарии могут быть обусловлены высокими уровнями агрегации данных потребления и допущениями, принятыми при оценке уровней контаминации рационообразующих пищевых продуктов.

Сценарий 3 является агgravированным, в первую очередь за счет допущения о содержании кадмия в пробах рационообразующих пищевых продуктов с «нулевыми» значениями на уровне минимально определенной при лабораторном мониторинге концентрации.

9.2 Характеристика неопределенностей при оценке риска здоровью населения при различных сценариях поступления кадмия и вклада ядра подсолнечника и пищевой продукции на его основе (халва, козинаки)

Для проведенных оценок характерны следующие неопределенности.

Неопределенности, связанные с отбором проб и измерениями.

Оценка уровней контаминации отдельных групп пищевой продукции (за исключением ядра подсолнечника и продукции, изготовленной на его основе) проводилась на основе данных рутинного мониторинга, поэтому существует вероятность, что исследованные пробы не в полной мере отражают реальную картину контаминации продукции, которая находится в обращении на рынке. Может также иметь значение вариабельность, связанная с природными (биологическими) факторами, влияющими на уровень контаминации кадмием пищевой продукции – место произрастания, тип почв, использованные агротехнологии, сортовые характеристики растений или породы продуктивных животных, сезона и года производства, технологии переработки. Консервативность оценки потенциальной контаминации также заключается в допущении о следовых количествах кадмия во всех исследованных пробах, что было реализовано

заменой «нулевых» значений концентрации кадмия на $\frac{1}{2}$ ПКО (сценарий 2) или минимальное определенное значение (сценарий 3).

Факторами, формирующими неопределенность, также являются характерные для методов погрешность измерений и их чувствительность, которые различались для отдельных лабораторий. При этом, при расчете уровней контаминации при замене «нулевых» значений принято ПКО метода, который наиболее часто использовался лабораториями при проведении определения кадмия.

Неопределенности, связанные с оценкой потребления пищевой продукции включают существенную степень агрегации использованных данных, полученных как правило, в рамках балансовых страновых исследований. Исключением являются данные, характеризующие потребление в Республике Беларусь и Российской Федерации, полученные на основе данных оценки фактического питания с использованием методов воспроизведения, в том числе потребление ядра подсолнечника, халвы и козинаков, целенаправленно изученное в рамках НИР, которые и были положены в основу обоснования соответствующих МДУ и оценки рисков здоровью. Использование среднего арифметического значения для оценки экспозиции, которая может быть ассоциирована с поступлением кадмия с изучаемыми продуктами, для населения в целом основывается на п. 5.5.2.10 Руководства [127], п. 3.5. Методических указаний ЕЭК [2] и учитывает потенциальные риски для здоровья для группы с наибольшим потреблением изучаемых пищевых продуктов.

Неопределенности, характеризующие экспозицию, связаны с экстраполяцией данных – при ее оценке использовали уровни контаминации, рассчитанные для условия Республики Беларусь. Переоценка экспозиции также может быть связана с использованием средних арифметических значений уровней потребления ядра подсолнечника, халвы и козинаков. Включение в расчет шоколада и изделий из него в значительной степени повлияло на оценку экспозиции для населения Республики Беларусь, отсутствие уровней их потребления для отдельных государств – членов ЕАЭС не позволило провести соответствующие расчеты.

Однако, указанные неопределенности в значительной степени нивелируются:

широким охватом собранных данных по контаминации, которые были получены от подавляющего большинства аккредитованных лабораторий Республики Беларусь за двухлетний период, предшествующий проведению НИР, и по уровням потребления, которые в целом позволили оценить среднюю популяционную потребительскую продуктовую корзину с уточнением по отдельным продуктам с потенциально высоким уровнем контаминации;

использованием нескольких сценариев и учет специфики контаминации пищевых продуктов с потенциальной или фактической высокой контаминацией, что позволило получить диапазон значений и достаточно сбалансированную и объективную оценку экспозиции.

9.3. Актуализация МДУ содержания кадмия в ядре подсолнечника, халве и козинаках с учетом его поступления с другими пищевыми продуктами

Оценка вклада отдельных видов пищевой продукции в формирование алиментарной экспозиции кадмием приведен в таблица 40 и таблицах П.1–П.2 приложения П.

Таблица 40 – Вклад ядра подсолнечника, халвы и козинаков в поступление кадмия с рационами взрослого населения Республики Беларусь и Российской Федерации, %

Возрастная группа	Сценарий	
	2	3
ядро подсолнечника		
Республика Беларусь	20,00	19,60
Российская Федерация	12,33	9,2
халва		
Республика Беларусь	10,15	9,95
Российская Федерация	2,63	1,96
козинаки		
Республика Беларусь	7,92	7,76
Российская Федерация	0,00	0,00

Анализ данных показывает, что ядро подсолнечника является критически важными источником кадмия в рационах населения Республики Беларусь и Российской Федерации у взрослого населения вклад ядра подсолнечника составляет от 9,2 до 20,00 %.

С учетом оценки вклада различных групп пищевой продукции в алиментарную экспозицию кадмием, видится целесообразным при установлении ДУ кадмия в ядре подсолнечника и продукции, получаемой с его использованием, на основе результатов обоснования МДУ и проведенной оценки рисков учесть следующее:

ядро подсолнечника не является единственным алиментарным источником кадмия в его экспозицию, в т. ч. при наихудшем сценарии;

халва и козинаки являются многокомпонентными продуктами, при установлении ДУ кадмия, для которых может быть использовано правило, установленное пунктом 3 статьи 7. Общие требования безопасности к пищевой продукции ТР ТС 021/2011, основанное на учете массовых долей и показателей безопасности используемых ингредиентов.

Таким образом, с учетом ДУ для ядра подсолнечника, халвы и козинаков, обоснованные в разделе 7.3 настоящего отчета (0,3 мг/кг продукта для ядра подсолнечника; 0,4 мг/кг продукта для халвы и 0,7 мг/кг продукта для козинаков), максимальных значений вклада отдельных продуктов согласно таблице 40, применяя формулы (11) и (6), ДУ кадмия для обсуждаемых продуктов могут быть установлены на уровне: в ядре подсолнечника при вкладе в общее поступление кадмия 20 % – 0,13 мг/кг продукта, в халве при вкладе 10,15 % – 0,11 мг/кг продукта, в козинаках при вкладе 7,92 % – 0,14 мг/кг продукта.

Указанные значения верифицированы исходя из технологической достижимости. Установлено, что в отношении ядра подсолнечника предложенные уровни ДУ являются крайне консервативными, исходя и из ретроспективных данных, и с учетом исследований, проведенных в рамках данной НИР (раздел 5), являются технически недостижимыми. При этом указанные значения рассчитаны для наихудшего сценария и значительно жестче действующего норматива для семян подсолнечника. Данные анализа уровней контаминации показывают, что ядро подсолнечника с более высоким уровнем находится в обращении уже как минимум с 2021 года. При этом общее поступление кадмия с рационом не результируется в превышении допустимого уровня риска. Указанное обуславливает возможность установления ДУ кадмия *в ядре подсолнечника на уровне 0,2 мг/кг*, что будет также коррелировать с действующим нормативом для *семян подсолнечника* для непосредственного употребления в пищу, установленного ТР ТС 015/2011.

Такой подход является логичным с учетом преимущественного накопления кадмия в ядре, а также с точки зрения правоприменительной практики требований безопасности и пробоподготовки, принятой в утвержденных методах определения кадмия в *семенах подсолнечника* и необходимости учета только его съедобной части. Реалистичность и достижимость подтверждаются фактическими данными оценки контаминации кадмием указанной группы продукции.

ДУ, предложенные для халвы и козинаков верифицированы на основе пункта 3 статьи 7 ТР ТС 021/2011 для многокомпонентных пищевых продуктов с учетом типичных рецептур, содержащих ядро подсолнечника в максимальном количестве (таблица Р.1 приложения Р), результатов анализа ретроспективных данных, а также исследований, проведенных в рамках данной НИР. Показано что предложенные ДУ на уровне *0,11 мг/кг для халвы и 0,14 мг/кг для козинаков* являются технологически достижимыми.

Указанные значения основываются на минимальной технологической достижимости и учитывают ДУ, установленный для ядра подсолнечника и максимальные фактически зарегистрированные для иных, входящих в указанную продукцию, компонентов, уровни содержания кадмия.

Проект изменений в ЕСТ в части установления МДУ содержания кадмия в ядре подсолнечника и актуализации МДУ содержания кадмия в пищевой продукции, изготавливаемой на основе ядра подсолнечника (халва, козинаки) и проект Решения Коллегии Евразийской экономической комиссии «О внесении изменений в перечень товаров, для которых установлены единые санитарные требования (согласно кодам ТН ВЭД ЕАЭС), раздела 1 главы II Единых санитарно-эпидемиологических и гигиенических требований к продукции (товарам), подлежащей санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю)» представлены в приложении С.

В таблице Р.2 приложения Р приведен расчет алиментарной экспозиции кадмием и соответствующего индекса опасности с учетом разработанных ДУ для ядра подсолнечника, халвы и козинаков.

Значение индекса опасности (HQ) при относительно реалистичном сценарии алиментарной экспозиции кадмием для взрослых Республики Беларусь с учетом обоснованных ДУ для ядра подсолнечника, халвы и козинаков составит 1,37. Очевидно, что принятые при расчете экспозиции допущения в части оценки уровней фактической контаминации кадмием продукции, приводят к переоценки рисков здоровью. В дальнейшем рассмотрение целесообразности мер по снижению алиментарного поступления кадмия должно основываться на более точных оценках рисков и детальном рассмотрении вклада иных видов пищевой продукции, например шоколада и продукции на его основе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Опубликованные научные данные свидетельствуют о значительном спектре естественных и антропогенных источников загрязнения кадмием почвы. Исследования подтверждают зависимость уровня обсуждаемого элемента как от первичных характеристик самой почвы, так и складывающегося баланса процессов попадания и выноса кадмия. Удобрения, особенно фосфорные, являются важным антропогенным источником кадмия, при этом его биодоступность зависит от ряда факторов, например – уровня рН, температуры, доли органического компонента и др. Растения, выращиваемые на почвах, содержащих кадмий, накапливают обсуждаемый контаминант, при этом сочетание различных условий (сортовые особенности, кислотность почв, использование удобрений и иные) способствуют указанному процессу. Подсолнечник (*Helianthus annuus L.*) занимает 4-е место в мире по площади посевов масличных культур, является важным продовольственным сырьем для производства растительного масла и различных продуктов, изготовленных на основе продуктов его переработки, предназначенных как для непосредственного употребления в пищу (семена и ядро подсолнечника), так и в качестве ингредиента многокомпонентной продукции (в том числе, халвы и козинаков). Вместе с тем, указанная культура имеет генетически детерминированную способность к повышенной абсорбции кадмия из почвы, что формирует предпосылки для его относительно высокого содержания в продукции, изготовленной на его основе. Законодательными актами ЕАЭС установлены значения допустимых уровней содержания кадмия в семенах подсолнечника, более жесткие по сравнению с принятыми в ЕС, а также в пищевых продуктах, изготавливаемых на основе ядер подсолнечника – халве и козинаках. Отдельный норматив для ядра подсолнечника отсутствует, что, с учетом значительной степени накопления кадмия в указанном продовольственном сырье, приводит к высокой вероятности превышения его допустимого уровня в многокомпонентной продукции.

Кадмий является высокотоксичным соединением с множеством негативных эффектов в состоянии здоровья, канцерогенные свойства которого при алиментарном поступлении дискутабельны и может быть отнесен к приоритетным контаминантам, требующим пристального контроля.

Изучение методического обеспечения лабораторного контроля кадмия в пищевой продукции свидетельствует о значительном спектре доступных методик, основанных на различных принципах детекции – в перечни взаимосвязанных с техническими регламентами стандартов включено 23 ТНПА. Методы, используемые для количественного

определения кадмия в семенах подсолнечника, с учетом пробоподготовки предполагают фактическое его определение в ядре подсолнечника.

Данные лабораторного мониторинга, полученные в Республике Беларусь свидетельствуют о высокой актуальности гигиенической оценки контаминации пищевой продукции кадмием – за 5-летний период начиная с 2020 г. количество проб пищевой продукции, загрязненной кадмием, составляло 22,45–23,31 %, а количество нестандартных образцов – 0,04–0,21 %. В 2022–2024 гг. в 37–100 % исследованных в Российской Федерации образцов подсолнечника выявлено содержание кадмия выше уровня 0,1 мг/кг. Высокая доля проб ядра подсолнечника (до 64,9 % согласно данным Республики Беларусь), содержание кадмия в которых превышает 0,1 мг/кг, технологическая неизбежность перехода кадмия в многокомпонентную продукцию, подтверждают приоритетность кадмия в качестве объекта для установления гигиенического норматива в ядре подсолнечника и актуализации для продукции, изготовленной с его использованием (халве и козинаках).

Зарегистрированные средние уровни контаминации ядра подсолнечника, халвы и козинаков (по медиане, с учетом ретроспективных данных), находившиеся в обращении на территориях Республики Беларусь и Российской Федерации достигали 0,15, 0,08 и 0,1 мг/кг, соответственно. 90 перцентиль контаминации достигал: 0,19 мг/кг в ядре подсолнечника, 0,1 мг/кг – в халве и 0,144 мг/кг в козинаках.

Оценка уровня потребления обсуждаемых групп продукции проведена с использованием методов, утвержденных в установленном порядке и рекомендованных методическими документами по установлению показателей безопасности пищевой продукции на основе риск-ориентированных подходов: частотным в Республике Беларусь и методом 24-часового воспроизведения в Российской Федерации. Общее число респондентов составило 123 583. Методологические различия использованных методов привели к значительной вариабельности данных о потреблении в зависимости от возраста и региона проживания. В Российской Федерации потребление ядра подсолнечника (среднеарифметические значения) варьировало от 0,075 до 1,46 г/сутки, халвы – от 0,0089 до 0,48 г/сутки. В Республике Беларусь среднее арифметическое потребление ядра подсолнечника находилось в диапазоне 3,31–3,94 г/сутки, при медиане 0,05 г/сутки, халвы – 2,35–2,51 г/сутки, козинаков – 1,3–1,56 г/сутки. 90 перцентиль потребления (г/сутки) составлял для указанных групп продукции 7, 3,51–7,02 и 2, соответственно.

На основании проведенного критического анализа современных опубликованных нормативных показателей экспозиции кадмия, установленных ведущими международными организациями (EFSA, JECFA, FDA, US EPA), для обоснования максимально допустимых уровней содержания кадмия в ядре подсолнечника и продуктах его переработки (халва,

козинаки) была выбрана допустимая суточная доза на уровне 0,21 мкг/кг МТ/день, предложенная FDA. Данный выбор обусловлен комплексным подходом FDA, который учитывает последние эпидемиологические и токсикологические исследования, включая оценку воздействия кадмия на почки (через биомаркер β 2-микроглобулин) и костную ткань, а также применение современных методов моделирования (РВРК-модели) и дифференцированной системы факторов неопределенности. Для минимизации потенциальных рисков выбранная ДСД была скорректирована с учетом модифицирующих факторов (МФ = 8), что является обоснованием окончательного значению ДСД 0,000026 мг/кг МТ/сутки. Проведенная верификация допустимости риска здоровью при соблюдении данной ДСД с применением эволюционных моделей подтвердила, что установленный уровень обеспечивает приемлемый пожизненный риск для здоровья населения (менее 1×10^{-4}) при хроническом воздействии кадмия.

Обоснование МДУ содержания кадмия в продуктах на основе ядра подсолнечника проводилось с учетом двух сценариев потребления населением стран ЕАЭС: по среднеарифметическим и медианным значениям. В результате анализа были получены величины МДУ кадмия в изучаемых продуктах, рассчитанные по среднему арифметическому потреблению: 0,3 мг/кг для ядра подсолнечника, 0,4 мг/кг для халвы и 0,7 мг/кг для козинаков. Эти нормативы обеспечивают необходимый уровень защиты здоровья всех групп населения, включая наиболее уязвимые, однако не учитывают вклад иных алиментарных источников кадмия. Результаты полуколичественной оценки неканцерогенного риска, обусловленного поступлением кадмия с ядром подсолнечника и продуктами на его основе (халва, козинаки), продемонстрировали допустимый (приемлемый) уровень риска для взрослого и детского населения Российской Федерации и Республики Беларусь ($HQ < 1,0$). Эволюционное моделирование накопления риска здоровью населения с использованием обоснованных значений МДУ для обсуждаемых групп продукции показало минимальный уровень дополнительного риска здоровью детского населения Российской Федерации (менее $1,1 \times 10^{-6}$). Для взрослого населения Российской Федерации, а также для детского и взрослого населения Республики Беларусь уровень дополнительного риска здоровью населения характеризовался как допустимый (приемлемый) (менее $1,1 \times 10^{-4}$).

Следует отметить, что обоснованные значения не учитывали вклад иных пищевых продуктов в алиментарную экспозицию кадмием, что предусмотрено Методическими указаниями по установлению и обоснованию гигиенических нормативов содержания химических примесей, биологических агентов в пищевой продукции по критериям риска для здоровья человека, утвержденными решением (рекомендация Коллегии Евразийской

экономической комиссии от 26 февраля 2020 г. № 4). Для решения указанной задачи проведены оценки структуры потребления пищевой продукции и уровней контаминации кадмием отдельных групп пищевой продукции.

Для оценки структуры потребления на основе общедоступных данных и научных публикаций были сформированы типовые рационы для отдельных государств – членов ЕАЭС. На основе данных лабораторного мониторинга в Республике Беларусь в 2023-2024 гг. была проведена оценка уровней контаминации различных групп продукции. Установлено, что наибольшая доля проб с кадмием между ПО и ДУ наблюдалась в зерне (45,6 %), продуктах переработки зерновых (19,1 %), рыбе (20,8 %), сахаре и кондитерских изделиях (25,8 %), овощах, фруктах и продуктах их переработки (17,6 %). Превышение ДУ зафиксировано в 3 группах продуктов – в зерне (5,8 %), сахаристых кондитерских изделиях (2,0 %), овощах/фруктах (0,1 %). Сравнительный анализ подгрупп продукции позволяет позиционировать масличные культуры приоритетными как с точки зрения частоты обнаружения кадмия (76,6 %), так и доли проб с превышением ДУ (10,8 %).

С учетом качественной характеристики контаминации и доли неопределяемых значений кадмия в пробах, в результате применения принятых подходов к замене таких данных (на ноль, $\frac{1}{2}$ ПО использованного метода или минимального зарегистрированного значения) были оценены уровни контаминации отдельных групп пищевой продукции (исключая ядро подсолнечника, халву и козинаки). Показано, что наибольшие расчетные уровни контаминации характерны для шоколада и продуктов на его основе, а также рыбной продукции. Оценка содержания кадмия с использованием для неопределяемых значений $\frac{1}{2}$ ПКО представляется наиболее реалистичным, в то время как замена на ноль или минимальное зарегистрированное значение задает нижний и верхний пределы возможного диапазона контаминации.

На основании имеющихся данных для оценки вклада отдельных групп пищевых продуктов были обоснованы три основных сценария оценки алиментарной экспозиции кадмия для взрослых Республики Беларусь и Российской Федерации. Сценарий, оценивающий теоретическое максимально поступление, основанный на допущении, что контаминация кадмием находится на уровне установленных ДУ, признан агgravированным и нереалистичным, сценарии 2 и 3 основывались на фактических уровнях контаминации продукции кадмием.

Оценка рисков, основанная на фактических уровнях поступления кадмия с рационом, с учетом фактических уровней контаминации продукции, в том числе ядра подсолнечника, халвы и козинаков (с учетом некоторой агgravации) также свидетельствует об отсутствии недопустимых рисков здоровью.

Анализ данных подтверждает, что ядро подсолнечника и продукты, изготовленные с его использованием, могут являться важными источниками поступления кадмия в рационах населения Беларуси и России. Вклад кадмия за счет потребления ядра подсолнечника может достигать 20 %, халвы – 10,15 %, козинаков – 7,92 %, что результируется в значениях МДУ кадмия 0,13 мг/кг, 0,11 мг/кг и 0,14 мг/кг продукта, соответственно.

Учет технологической достижимости, анализ данных по контаминации обсуждаемых групп продукции, оценка рисков с учетом предложенных ДУ, позволяет рекомендовать ДУ кадмия для ядра подсолнечника на уровне 0,2 мг/кг, для халвы подсолнечной – 0,11 мг/кг, для козинаков подсолнечных – 0,14 мг/кг.

Расчет алиментарной экспозиции кадмием и соответствующих индексов опасности с учетом предложенных ДУ для ядра подсолнечника, халвы и козинаков свидетельствует, что уровень риска будет находиться на допустимом уровне.

На основе полученных данных подготовлен проект изменений в Единых санитарно-эпидемиологических и гигиенических требований к продукции (товарам), подлежащей санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю), утвержденных Решением Комиссии Таможенного союза от 28 мая 2010 г. № 299.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Рекомендация Коллегии ЕЭК от 03.03.2020 г. №5. «О риск-ориентированной модели надзора в области обеспечения безопасности продукции для здоровья человека» – URL: https://docs.eaeunion.org/upload/iblock/ee0/yvz9fg4i1e3et1z6fz4mqjnukqa8ryuy/err_05032020_5_att.docx (дата обращения: 17.06.2025).
2. Методические указания по установлению и обоснованию гигиенических нормативов содержания химических примесей, биологических агентов в пищевой продукции по критериям риска для здоровья человека. – URL: <https://eec.eaeunion.org/upload/medialibrary/3ae/MU-po-ustanovleniyu-i-obosnovaniyu-gigienicheskikh-normativov.pdf?ysclid=mgevnitpcx869917837> (дата обращения: 17.06.25).
3. Договор о Евразийском экономическом союзе от 29.05.2014 г. (ред. от 06.03.2024). – URL: https://eec.eaeunion.org/upload/medialibrary/ef8/ixygbob0o9pvcn5vjrb0sl4vj4pgoiq7/dogovor_o_eaes_2024.pdf (дата обращения: 17.06.2025).
4. О безопасности пищевой продукции: Технический Регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/902320560> (дата обращения: 17.06.2025).
5. Cadmium (addendum) / U. Mueller, A. Agudo, A. Åkesson et al. // Safety evaluation of certain food additives and contaminants: Prepared by the seventy-third meeting of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA) / World Health Org., Food and Agric. Org. of the United Nations. – Geneva, 2011. – P. 305–380. – (WHO food additives series; 64).
6. Cadmium dietary exposure in the European population: Scientific report of EFSA // EFSA Journal. – 2012. – Vol. 10, № 1. – DOI: 10.2903/j.efsa.2012.2551.
7. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2022 году: Гос. докл. / Федер. служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. – URL: <https://rospotrebnadzor.ru/upload/iblock/b50/t4kqksh4b12a2iwjnha29922vu7naki5/GD-SEB.pdf> (дата обращения 19.11.2024).
8. Федоренко Е. В., Губич Л. В., Амвросьев П. А. Оценка риска здоровью взрослого населения вследствие загрязнения пищевых продуктов отдельными токсичными элементами и нитратами // Здоровье и окружающая среда: Сб. науч. тр. / М-во здравоохранения Респ. Беларусь, Респ. науч.-практ. центр гигиены, Белорус. науч.

о-во гигиенистов; под ред. В.П. Филонов (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2009. – Т. 14. – С. 193–199.

9. Федоренко Е. В. Особенности загрязнения кадмием продуктов питания в крупном промышленном центре // Вест. С.-Петерб. гос. мед. акад. им. И.И. Мечникова. – 2007. – № 2. – С. 177–178.

10. Шур П. З., Фокин В. А., Новоселов В. Г. К вопросу об оценке допустимого суточного поступления кадмия с продуктами питания // Здоровье населения и среда обитания. – 2015. – № 12. – С. 30–33.

11. Фокин В.А. Идентификация опасности с последующим проведением оценки риска остаточных количеств кадмия в пищевой продукции как фактор риска развития негативных эффектов на здоровье человека // Санитар. врач. – 2015. – № 10. – С. 63–67.

12. Влияние различных систем удобрения на накопление тяжелых металлов в сельскохозяйственной продукции / Н. М. Белоус, В. Ф. Шаповалов, Ф. В. Моисеенко и др. // Вестн. Брянской гос. с.-х. акад. – 2005. – Прил. – С. 22–29.

13. Устойчивость почв нижнего Дона к загрязнению тяжелыми металлами / Бакоев С.Ю. // Научный журнал КубГАУ. – 2011. – Т. 72, № 8. – С. 1-10.

14. Об опасных тяжелых металлах (металлоидах) в почвах / Ю.Н. Водяницкий. // Бюллетень Почвенного института им. В. В. Докучаева. – 2011. – № 68 – С.56–82.

15. Загрязнение вод Волго-Каспийского бассейна солями тяжелых металлов / Л.А. Осипова // Вестник АГТУ. – 2008. – Т. 3, № 44. – С.126–131.

16. Содержание и особенности распределения тяжелых металлов в органах и тканях рыб Верхней Оби / И.А. Глазунова // Известия Алтайского государственного университета. – 2007. – С.20–21.

17. Exposure to cadmium: a major public health concern. Geneva, Switzerland: World Health Organization, 2019. – URL: <https://iris.who.int/server/api/core/bitstreams/f190f2f1-f74d-48a3-823b-25f5d3af702b/content> (дата обращения: 20.06.2025).

18. Rahimzadeh M.R. et al. Cadmium toxicity and treatment: an update / Mehrdad .R. Rahimzadeh, Mehrovar R. Rahimzadeh, S. Kazemi, A. Moghadamnia // Casp. J. Int. Med. – 2017. – Vol. 8, № 3. – P. 135. DOI: 10.22088/cjim.8.3.135.

19. The effects of heavy metals on human metabolism / Z. Fu, S. Xi // Toxicology Mechanisms and Methods. – 2019. – Vol. 30, № 3. – P. 167–176. DOI: 10.1080/15376516.2019.1701594–356.

20. Cadmium triggers mitochondrial oxidative stress in human peripheral blood lymphocytes and monocytes: Analysis using in vitro and system toxicology approaches /

N. A. O. Alkharashi, V. S. Periasamy, J. Athinarayanan, A. A. Alshatwi // *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*. – 2017. – No. 42. – P. 117–128.

21. Cadmium and cadmium compounds. IARC MONOGRAPHS. –1993. Vol.58. – p.119–237

22. Cadmium toxicity and health effects – a brief summary / A. E. Charkiewicz, W. J. Omeljaniuk, K. Nowak et al. // *Molecules*. – 2023. – Vol. 28, № 18. – DOI: 10.3390/molecules28186620.

23. Petraru A., Ursachi F., Amariei S. Nutritional Characteristics Assessment of Sunflower Seeds, Oil and Cake. Perspective of Using Sunflower Oilcakes as a Functional Ingredient // *Plants*.- 2021. – Vol. 10, 2487. <https://doi.org/10.3390/plants10112487>

24. Li Z., Xiang F., Huang X., Liang M., Ma S., Gafurov K et al. Properties and Characterization of Sunflower Seeds from Different Varieties of Edible and Oil Sunflower Seeds. // *Foods*.- 2024.- Vol. 13, 1188. <https://doi.org/10.3390/foods13081188>

25. Янулевич Т. И., Руфкина М. М., Макарович М. И. [и др.] О результатах лабораторного контроля за содержанием кадмия в семенах подсолнечника и продуктах их переработки в Гродненской области // *Сборник научных статей, посвященный 50-летию кафедры общей гигиены и экологии Гродненского государственного медицинского университета, Гродно*. – 2011.

26. Дубовик В.А. Загрязнение почв тяжелыми металлами и радионуклидами: мониторинг и приемы снижения экотоксичности // *С.-х. биология*. – Т. 46, № 6. – 2011. – С. 27–36.

27. Измеров Н. Ф., Кириллов В. Ф. Гигиена труда: Учеб. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2016. – 480 с.

28. Мудрый И. В. Тяжелые металлы в системе почва-растение-человек (обзор) // *Гигиена и санитария*. – 1997. – № 1. – С. 14–17.

29. Bakhshayesh B. E., Delkash M., Scholz M. Response of vegetables to cadmium-enriched soil // *Water*. – 2014. – Vol. 6, № 5. – P. 1246–1256.

30. Раскатов А. В. Агроэкологические аспекты транслокации тяжелых металлов в почве и растениях (на примере дерново-подзолистых почв Ивановской области): Автореф. дис. канд. с.-х. наук: 06.01.15 / Моск. с.-х. акад. им. К. А. Тимирязева. – М., 2000. – 20 с.

31. Shacklette H.T. Cadmium in plants: Geological survey bulletin 1314-G. – Washington: United States gov. print. office, 1972. – 28 p.

32. Cadmium and lead accumulation in important food crops due to wastewater irrigation: pollution index and health risks assessment / Y. Alhaj Hamoud, H. Shaghaleh, M. Zia-Ur-Rehman et al. // *Heliyon*. – 2024. – Vol. 10, № 3. – DOI: 10.1016/j.heliyon.2024.e24712.

33. Ballabio C., Jones A., Panagos P. Cadmium in topsoils of the European Union – an analysis based on LUCAS topsoil database // *The Sci. of the Total Environ.* – 2024. – Vol. 912. – DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.168710.
34. Page A. L., Chang A. C., El-Amamy M. Cadmium levels in soils and crops in the United States // *Lead, mercury, cadmium and arsenic in the environment* / ed.: T.C. Hutchinson, K.M. Meema – New York, 1987. – Ch. 10. – P. 119–146.
35. Geochemical and mineralogical maps, with interpretation, for soils of the conterminous United States / D.B. Smith, F. Solano, L.G. Woodruff et al. – Reston, 2019. – URL: <https://pubs.usgs.gov/publication/sir20175118> (date of access 13.12.2024). – (Scientific Investigations Report 2017-5118).
36. A critical review on effects, tolerance mechanisms and management of cadmium in vegetables / M. Rizwan, S. Ali, M. Adrees et al. // *Chemosphere.* – 2017. – Vol. 182. – P. 90–105.
37. Guttormsen G., Singh B.R., Jeng A.S. Cadmium concentration in vegetable crops grown in a sandy soil as affected by Cd levels in fertilizer and soil pH // *Fertilizer Res.* – 1995. – Vol. 41. – P. 27–32.
38. Abraham E. Cadmium in New Zealand agricultural soils // *N. Z. J. of Agric. Res.* – 2020. – Vol. 63, № 2. – P. 202–219.
39. Gray C.W., Cavanagh J.A.E. The state of knowledge of cadmium in New Zealand agricultural systems: 2021 // *N. Z. J. of Agric. Res.* – 2023. – Vol. 66, № 4. – P. 285–335.
40. McDowell R.W., Taylor M.D., Stevenson B.A. Natural background and anthropogenic contributions of cadmium to New Zealand soils // *Agric. Ecosyst. & Environ.* – 2013. – Vol. 165. – P. 80–87.
41. Milham P. J. The behaviour of cadmium in soil: Diss. for the degree of Dr. of Philosophy / Univ. of Western Sydney. – Sydney, 2008. – 139 p.
42. Cd content in phosphate fertilizer: which potential risk for the environment and human health? / N.A. Suciu, R. De Vivo, N. Rizzati et al. // *Curr. Opin. in Environ. Sci. & Health.* – 2022. – Vol. 30. – DOI: 10.1016/j.coesh.2022.100392.
43. Jeng A. S., Singh B. R. Cadmium status of soils and plants from a long-term fertility experiment in southeast Norway // *Plant and Soil.* – 1995. – Vol. 175. – P. 67–74.
44. Impact of cadmium levels in fertilisers on cadmium accumulation in soil and uptake by food crops / P. Römken, R. Rietra, H. Kros et al. – Wageningen: Wageningen Environ. Res., 2018. – 115 p. – (Wageningen Environmental Research rapport; 2889).

45. Influence of soil properties on cadmium accumulation in vegetables: thresholds, prediction and pathway models based on big data / S.F. Pan, X.H. Ji, Y.H. Xie et al. // *Environ. Pollut.* – 2022. – Vol. 304. – DOI: 10.1016/j.envpol.2022.119225.
46. Availability and chemical associations of cadmium in contaminated tropical soils amended with mineral and organic amendments / M. D. Carrillo-Zenteno, R. B. A. Fernandes, R. L. Ferreira-Fontes et al. // *Terra Latinoam.* – 2022. – Vol. 40. – DOI: 10.28940/terra.v40i0.928.
47. Assessing soil cadmium quality standards for different land use types: a global synthesis / G. Wang, X. Li, J. Deng et al. // *J. of Hazard. Mater.* – 2024. – Vol. 480. – DOI: 10.1016/j.jhazmat.2024.136450.
48. Canadian soil quality guidelines for the protection of environmental and human health // Canadian environmental quality guideline / Can. Council of Ministers of the Environ. – URL: <https://ccme.ca/en/res/cadmium-canadian-soil-quality-guidelines-for-the-protection-of-environmental-and-human-health-en.pdf> (date of access 12.12.2024).
49. Лукин С.В. Мониторинг содержания кадмия в агроэкосистемах центрально-черноземного района России // Докл. Рос. акад. наук. Науки о земле. – 2023. – Т. 511, № 2. – С. 274–279.
50. Toxicity of cadmium in soil-plant-human continuum and its bioremediation techniques / A. Dutta, A. Patra, H.S. Jatav et al. // *Soil contamination – threats and sustainable solutions* / eds.: M.L. Larramendy, S. Soloneski. – 2021. – Ch. 4. – DOI: 10.5772/intechopen.94307.
51. IARC monographs on the identification of carcinogenic hazards to humans // Int. Agency for Res. on Cancer. World Health Org. – URL: <https://monographs.iarc.who.int/list-of-classifications> (date of access 12.12.2024).
52. Самусик Е. А., Головатый С. Е. Тяжелые металлы в почвах и в растениях пшеницы в зоне воздействия предприятия по производству строительных материалов // Журн. Белорус. гос. ун-та. Экология. – 2021. – № 4. – С. 76–88.
53. Cadmium phytotoxicity, tolerance, and advanced remediation approaches in agricultural soils; a comprehensive review / U. Zulfiqar, W. Jiang, W. Xiukang et al. // *Front. in Plant Sci.* – 2022. – Vol. 13. – DOI: 10.3389/fpls.2022.773815.
54. Tang X., Ni Y. Review of remediation technologies for cadmium in soil // 2nd International academic exchange conference on science and technology innovation, Guangzhou, 18–20 Dec. 2020. – [Publ.] E3S Web of Conferences. – 2021. – Vol. 233. – DOI: 10.1051/e3sconf/202123301037.
55. Regulation (EU) 2019/1009 of the European parliament and of the council of 5 June 2019: laying down rules on the making available on the market of EU fertilising products and

amending Regulations (EC) No 1069/2009 and (EC) No 1107/2009 and repealing Regulation (EC) No 2003/2003. – URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:02019R1009-20241117> (date of access 13.12.2024).

56. Concentration of cadmium and lead in vegetables and fruits / M. Rusin, J. Domagalska, D. Rogala et al. // *Sci. Rep.* – 2021. – Vol. 11. – DOI: 10.1038/s41598-021-91554-z.

57. MacLean A. J. Cadmium in different plant species and its availability in soils as influenced by organic matter and additions of lime, P, Cd and Zn // *Canadian Journal of Soil Science.* – 1976. – Vol. 56, № 3. – P. 129–138.

58. Pan X. D., Han J. L. Distribution of cadmium in fresh vegetables marketed in southeast china and its dietary exposure assessment // *Foods.* – 2023. – Vol. 12, № 6. – DOI: 10.3390/foods12061204.

59. Soil, site, and management factors affecting cadmium concentrations in cacao-growing soils / D. Scaccabarozzi, L. Castillo, A. Aromatizi et al. // *Agronomy.* – 2020. – Vol. 10, № 6. – DOI: 10.3390/agronomy10060806.

60. Xiao Q., Wang S., Chi Y. Accumulation and chemical forms of cadmium in tissues of different vegetable crops // *Agronomy.* – 2023. – Vol. 13, № 3. – DOI: 10.3390/agronomy13030680.

61. Effect of cultivar type and soil properties on cadmium concentrations in potatoes / C.W. Gray, Z. Yi, N.J. Lehto et al. // *N. Z. J. of Crop and Hortic. Sci.* – 2019. – Vol. 47, № 3. – P. 182–197.

62. Cadmium and lead in vegetable and fruit produce selected from specific regional areas of the UK / G. J. Norton, C. M. Deacon, A. Mestrot // *Sci. of the Total Environ.* – 2015. – Vol. 533. – P. 520–527.

63. Cadmium partitioning between hulls and kernels in three sunflower varieties: consequences for food/feed chain safety / C. Nguyen, J. P. Loison, C. Motard et al. // *Environ. Sci. and Pollut. Res.* – 2024. – Vol. 31. – P. 1674–1680.

64. Cadmium in animal feed and in foodstuffs of animal origin / J. Sapunar-Postružnik, D. Bažulić, M. Grubelić et al. // *Food technol. and biotechnol.* – 2011. – Vol. 39, № 1. – P. 67–71.

65. Cadmium, lead, mercury and arsenic in animal feed and feed materials – trend analysis of monitoring results / P. Adamse, H.J.I. Van der Fels-Klerx, J. de Jong // *Food Addit. & Contam. Part A Chem. Anal. Control Expo. & Risk Assess.* – 2017. – Vol. 34, № 8. – P. 1298–1311.

66. The Effects of Cadmium Toxicity / G. Genchi, M.S. Sinicropi, L. Graziantonio, A. Carocci, A. Catalano // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. – 2020. – Vol. 17, № 11. – P. 3782. DOI: 10.3390/ijerph17113782.
67. Neurotoxic Agents and Peripheral Neuropathy / N. Eskut, A. Koskderelioglu // *Neurotoxicity - New Advances*. / ed. by Sabuncuoglu S. // London: IntechOpen, 2022. – Ch. 3 – P. 39–60.
68. Agents Classified by the IARC Monographs, Volumes 1–138. International Agency for Research on Cancer, 2025. – URL: <https://monographs.iarc.who.int/list-of-classifications> (дата обращения: 16.06.2025).
69. Cadmium: Mitigation strategies to reduce dietary exposure / H.R. Schaefer, S. Dennis, S. Fitzpatrick // *J. Food Sci.* – 2020. – Vol. 85, № 2. – P. 260-267. DOI: 10.1111/1750-3841.14997.
70. Токсиколого-гигиенические аспекты воздействия кадмия на организм человека при поступлении с продуктами питания (обзор литературы) / С. В. Кузьмин, В. Н. Русаков, А. Г. Сетко, О. О. Сеницына // *Здоровье населения и среда обитания – ЗНиСО*. – 2024. – Т. 32, № 7. – С. 49–57. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-32-7-49-57>.
71. Cadmium. Evaluation of certain food additives and contaminants: ninety-first report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives // WHO Technical Report Series, No. 1036), World Health Organization and Food and Agriculture Organization of the United Nations. – 2022. – p. 3–12.
72. Changes of atmospheric and blood concentrations of lead and cadmium in the general population of South Korea from 2008 to 2017 / J. Ahn, N.S. Kim, B.K. Lee, I. Oh, Y. Kim // *Int. J. Environ. Res. Public Health*. – 2019. – Vol. 16, № 12. – P. 2096. DOI: 10.3390/ijerph16122096.
73. Low iron stores are related to higher blood concentrations of manganese, cobalt and cadmium in non-smoking, Norwegian women in the HUNT 2 study / H.M. Meltzer, A.L. Brantsaeter, B. Borch-Johnsen, D.G Ellingsen, J. Alexander, Y. Thomassen, H. Stigum, Trond A Ydersbond // *Environ. Res.* – 2010. – Vol. 110, No. 5. – P. 497-504. DOI: 10.1016/j.envres.2010.03.006.
74. Lactobacillus GG treatment ameliorates alcohol-induced intestinal oxidative stress, gut leakiness, and liver injury in a rat model of alcoholic steatohepatitis / C.B. Forsyth, A. Farhadi, S.M. Jakate, Y. Tang, M. Shaikh, A. Keshavarzian // *Alcohol*. – 2009. – Vol. 43, № 2. – P. 163–172. DOI: 10.1016/j.alcohol.2008.12.009.
75. Evaluation of certain food additives and contaminants: ninety-first report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. WHO, 2021. URL: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240054585> (дата обращения: 17.06.2025).

76. A kinetic model of cadmium metabolism in the human being / T. Kjellström, G.F. Nordberg // *Environmental Research*. – 1978. – Vol. 16, № 1-3. – P. 248-269. DOI: 10.1016/0013-9351(78)90160-3.
77. Cadmium. (WHO Food Additives Series 24) – URL: <https://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v024je09.htm> (дата обращения: 20.06.2025).
78. Factors modifying critical concentration and biological half-time of cadmium / K. Nomiya, H. Nomiya // *Arh. Hig. Rada toksikol.* – 1979. – № 30. – P. 191–200.
79. Influence of chemical and environmental stressors on acute cadmium toxicity / K.N. Baer, W.H. Benson // *J. Toxicol. Environ. Health*. – 1987. – Vol. 22, № 1. – P. 35-44. DOI: 10.1080/15287398709531049.
80. Antagonists for acute oral cadmium chloride intoxication. // M.A. Basinger, M.M. Jones, M. A. Holscher, W. K. Vaughn / *J. Toxicol. Environ. Health*. – 1988. – Vol. 23, № 1. – P. 77–89. DOI: 10.1080/15287398809531095.
81. Influence of age on metal metabolism and toxicity / K. Kostial, D. Kello, S. Jugo, I. Rabar, T. Maljković // *Environ Health Perspect.* – 1978. – № 25. – P. 81–86. DOI: 10.1289/ehp.782581.
82. The relationship of metallothionein to the toxicity of cadmium after prolonged administration to rats / F.N. Kotsonis, C.D. Klaassen // *Toxicol. Appl. Pharmacol.* – 1978. – № 46. – P. 39–54. DOI: 10.1016/0041-008x(78)90135-7.
83. Effects of fasting on cadmium toxicity, glutathione metabolism, and metallothionein synthesis in rats / M. Shimizu, S. Morita // *Toxicol. Appl. Pharmacol.* – 1990. – Vol. 103, № 1. – P. 28–39. DOI: 10.1016/0041-008x(90)90259-w.
84. WHO food additives series 46: Cadmium. – URL: <https://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v46je11.htm> (дата обращения: 16.06.2025).
85. Effect of a metal mixture in diet on the toxicokinetics and toxicity of cadmium, mercury and manganese in rats / K. Kostial, M. Blanusa, T. Maljkovic D. Kello, I. Rabar // *Toxicol. Ind. Health*. – 1989. – № 5. – P. 686–698. DOI: 10.1177/074823378900500509.
86. Dose-response analysis of cadmium in man: body burden vs kidney dysfunction / K. J. Ellis, K. Yuen, S. Yasumura, S. H. Cohn // *Environ Res.* – 1984. – Vol. 33, № 1. – P. 216–226. DOI: 10.1016/0013-9351(84)90018-5.
87. Perspectives on Cadmium Toxicity Research / M. Satoh, H. Koyama, T. Kaji, H. Kito, C. Tohyama // *The Tohoku Journal of Experimental Medicine*. – 2002. – Vol. 196, №. 1. – P. 23–32. DOI: <https://doi.org/10.1620/tjem.196.23>.

88. Toxicological profile for cadmium. Atlanta, Georgia: Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2012. – 487 p.
89. Cadmium; CASRN 7440-43-9. Integrated Risk Information System (IRIS). – URL: https://iris.epa.gov/static/pdfs/0141_summary.pdf (дата обращения: 20.06.2025).
90. Cadmium in food / Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain // The EFSA Journal. – 2009. – № 980. – P. 1–139. DOI: 10.2903/j.efsa.2009.980.
91. Cadmium. Office of Environmental Health Hazard Assessment (OEHHA), California, USA. URL: <https://oehha.ca.gov/chemicals/cadmium> (дата обращения: 20.06.2025).
92. On the carcinogenicity of cadmium by the oral route. / J. F. Collins, J. P. Brown, P. R. Painter, I. S. Jamall, L. A. Zeise, G. V. Alexeeff, M. J. Wade, D. M. Siegel, J. J. Wong // Regul Toxicol Pharmacol. – 1992 – Vol. 16, № 1. – С. 57–72. doi: 10.1016/0273-2300(92)90021-z. PMID: 1410656.
93. Safety evaluation of certain contaminants in food: prepared by the ninety-first meeting of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA). Geneva: World Health Organization, 2023. – 362 с. – URL: <https://iris.who.int/server/api/core/bitstreams/d4dbd08d-9b1f-49f3-9b18-88f191c48ce9/content> (дата обращения: 21.06.2025).
94. Evaluation of certain food contaminants. Sixty-fourth report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Geneva: World Health Organization, 2006. – 109 с. – URL: <https://iris.who.int/server/api/core/bitstreams/c4365872-08dc-4b53-9b32-1b18b0fce47c/content> (дата обращения: 21.06.2025).
95. Toxicological Summary for: Cadmium. Minnesota Department of Health, 2015. URL: <https://www.health.state.mn.us/communities/environment/risk/docs/guidance/gw/cadmium.pdf> (дата обращения: 20.06.2025).
96. Янулевич Т. И., Руфкина М. М., Макарович М. И. [и др.] О результатах лабораторного контроля за содержанием кадмия в семенах подсолнечника и продуктах их переработки в Гродненской области // Сборник научных статей, посвященный 50-летию кафедры общей гигиены и экологии Гродненского государственного медицинского университета, Гродно. – 2011.
97. Adeleke B. S., Babalola O. O. Oilseed crop sunflower (*Helianthus annuus*) as a source of food: Nutritional and health benefits // Food Sci Nutr. – 2020. – Vol. 8:4666–4684. DOI: 10.1002/fsn3.1783.
98. Scientific report of EFSA Cadmium dietary exposure in the European population // EFSA Journal – 2012. – Vol.10(1):2551.

99. Schaefer H.R., Dennis S., Fitzpatrick S. Cadmium: Mitigation strategies to reduce dietary exposure // *Journal of Food Science* 2020.- Vol. 85, Iss. 2, doi: 10.1111/1750-3841.14997.
100. Genchi G., Sinicropi M.S., Lauria G., Carocci A., Catalano A. The Effects of Cadmium Toxicity // *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2020. – Vol. 17, 3782; doi:10.3390/ijerph17113782.
101. Niu Z., Li X., Mahamood M. Accumulation Potential Cadmium and Lead by Sunflower (*Helianthus annuus* L.) under Citric and Glutaric Acid-Assisted Phytoextraction // *Int. J. Environ. Res. Public Health*.- 2023.- Vol. 20, 4107. <https://doi.org/10.3390/ijerph20054107>.
102. Ефремова Л. А. Инверсионно-вольтамперометрические (ИВА) методы анализа // Федеральное бюджетное учреждение здравоохранения «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Марий Эл». – URL: <https://www.12sanepid.ru/press/publications/2631.html> (дата обращения 02.12.2024).
103. CHEMPORT.RU. – URL: https://www.chemport.ru/data/chemipedia/article_3069.html (дата обращения 02.12.2024).
104. Бейзель Н.Ф. Атомно-абсорбционная спектрометрия: Учеб. пособие. – Новосибирск: Новосиб. гос. ун-т, 2008. – 71 с.
105. Беккер Ю. Спектроскопия / под ред. А.А. Пупышева, М.В. Полякова. – М.: Техносфера, 2009. – 527 с.
106. Чегринцев С. Н. Атомно-абсорбционный анализ: Метод. указ. / М-во образования и науки Рос. Федерации, Нац. исслед. Томский политехн. ун-т. – Томск: Изд-во Томского политехн. ун-та, 2014. – 44 с.
107. Беляцкий В.Н. Основы методов атомно-абсорбционной и атомно-эмиссионной спектроскопии: Учеб.-метод. пособие. – Минск: БГМУ, 2015. – 40 с.
108. Семенова И. В., Суровяткина Д. Г. Диагностика элементного состава природных и промышленных вод // *Современ. проблемы науки и образования*. – 2015. – № 2, ч. 2. – URL: <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=21507> (дата обращения 20.11.2024).
109. Министерство здравоохранения Российской Федерации. – URL: <https://minzdrav.gov.ru/> (дата обращения 05.12.2024).
110. Основы аналитической химии: Учеб. для вузов: В 2 кн. / Н. В. Алов, Ю. А. Барбалат, А. В. Гармаш и др.; под ред. Ю. А. Золотова; МГУ им. М. В. Ломоносова. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. школа, 2004. – Кн. 2: Методы химического анализа. – 503 с.

111. Ivanova P., Chalova V., Koleva L., Pishtiyski I. Amino acid composition and solubility of proteins isolated from sunflower meal produced in Bulgaria// International Food Research Journal. – 2013. – Vol. 20(6), 2995.
112. ГОСТ 6502-2014 «Халва. Общие технические условия».
113. Драгилев А.И., Лурье И.С. Технология кондитерских изделий / А.И. Драгилев, И.С. Лурье // Москва, ДеЛи принт. – 2003. – 430 с.
114. Козинак [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/> (дата обращения: 02.07.2025).
115. Продажи.рф – Халва. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://xn--80ahhi0afh.xn--p1ai/%D0%A5%D0%B0%D0%BB%D0%B2%D0%B0/summary> (дата обращения: 03.07.2025).
116. Продажи.рф - Козинаки. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://xn--80ahhi0afh.xn--p1ai/%D0%9A%D0%BE%D0%B7%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D0%BA%D0%B8/summary> (дата обращения: 03.07.2025).
117. Федеральная таможенная служба [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://stu.customs.gov.ru/news/document/616414> (дата обращения: 01.07.2025).
118. Рецептуры на восточные сладости. ВНИИ кондитерской промышленности, Москва. – 1988
119. Рецептуры на халву. ВНИИ кондитерской промышленности, Москва. – 1987.
120. Лакин Г.Ф. Биометрия: Учебное пособие для биол. спец. вузов, М. – 1990. – 352 с.
121. Гланц С. Медико-биологическая статистика, М., Практика. – 1998. – 459 с.
122. Урбах В. Ю. Математическая статистика для биологов и медиков. М. – 1963. – 323 с.
123. Никитюк Д.Б., Мартинчик А.Н., Батулин А.К. Способ оценки индивидуального потребления пищи методом 24-часового (суточного) воспроизведения питания: методические рекомендации, Москва. – 2016. – 36 с.
124. Альбом порций продуктов и блюд. Авторы: Мартинчик А.Н., Батулин А.К., Баева В.С. и др. Институт питания РАМН. Москва. – 1995. – 64 с.
125. Difusco R.A., McLeavey D.W., Runkle D.E. Quantative Methods for Investment Analysis, USA, Baltimore. – 2001. – 664 p.
126. Методические рекомендации МР 2.3.1.0253-21 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской

Федерации» (утв. Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека 22 июля 2021 г.).

127. Руководство по оценке риска здоровью населения при воздействии химических веществ, загрязняющих среду обитания Р. 2.1.10.3968-23. – М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2023. – 203 с.

128. Методология оценки рисков здоровью населения при воздействии химических, физических и биологических факторов для определения показателей безопасности продукции (товаров) / Н.В. Зайцева, И.В. Май, П.З. Шур, Д.А. Кирьянов // Анализ риска здоровью. – 2014. – №3. – С. 4-18. DOI: 10.21668/health.risk/2014.3.01.

129. О санитарно-эпидемиологической обстановке в Республике Беларусь в 2023 году: Докл. / М-во здравоохранения Респ. Беларусь. – URL: <https://rcheph.by/info-analit-block/sanitarno-epidemiologicheskaya-obstanovka-v-respublike-belarus-za-2020-god/> (дата обращения 25.11.2024).

130. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения Российской Федерации в 2022 году: Докл. / М-во здравоохранения Респ. Беларусь. – URL: <https://rospotrebnadzor.ru/upload/iblock/b50/t4kqksh4b12a2iwjnha29922vu7naki5/GD-SEB.pdf> (дата обращения 25.11.2024).

131. Порядок разработки и принятия перечней международных и региональных (межгосударственных) стандартов, а в случае их отсутствия – национальных (государственных) стандартов, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований технического регламента Евразийского экономического союза, и перечней международных и региональных (межгосударственных) стандартов, а в случае их отсутствия – национальных (государственных) стандартов, содержащих правила и методы исследований (испытаний) и измерений, в том числе правила отбора образцов, необходимые для применения и исполнения требований технического регламента Евразийского экономического союза и осуществления оценки соответствия объектов технического регулирования, Решение Совета Евразийской экономической комиссии N 161 (ред. от 15.04.2022).

132. Environmental Health Criteria 240 Principles and Methods for the Risk Assessment of Chemicals in Food, Chapter 6 DIETARY EXPOSURE ASSESSMENT OF CHEMICALS IN FOOD.

133. Limit of detection, limit of quantification // EFSA. – URL: <https://www.efsa.europa.eu/en/glossary/l> (дата обращения: 16.01.2025).

134. Путилина Т.И. Актуальные вопросы качества и безопасности семян подсолнечника // Особенности государственного регулирования внешнеэкономической

деятельности в современных условиях : Материалы V всероссийской научно-практической конференции, Ростов-на-Дону, 15–16 ноября 2018 года. – Ростов-на-Дону: Российская таможенная академия, Ростовский филиал, 2018. – С. 405–412.

135. Cadmium in food / Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain // The EFSA Journal. – 2009. – No. 980. – P. 1–139. DOI: 10.2903/j.efsa.2009.980.

136. Evaluation of certain food additives and contaminants: seventy-third report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. WHO, 2011. – URL: <https://iris.who.int/server/api/core/bitstreams/e4694863-0378-4628-a6f2-0ad58774376d/content> (дата обращения: 17.06.2025).

137. Evaluation of certain food additives and contaminants: ninety-first report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. WHO, 2021. URL: <https://iris.who.int/server/api/core/bitstreams/a978b3a7-0728-41de-87b2-e4090918c0b4/content> (дата обращения: 17.06.2025).

138. Evaluation of certain food additives and contaminants: seventy-third report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. WHO, 2013. URL: <https://iris.who.int/server/api/core/bitstreams/b8ed427c-9a83-4476-b9f6-928e4e57968c/content> (дата обращения: 17.06.2025).

139. Reassessment of the cadmium toxicological reference value for use in human health assessments of foods. / H. R. Schaefer, B. M. Flannery, L. M. Crosby, R. Pouillot, S. M. S. Farakos, J. M. Van Doren, S. Dennis, S. Fitzpatrick, K. Middleton // Regulatory Toxicology and Pharmacology. – 2023. – № 144. – P. 105487. DOI: 10.1016/j.yrtph.2023.105487.

140. Cadmium in Food and Foodwares. U.S. Food & Drug Administration. URL: <https://www.fda.gov/food/environmental-contaminants-food/cadmium-food-and-foodwares> (дата обращения: 19.06.2025).

141. List of ANSES toxicity reference values (TRVs). Национальное агентство по безопасности пищевых продуктов, окружающей среды, гигиене труда и технике безопасности (ANSES). URL: <https://www.anses.fr/en/content/list-anses-toxicity-reference-values-trvs> (дата обращения: 23.07.2025).

142. Социально-экономическое положение Республики Армения в январе-марте 2023 года – URL: https://armstat.am/file/article/sv_03_23r_6200.pdf (дата обращения 25.08.2025).

143. Потребление продуктов питания в домашних хозяйствах Республики Казахстан, 2024 – URL: <https://stat.gov.kz/api/iblock/element/212146/file/ru/> (дата обращения 25.08.2025).

144. Информационный бюллетень Кыргызской Республики по продовольственной безопасности и бедности, 2024 – URL: <https://stat.gov.kg/ru/publications/informacionnyj-byulleten-kyrgyzskoj-respubliki-po-prodovolstvennoj-bezopasnosti-i-bednosti/> (дата обращения 27.08.2025).

145. Кузьмин С. В., Русаков В. Н., Сетко А. Г. Оценка состояния фактического питания населения Российской Федерации. Гигиена и санитария. 2024; 103(1): 58–66.

146. Оценка состояния фактического питания населения Российской Федерации – URL: <https://www.rjhas.ru/jour/article/view/3689> (дата обращения 28.08.2025).

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Сравнительный анализ нормирования кадмия в пищевой продукции и сырье для ее производства в ЕАЭС, ЕС и международном уровне. Допустимые концентрации (уровни) кадмия в отдельных объектах среды обитания и продукции

Таблица А.1 – Анализ нормирования кадмия в пищевой продукции и сырье для ее производства в Европейском союзе и согласно стандартам Кодекс Алиментариус

ЕС		Кодекс Алиментариус		ЕАЭС	
Группа продуктов	МДУ, мг/кг	Группа продуктов	МДУ, мг/кг	Группа продуктов	МДУ, мг/кг
1	2	3	4	5	6
3.2.1	Фрукты и орехи ¹	Овощи-фрукты Целые плоды после удаления стеблей. Сладкая кукуруза и свежая кукуруза: зерна плюс початок без шелухи.	0,05	Овощи, картофель, бахчевые, фрукты, ягоды и продукты из них, в том числе консервы из овощей; Соковая продукция из фруктов и (или) овощей	0,03
3.2.1.1	Фрукты, кроме продуктов, перечисленных в 3.2.1.2, 3.2.1.3 и 3.2.1.4.	МДУ не распространяется на томаты и съедобные грибы.		Консервы овощные, фруктовые, ягодные в сборной жестяной таре, кроме соковой продукции из фруктов и (или) овощей; Плодово-ягодные концентраты с сахаром (джемы, варенье и др.); Кофе (в зернах, молотый, растворимый)	0,05
3.2.1.2	Цитрусовые, семечковые, косточковые, столовые оливки, киви, бананы, манго, папайя и ананасы.	-	-	Чай	1,0
3.2.1.3	Ягоды и мелкие фрукты, кроме продуктов, перечисленных в 3.2.1.4.	-	-	-	-

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	
3.2.1.4	Малина	0,040	-	-	-	-
3.2.1.5	Лесные орехи ²		-	-	Орехи и продукты из них	0,1
3.2.1.5.1	Лесные орехи, кроме продуктов, перечисленных в пункте 3.2.1.5.2.	0,20				
3.2.1.5.2	кедровые орехи	0,30				
3.2.2	Корнеплоды и клубнеплоды ¹		Корнеплоды и клубнеплоды Целые плоды после удаления верхушки. Картофель: очищенный картофель.	0,1	-	-
3.2.2.1	Корнеплоды и клубнеплоды, кроме продуктов, перечисленных в 3.2.2.2, 3.2.2.3, 3.2.2.4, 3.2.2.5 и 3.2.2.6. ³	0,10				
3.2.2.2	Свекла	0,060				
3.2.2.3	Сельдерей	0,15				
3.2.2.4	Хрен, пастернак, козлородник	0,20				
3.2.2.5	Редис	0,020				
3.2.2.6	Тропические корни и клубни, корни петрушки, репы.	0,050				
3.2.3	Луковичные овощи ¹		Луковицы/сухой лук и чеснок	0,05	-	-
3.2.3.1	Луковичные овощи, кроме продуктов, перечисленных в 3.2.3.2.	0,030				
3.2.3.2	Чеснок	0,050				
3.2.4	Плодовые овощи ¹		-	-	-	-

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	
3.2.4.1	Плодовые овощи, кроме продуктов, перечисленных в 3.2.4.2.	0,020				
3.2.4.2	Баклажаны	0,030				
3.2.5	Овощи крестоцветные ¹		Капустные (крестоцветные)	0,05	-	-
3.2.5.1	Brassica, за исключением продуктов, перечисленных в 3.2.5.2.	0,040	Белокачанная капуста и кольраби. Цветная капуста и брокколи: цветочные головки (только незрелые соцветия только). Брюссельская капуста			
3.2.5.2	Листовая капуста	0,10	Капустные (крестоцветные) листовые	0,2		
3.2.6	Листовые овощи и зелень ¹		Листовые овощи	0,2	-	-
3.2.6.1	Листовые овощи, кроме продуктов, перечисленных в 3.2.6.2.	0,10	МДУ также применяется к листовым овощам Brassica.			
3.2.6.2	Шпинаты и аналогичные листья, ростки горчицы и свежая зелень	0,20				
3.2.7	Бобовые овощи ¹	0,020	Бобовые овощи Целые овощи в том виде, в котором они потребляются. Сочные формы могут быть потребляться в виде целых стручков или очищенный продукт МДУ не распространяется на соевые бобы (сухие).	0,1	-	-
3.2.8	Стеблевые овощи ¹		Стеблевые	0,1	-	-

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	
3.2.8.1	Стеблевые овощи, кроме продуктов, перечисленных в 3.2.8.2 и 3.2.8.3.	0,030	овощи Ревень: только стебли с листьями. Артишок шаровидный: только цветочная головка.			
3.2.8.2	Сельдерей	0,10	Сельдерей и спаржа			
3.2.8.3	Лук-порей	0,040				
3.2.9	Грибы ¹		-	-	Грибы и продукты из них	0,1
3.2.9.1	Культивируемые грибы, за исключением продуктов, перечисленных в 3.2.9.2.	0,500,050				
3.2.9.2	Вешенка <i>Pleurotus ostreatus</i> . Гриб шиитаке (<i>Lentinula edodes</i>)	0,15				
3.2.9.3	Дикие грибы					
3.2.10	Бобовые и белки из бобовых		-	-	-	-
3.2.10.1	Зернобобовые, за исключением продуктов, перечисленных в 3.2.10.2.	0,040				
3.2.10.2	Белки из бобовых	0,10				
3.2.11	Масличные культуры ⁴		-	-	Масличные культуры	0,1
3.2.11.1	Семена масличных культур, кроме продукции, указанной в 3.2.11.2, 3.2.11.3,	0,10			(подсолнечник, соя, хлопчатник, лен, рапс, горчица, кунжут, арахис)	

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	
	3.2.11.4, 3.2.11.5 и 3.2.11.6.					
3.2.11.2	Семена рапса	0,15				
3.2.11.3	Арахис и соевые бобы	0,20				
3.2.11.4	Семена горчицы	0,30				
3.2.11.5	Семена льна и семена подсолнечника	0,50	-	-	Для семян подсолнечника, предназначенных для непосредственного употребления в пищу	0,2
					Для семян подсолнечника, предназначенных для промышленной переработки на масло подсолнечное	0,35
3.2.11.6	Семена мака	1,20			Семена пищевого мака	0,5
3.2.12	Хлопья ⁵		-	-	Продукты переработки злаковых и зернобобовых культур, за исключением хлеба и булочных изделий	0,1
3.2.12.1	Крупы, кроме продуктов, перечисленных в 3.2.12.2, 3.2.12.3, 3.2.12.4 и 3.2.12.5.	0,10	-	-	Хлеб, булочные изделия и сдобные изделия	0,07
3.2.12.2	Ячмень и рожь	0,050	-	-	-	-
3.2.12.3	Рис, киноа, пшеничные отруби и пшеничная клейковина	0,15	Рис шлифованный	0,4	Злаковые культуры (пшеница, рожь, тритикале, овес, ячмень, просо, гречиха, рис, кукуруза, сорго)	0,1
3.2.12.4	Твердая пшеница (<i>Triticum durum</i>)	0,18	Пшеница	0,2		
3.2.12.5	Зародыши пшеницы	0,20	Цельное зерно	0,1		

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	
3.2.13	Продукты животного происхождения ⁶		-	-	Мясо, мясные и мясосодержащие продукты, мясо птицы, продукты из него, консервы мясные, мясо-растительные, птичьи; Яичный белок (альбумин) сухой	0,05
3.2.13.1	Мясо крупного рогатого скота, овец, свиней и птицы ⁷	0,050			Консервы мясные, из мяса птицы, мясо-растительные в сборной жестяной таре; Яичные продукты сухие	0,1
3.2.13.2	Конина ⁷	0,20			Яйца и жидкие яичные продукты (меланж, белок, желток)	0,01
3.2.13.3	Печень крупного рогатого скота, овец, свиней, птицы и лошадей	0,50			Субпродукты убойных животных, шкурка свиная, кровь пищевая и продукты из них, консервы из субпродуктов (в том числе паштетные), консервы мясо-растительные	0,3
3.2.13.4	Почки крупного рогатого скота, овец, свиней, птицы и лошадей	1,0			Консервы из субпродуктов с добавлением почек, в том числе паштетные	0,6
					Почки; Продукты мясные с использованием почек	1,0
3.2.14	Рыбная продукция и двустворчатые моллюски ⁶		-	-	Все виды рыбной продукции и морских млекопитающих (кроме икры, молока и печени), в том числе сушеная продукция	0,2
3.2.14.1	Мышечное мясо рыбы, кроме видов, перечисленных в 3.2.14.2, 3.2.14.3 и 3.2.14.4. ⁸	0,050			Икра и молоки рыб и продукты из них; Аналоги икры; Водоросли и травы морские	1,0

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6		
3.2.14.2	Мышечное мясо следующих рыб: Скумбрия (вид <i>Scomber</i>) Тунец (виды <i>Thunnus</i> , <i>Katsuwonus pelamis</i> , виды <i>Euthynnus</i>) Бишике (<i>Sicyopterus lagocephalus</i>) ⁸	0,10					
3.2.14.3	Мышечное мясо тунца-пули (вид <i>Auxis</i>) ⁸	0,15				Печень рыб и продукты из нее	0,7
3.2.14.4	Мышечное мясо следующих рыб: Анчоус (вид <i>Engraulis</i>) Рыба-меч (<i>Xiphias Gladius</i>) Сардина (<i>Sardina pilchardus</i>) ⁸	0,25				-	-
3.2.14.5	Ракообразные ⁹	0,50				Моллюски, ракообразные и другие беспозвоночные, земноводные, пресмыкающиеся	2,0
3.2.14.6	Двустворчатые моллюски ¹⁰	1,0	Морские двустворчатые моллюски	2		-	-
3.2.14.7	Головоногие моллюски ¹¹	1,0	Головоногие моллюски	2			
3.2.15	Какао и шоколадные изделия		-	-		Шоколад и изделия из него; какао-бобы и какао-продукты	0,5
3.2.15.1	Молочный шоколад с содержанием сухих веществ какао <30 %.	0,10					

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	
3.2.15.2	Шоколад с общим содержанием сухих веществ какао < 50 %; молочный шоколад с общим содержанием сухих веществ какао ≥ 30 %	0,30				
3.2.15.3	Шоколад с общим содержанием сухих веществ какао ≥ 50 %.	0,80				
3.2.15.4	Какао-порошок, выпускаемый на рынок для конечного потребителя, или в качестве ингредиента подслащенного какао-порошка или шоколадного порошка, выпускаемого на рынок для конечного потребителя (питьевой шоколад)	0,60				
3.2.16	Соль	0,50	-	-	-	-
3.2.17	Детские смеси, смеси для прикорма, питание специального медицинского назначения, предназначенное для детей грудного и раннего возраста и смеси для детей раннего возраста ¹²		-	-	-	-
3.2.17.1	выпускается на рынке в виде порошка и	0,010	-	-	-	-

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	
	производится из белков коровьего молока или гидролизатов белков коровьего молока.					
3.2.17.2	размещаются на рынке в жидком виде и производятся из белков коровьего молока или гидролизатов белков коровьего молока.	0,005	-	-	-	-
3.2.17.3	выпускается на рынок в виде порошка и производится из изолятов соевого белка отдельно или в смеси с белками коровьего молока.	0,020	-	-	-	-
3.2.17.4	выпускается на рынок в жидком виде и производится из изолятов соевого белка отдельно или в смеси с белками коровьего молока.	0,010	-	-	-	-
3.2.18	Детские смеси ¹²		-	-	-	-
3.2.18.1	выпускаются на рынок в виде порошка и производятся из изолятов растительного белка, кроме изолятов соевого белка, отдельно	0,020	-	-	-	-

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	
	или в смеси с белками коровьего молока.					
3.2.18.2	размещаются на рынке в жидком виде и производятся из изолятов растительного белка, кроме изолятов соевого белка, отдельно или в смеси с белками коровьего молока.	0,010	-	-	-	-
3.2.19	Напитки для младенцев и детей раннего возраста, маркированные и выпускаемые на рынок как таковые, за исключением продуктов, перечисленных в пунктах 3.2.17 и 3.2.18.		-	-	-	-
3.2.19.1	размещается на рынке в жидком виде или подлежит восстановлению в соответствии с инструкциями производителя ¹³	0,020	-	-	-	-
3.2.20	Детское питание и обработанные продукты на основе злаков для младенцев и детей раннего возраста ¹²	0,040	-	-	-	-
3.2.21	БАД к пище		-	-	БАД на основе преимущественно пищевых волокон	0,1

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	
3.2.21.1	БАД к пище, кроме продуктов, перечисленных в 3.2.21.2.	1,0	-	-	БАД на основе чистых субстанций (витамины, минеральные вещества, органические и др.) или концентратов (экстракты растений и др.) с использованием различных наполнителей, в т. ч. сухие концентраты для напитков; БАД на основе природных минералов (цеолиты и др.), в т. ч. мумие; БАД на растительной основе, в т. ч. цветочная пыльца, сухие, чай; БАД на основе переработки мясо-молочного сырья, в т. ч. субпродуктов, птицы; членистоногих, земноводных, продуктов пчеловодства (маточное молочко, прополис и др.) (сухие); БАД на основе одноклеточных водорослей (спирулина, хлорелла и др.), дрожжей и их лизатов	1,0
3.2.21.2	Пищевые добавки, состоящие не менее чем на 80 % из сушеных морских водорослей, продуктов, полученных из морских водорослей или сушеных двустворчатых моллюсков	3,0	-	-	БАД на растительной основе, в т. ч. цветочная пыльца жидкие (эликсиры, бальзамы, настойки и др.); БАД на основе пробиотических микроорганизмов	0,03
-	-	-	-	-	БАД на основе рыбы, морских беспозвоночных, ракообразных,	2,0

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	
					моллюсков и др. морепродуктов, растительных морских организмов (водоросли и др.) (сухие)	
					БАД на основе одноклеточных водорослей (спирулина, хлорелла и др.), дрожжей и их лизатов	1,0
-	Молочная продукция	-	-	-	Сырое молоко, сырое обезжиренное молоко, сырые сливки; Питьевое молоко и питьевые сливки, пахта, сыворотка молочная, молочные напитки, кисломолочные продукты, сметана, молочные составные продукты на их основе; Масло, паста масляная из коровьего молока, молочный жир; Сливочно-растительный спред, сливочно-растительная топленая смесь; Мороженое всех видов из молока и на молочной основе; Закваски, заквасочные и пробиотические микроорганизмы для изготовления кисломолочных продуктов, масла кисло-сливочного, сыров (для жидких, в том числе замороженных)	0,03
-	-	-	-	-	Молочные продукты, молочные составные сухие, сублимированные (в пересчете на восстановленный продукт)	0,03
-	-	-	-	-	Творог и продукты на его основе,	0,1

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	
					творожные продукты, альбумин молочный и продукты на его основе; Продукты пастообразные молочные белковые, в том числе термически обработанные после сквашивания; Продукты переработки молока концентрированные, сгущенные; Консервы молочные, молочные составные, молокосодержащие	
-	-	-	-	-	Концентраты молочных белков, лактулоза, сахар молочный, казеин, казеинаты, гидролизаты молочных белков; Сыры и сырные продукты, сырные пасты, соусы; Масло, паста масляная из коровьего молока, молочный жир, сливочно-растительный спред, сливочно-растительная топленая смесь с добавлением какао-продуктов; Закваски, заквасочные и пробиотические микроорганизмы для изготовления кисломолочных продуктов, масла кисло-сливочного, сыров (для сухих); Питательные среды сухие на молочной основе для культивирования заквасочной и пробиотической микрофлоры	0,2
-	-	-	-	-	Сырое молоко, сырое обезжиренное молоко, сырые сливки; Питьевое	0,03

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	
					<p>молоко и питьевые сливки, пахта, сыворотка молочная, молочные напитки, кисломолочные продукты, сметана, молочные составные продукты на их основе; Масло, паста масляная из коровьего молока, молочный жир; Сливочно-растительный спред, сливочно-растительная топленая смесь; Мороженое всех видов из молока и на молочной основе; Закваски, заквасочные и пробиотические микроорганизмы для изготовления кисломолочных продуктов, масла кисло-сливочного, сыров (для жидких, в том числе замороженных)</p>	
-	-	-	-	-	<p>Молочные продукты, молочные составные сухие, сублимированные (в пересчете на восстановленный продукт)</p>	0,03
-	-	-	-	-	<p>Творог и продукты на его основе, творожные продукты, альбумин молочный и продукты на его основе; Продукты пастообразные молочные белковые, в том числе термически обработанные после сквашивания; Продукты переработки молока концентрированные, сгущенные;</p>	0,1

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	
					Консервы молочные, молочные составные, молокосодержащие	
-	-	-	-	-	Концентраты молочных белков, лактулоза, сахар молочный, казеин, казеинаты, гидролизаты молочных белков; Сыры и сырные продукты, сырные пасты, соусы; Масло, паста масляная из коровьего молока, молочный жир, сливочно-растительный спред, сливочно-растительная топленая смесь с добавлением какао-продуктов; Закваски, заквасочные и пробиотические микроорганизмы для изготовления кисломолочных продуктов, масла кисло-сливочного, сыров (для сухих); Питательные среды сухие на молочной основе для культивирования заквасочной и пробиотической микрофлоры	0,2
-	Напитки	-	минеральная вода	0,003	Напитки безалкогольные, в том числе с соком, напитки брожения, пиво, вино, водка, слабоалкогольные и другие спиртные напитки	0,03
-	Масложировая продукция	-	-	-	Масла растительные (все виды), фракции растительных масел, продукты переработки растительных масел и животных жиров, включая жиры рыб, масла	0,05

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	
					(жиры) переэтерифицированные рафинированные дезодорированные; Масла (жиры) гидрогенизированные рафинированные дезодорированные; Маргарины; Жиры специального назначения, в том числе жиры кулинарные, кондитерские, хлебопекарные; Заменители молочного жира; Эквиваленты масла-какао, улучшители масла-какао SOS-типа, заменители масла-какао POP-типа, заменители масла-какао нетемператуемые нелауринового типа, заменители масла-какао нетемператуемые лауринового типа, спреды и смеси топленые растительно-жировые, соусы на основе растительных масел, майонезы, соусы майонезные, кремы на растительных маслах	
-	-	-	-	-	Спреды растительно-сливочные, смеси топленые растительно-сливочные, жиры животные, шпик свиной и продукты из него, жиры животные топленые	0,03
-	-	-	-	-	Спреды растительно-сливочные и растительно-жировые, смеси топленые растительно-сливочные и	0,2

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	
					растительно-жировые (с какао-продуктами); Жир пищевой из рыбы и морских млекопитающих и рыбный в качестве диетического (лечебного и профилактического) питания	
-	Сахар, мед	-	-	-	Сахар, мед	0,05
					Сахаристые и мучные кондитерские изделия, восточные сладости, жевательная резинка	0,1
<p>¹ Максимальный уровень относится к сырому весу. Максимальный уровень применяется после мытья и отделения съедобной части.</p> <p>² Максимальные уровни не распространяются на древесные орехи, предназначенные для дробления и переработки нефти, при условии, что оставшиеся прессованные древесные орехи не поступают на рынок в качестве продуктов питания. В случае, если оставшиеся прессованные древесные орехи поступают на рынок в качестве продуктов питания, применяются максимальные уровни с учетом статей 3(1) и (2).</p> <p>³ Для картофеля максимальный уровень относится к очищенному картофелю.</p> <p>⁴ Максимальные уровни не распространяются на семена масличных культур, предназначенные для дробления и переработки нефти, при условии, что оставшиеся отпрессованные семена масличных культур не будут реализовываться на рынке в качестве продуктов питания. В случае, если оставшиеся прессованные семена масличных культур поступают на рынок в качестве продуктов питания, применяются максимальные уровни с учетом статей 3(1) и (2).</p> <p>⁵ Максимальные уровни не применяются к зерновым, используемым для производства пива или дистиллятов, при условии, что оставшиеся остатки зерновых не поступают на рынок в качестве продуктов питания. В случае, если оставшиеся остатки зерновых поступают на рынок в качестве продуктов питания, применяются максимальные уровни с учетом статей 3(1) и (2).</p> <p>⁶ Максимальный уровень относится к сырому весу.</p> <p>⁷ Кроме субпродуктов.</p> <p>⁸ Если рыба предназначена для употребления в пищу целиком, максимальный уровень применяется к целой рыбе. В случае сушеных, разбавленных, обработанных и/или составных пищевых продуктов применяются статьи 3(1) и (2).</p> <p>⁹ Максимальный уровень распространяется на мышечное мясо придатков и брюшка, что означает, что головогрудь ракообразных исключена. В случае крабов и крабообразных ракообразных (<i>брахюра</i> и <i>аномура</i>) максимальный уровень распространяется на мышечное мясо из придатков. В случае сушеных, разбавленных, обработанных и/или составных пищевых продуктов применяются статьи 3(1) и (2).</p> <p>¹⁰ В случае <i>Pecten maximus</i> максимальный уровень относится только к приводящей мышце и гонаде. В случае сушеных, разбавленных, обработанных и/или составных пищевых продуктов применяются статьи 3(1) и (2).</p> <p>¹¹ Максимальный уровень применяется к животному без внутренних органов. В случае сушеных, разбавленных, обработанных и/или составных пищевых продуктов применяются статьи 3(1) и (2).</p> <p>¹² Максимальный уровень применяется к продукту, размещенному на рынке.</p> <p>¹³ В том числе фруктовые соки. Максимальный уровень применяется к продуктам, готовым к использованию.</p>						

Таблица А.2 – Допустимые концентрации (уровни) кадмия в отдельных объектах среды обитания и продукции

Документ, устанавливающий требования	Объект	Норматив
1	2	3
Гигиенический норматив «Показатели безопасности и безвредности атмосферного воздуха», утвержденный постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 25 января 2021 г. № 37 «Об утверждении гигиенических нормативов» (далее – ГН 37)	атмосферный воздух	максимальная разовая концентрация 3 мкг/м ³ среднесуточная концентрация 1 мкг/м ³ среднегодовая концентрация 0,3 мкг/м ³ ориентировочно безопасный уровень воздействия 0,3 мкг/м ³
Гигиенический норматив «Показатели безопасности и безвредности воды водных объектов для хозяйственно-питьевого и культурно-бытового (рекреационного) использования и воды в ванне бассейна» (ГН 37)	вода водных объектов для хозяйственно-питьевого и культурно-бытового (рекреационного) использования и вода в ванне бассейна	0,001 мг/дм ³
Гигиенический норматив «Показатели безопасности питьевой воды» (ГН 37)	питьевая вода	0,001 мг/дм ³
Гигиенический норматив «Показатели безопасности и безвредности почвы» (ГН 37)	песчаные и супесчаные почвы	0,5 мг/кг
	суглинистые и глинистые, кислые почвы	1 мг/кг
	суглинистые и глинистые, нейтральные и близкие к ним почвы	2 мг/кг
	почва различных видов территориальных зон населенных пунктов: жилые и общественно-деловые зоны, жилые зоны районов (кварталов) индивидуальной жилой застройки, рекреационные, сельскохозяйственные зоны	0,5 мг/кг

Документ, устанавливающий требования	Объект	Норматив
1	2	3
	производственные зоны, зоны транспортной, инженерной инфраструктуры, зоны специального назначения	3,5 мг/кг
Гигиенический норматив «Показатели безопасности и безвредности микроорганизмов-продуцентов, микробных препаратов и их компонентов, вредных веществ в воздухе рабочей зоны и на кожных покровах работающих» (ГН 37)	воздух рабочей зоны	максимальная разовая концентрация 0,05 мг/м ³ среднесуточная концентрация 0,01 мг/м ³
Гигиенический норматив «Показатели безопасности и безвредности для здоровья человека изделий медицинского назначения, медицинской техники и материалов, применяемых для их изготовления» (ГН 37) Раздел 18 главы II Единых санитарно-эпидемиологических и гигиенических требований к продукции (товарам), подлежащей санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю), утвержденные решением Комиссии Таможенного союза от 28 мая 2010 г. № 299 (далее – ЕСТ)	изделия медицинского назначения, медицинская техника и материалы, применяемые для их изготовления (вытяжка в модельную среду)	0,001 мг/дм ³
Гигиенический норматив «Показатели безопасности упакованной питьевой воды, включая природную минеральную воду» (ГН 37)	природная минеральная вода и купажированная питьевая вода, изготовленная путем смешивания природных минеральных вод	0,003 мг/дм ³
Технический регламент Евразийского экономического союза «О безопасности	лечебно-столовая и лечебной природная минеральная вода, добываемая из защищенных от техногенного воздействия подземных горизонтов, где водовмещающие породы содержат кадмий в повышенных количествах	0,01 мг/дм ³

Документ, устанавливающий требования	Объект	Норматив
1	2	3
упакованной питьевой воды, включая природную минеральную воду» (ТР ЕАЭС 044/2017)	природная питьевая вода, питьевая вода для детского питания, обработанная питьевая вода, искусственно минерализованная питьевая вода, купажированная питьевая вода, изготовленная с использованием природной питьевой воды	0,001 мг/дм ³
Гигиенический норматив «Показатели безопасности и безвредности материалов, контактирующих с пищевой продукцией» (ГН 37) Раздел 16 главы II ЕСТ	материалы и изделия, контактирующие с пищевой продукцией (вытяжка в модельную среду)	0,001 мг/дм ³
	стекло, фарфор, фаянс и изделия из них, керамические изделия (вытяжка в соляную кислоту), тип посуды: плоская малая глубокая большая глубокая глубокая, для хранения для тепловой обработки пищевых продуктов, чашки и кружки	0,07 мг/дм ² 0,5 мг/дм ³ 0,25 мг/дм ³ 0,25 мг/дм ³ 0,05 мг/дм ³
Технический регламент Таможенного союза «О безопасности упаковки» (ТР ТС 005/2011)	упаковка, укупорочные средства (вытяжка в модельную среду)	0,001 мг/дм ³
	упаковка стеклянная, фарфоровая, фаянсовая, керамическая (вытяжка в соляную кислоту)	0,5 мг/дм ³
Гигиенический норматив «Показатели безопасности отдельных видов продукции для детей» (ГН 37)	игрушки, кроме формующихся масс и красок, наносимых пальцами	75 мг/кг
	формующиеся массы и краски, наносимые пальцами	50 мг/кг
Технический регламент Таможенного союза «О безопасности продукции, предназначенной для детей и подростков» (ТР ЕАЭС 007/2011)	продукция, контактирующая с пищей	не допускается
	материалы, используемые для изготовления канцелярских и школьно-письменных принадлежностей	75 мг/кг
Технический регламент Таможенного союза «О безопасности игрушек» (ТР ТС 008/2011)	Игрушки, содержащие сплавы свинцово-серебряные (вытяжка в модельную среду)	0,001 мг/дм ³
Гигиенический норматив «Показатели безопасности и безвредности материалов, реагентов и оборудования, применяемых в системах питьевого водоснабжения» (ГН 37)	материалы, реагенты и оборудование, применяемые в системах питьевого водоснабжения (вытяжка в модельную среду)	0,001 мг/дм ³

Для атмосферного воздуха населенных мест среднесуточная ПДК кадмия и его неорганических соединений составляет $0,0003 \text{ мг/м}^3$, ОБУВ – $0,00003 \text{ мг/м}^3$, в то время как для воздуха рабочей зоны данный показатель установлен на уровне $0,1 \text{ мг/м}^3$.

ОДК кадмия согласно национальным документам в почве зависит от того, к какой категории по гранулометрическому составу относится почва. Самые строгие требования предъявляются к песчаным и супесчаным почвам – ОДК составляет $0,5 \text{ мг/кг}$. Для кислых почв показатель равен $1,0 \text{ мг/кг}$, а нейтральных и близких к ним – $2,0 \text{ мг/кг}$. ПДК подвижных форм кадмия в почвах различных видов территориальных зон населенных пунктов установлена в пределах $0,5\text{--}3,5 \text{ мг/кг}$. Указанные значения эквивалентны нормативам Российской Федерации.

Основным антропогенным источником накопления кадмия в почве являются удобрения, особенно суперфосфат, куда кадмий входит в качестве примеси. Законодательством в области санитарно-эпидемиологического благополучия человека допустимый уровень содержания кадмия в удобрениях не установлен. Вместе с тем, обращение агрохимикатов не должно приводить к превышению гигиенических нормативов содержания кадмия в почве.

Определенная нормами максимальная концентрация обсуждаемого вещества в питьевой воде составляет $0,001 \text{ мг/дм}^3$, в упакованных природной минеральной воде и купажированной питьевой воде, изготовленной путем смешивания природных минеральных вод – $0,003 \text{ мг/дм}^3$. Для лечебно-столовой и лечебной природной минеральной воды, добываемой из защищенных от техногенного воздействия подземных горизонтов, где водовмещающие породы содержат кадмий в повышенных количествах, допускается уровень содержания кадмия до $0,01 \text{ мг/м}^3$ включительно.

Допустимая концентрация миграции кадмия в модельные среды из пищевой продукции (упаковка, материалы и изделия, контактирующие с пищевой продукцией, продукция, предназначенной для детей и подростков, игрушки, изделия медицинского назначения, медицинская техника и материалы, применяемые для их изготовления, материалы, реагенты и оборудование, применяемые в системах питьевого водоснабжения) регламентирована на уровне $0,001 \text{ мг/дм}^3$. Для детской посуды действует нулевая толерантность на выделения данного металла – его не должно быть в пределах чувствительности метода.

Санитарно-гигиенические нормативы кадмия, выделяющегося в модельную среду из стекла, фарфора, фаянса, керамики и изделий из них, контактирующих пищевой

продукцией, зависят от типа посуды, упаковки и установлены в пределах $0,07 \text{ дм/м}^2$, $0,05\text{--}0,5 \text{ дм/м}^3$.

Уровень миграции солей кадмия (в соляную кислоту) из любых материалов игрушки, кроме формующихся масс и красок, наносимых пальцами, не должен превышать 75 мг/кг , из формующихся масс и красок, наносимых пальцами – 50 мг/кг .

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

**Характеристика методов, включенных в перечни взаимосвязанных стандартов
к техническим регламентам Таможенного Союза /
Евразийского экономического союза**

Таблица Б.1 – Характеристика методов, включенных в перечни взаимосвязанных стандартов к техническим регламентам Таможенного Союза / Евразийского экономического союза

ТНПА, устанавливающий метод определения кадмия	ТР ТС, в перечень взаимосвязанных стандартов которого включен ТНПА	Группа продукции, на которую распространяется ТНПА	Метод определения	Способ минерализации (пробоподготовки)	Нижняя граница диапазона определяемых концентраций	Распространение ТНПА на семечки подсолнечника, халву, козинаки
1	2	3	4	5	6	7
ГОСТ 26933-86 Сырье и продукты пищевые. Методы определения кадмия	ТР ТС 015	пищевое сырье, продукты	полярографирование в режиме переменного тока	сухая минерализация (озоление)	0,002 мкг/мл	+
	ТР ТС 021					
	ТР ТС 029					
	ТР ТС 033					
	ТР ТС 034					
ГОСТ 30178-96 Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов	ТР ТС 015	пищевое сырье, продукты	пламенная атомная абсорбция	по ГОСТ 26929-94 сухое или мокрое озоление	0,01 млн ⁻¹	+
	ТР ТС 021					
	ТР ТС 029					
	ТР ТС 033					
	ТР ТС 034					
ГОСТ 30538-97 Продукты пищевые. Методика определения токсичных элементов атомно-эмиссионным методом	ТР ТС 015	пищевое сырье, готовые продукты	атомно-эмиссионный метод	сухое озоление	0,002 мг/кг	+
	ТР ТС 021					
	ТР ТС 029					
	ТР ТС 033					
	ТР ТС 034					
ГОСТ 31866-2012 Вода питьевая. Определение содержания элементов методом инверсионной вольтамперометрии	ТР ТС 021	питьевая вода, включая минеральную, вода поверхностных и подземных источников	метод инверсионной вольтамперометрии	подготовка проб с помощью ультрафиолетового облучения упаривание	0,0001 мг/л	–

Продолжение таблицы Б.1

1	2	3	4	5	6	7
ГОСТ 31870-2012 Вода питьевая. Определение содержания элементов методами атомной спектromетрии	ТР ТС 021	питьевые, в том числе расфасованные в емкости, и природные (поверхностные и подземные) воды	метод атомно-абсорбционной спектromетрии с электротермической атомизацией	-	0,0001 мг/л	-
			метод атомно-эмиссионной спектromетрии с индуктивно связанной плазмой	-	0,0001 мг/л	
ГОСТ 33426-2015 Мясо и мясные продукты. Определение свинца и кадмия методом электротермической атомно-абсорбционной спектromетрии	ТР ТС 021	все виды мяса, включая мясо птицы, мясные и мясосодержащие продукты	метод электротермической атомно-абсорбционной спектromетрии	минерализация в графитовой печи	0,001 мг/кг	-
	ТР ТС 034					
ГОСТ 33824-2016 Продукты пищевые и продовольственное сырье. Инверсионно-вольтамперометрический метод определения содержания токсичных элементов (кадмия, свинца, меди и цинка)	ТР ТС 021	пищевые продукты и продовольственное сырье	инверсионно-вольтамперометрический метод	сочетание «мокрой» минерализации и «сухого» озоления; минерализация по ГОСТ 26929-94	все продукты, кроме молока, напитков 0,002 мг/кг (мг/л)	+
	ТР ТС 029				молоко, молочные продукты 0,0015 мг/кг (мг/л)	
	ТР ТС 034				напитки 0,001 мг/кг (мг/л)	

Продолжение таблицы Б.1

1	2	3	4	5	6	7
ГОСТ 34141-2017 Продукты пищевые, корма, продовольственное сырье. Метод определения массовой доли мышьяка, кадмия, ртути и свинца с помощью масс-спектрометрии с индуктивно-связанной аргонной плазмой	ТР ТС 021	пищевые продукты и продовольственное сырье: мясо (все виды животных), в том числе мясо птицы, субпродукты, молоко, молочные продукты, в том числе сыр, рыбу, нерыбные объекты, мед, корма, кормовые добавки	метод масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой	минерализации по ГОСТ 31671-2012	0,005 млн ⁻¹	–
ГОСТ EN 14083-2013 Продукты пищевые. Определение следовых элементов. Определение свинца, кадмия, хрома и молибдена с помощью атомно-абсорбционной спектрометрии с атомизацией в графитовой печи с предварительной минерализацией пробы при повышенном давлении	ТР ТС 021	пищевые продукты	метод атомно-абсорбционной спектрометрии	минерализация пробы при повышенном давлении	в анализ. растворе 0,0004 мг/л в продукте 0,004 мг/кг	+
	ТР ТС 029					
	ТР ТС 033					
	ТР ТС 034					
ГОСТ EN 14084-2014 Продукты пищевые. Определение следовых элементов. Определение содержания свинца, кадмия, цинка, меди и железа с помощью атомной абсорбционной спектрометрии после микроволнового разложения	ТР ТС 021	пищевые продукты, кроме масел, жиров и других продуктов с высоким содержанием жира	метод атомно-абсорбционной спектрометрии	микроволнового разложения	Оценка по EN 13804	+
	ТР ТС 029					
	ТР ТС 033					
	ТР ТС 034					
ГОСТ Р 51301-99 Продукты пищевые и продовольственное сырье. Инверсионно-вольтамперометрические методы определения содержания токсичных элементов (кадмия, свинца, меди и цинка)	ТР ТС 015	пищевые продукты и продовольственное сырье	метод инверсионной вольтамперометрии	минерализация по ГОСТ 26929-94	все продукты, кроме напитков 0,002 мг/кг (мг/л)	+
	ТР ТС 033				напитки 0,001 мг/кг (мг/л)	

Продолжение таблицы Б.1

1	2	3	4	5	6	7
ГОСТ Р 51823-2011 Алкогольная продукция и сырье для ее производства. Метод инверсионно-вольтамперометрического определения содержания кадмия, свинца, цинка, меди, мышьяка, ртути, железа и общего диоксида серы	ТР ТС 021	алкогольная продукция, сырье	Инверсионно-вольтамперометрический метод	минерализация по ГОСТ 26929-94	0,001 мл/л	–
СТ РК 2350-2013 Продукты пищевые, продовольственное сырье, корма для животных. Определение содержания кадмия, свинца, мышьяка, ртути, хрома атомно-абсорбционным методом с электротермической атомизацией	ТР ТС 029	мясо и мясопродукты, рыба и рыбопродукты, молоко и молочные продукты, зерно, мукомольно-крупяные и хлебобулочные изделия, плодоовощная продукция (в том числе чай, кофе, соки и соковая продукция), сахар и кондитерские изделия (в том числе шоколад), соль, биологически активные добавки, консервы, корма, комбикорм и сырье для их производства	атомно-абсорбционного метода с электротермической атомизацией	«сухое» озоление; «мокрая» минерализация	0,01 млн ⁻¹	–
СТ РК EN 14082-2013 Пищевые продукты. Определение трассирующих элементов. Определение содержания свинца, кадмия, цинка, меди, железа и хрома спектрометрическим методом атомной абсорбции после сухого озоления	ТР ТС 034	различные типы пищевых продуктов, включающих составную пищу, крупы, рыбу, фрукты, печень и молоко	метод атомной абсорбции	сухое озоление	–	+

Продолжение таблицы Б.1

1	2	3	4	5	6	7
СТ РК ГОСТ Р 51301-2005 Продукты пищевые и продовольственное сырье. Инверсионно-вольтамперометрические методы определения содержания токсичных элементов (кадмий, свинец, медь, цинк)	ТР ТС 015	пищевые продукты и продовольственное сырье	метод инверсионной вольтамперометрии	минерализация по ГОСТ 26929-94	все продукты, напитков 0,002 мг/кг (мг/л)	+
	ТР ТС 021					
	ТР ТС 029				напитки 0,001 мг/кг (мг/л)	
СТБ 1313-2002 Продукты пищевые и сырье продовольственное. Методика определения содержания токсичных элементов цинка, кадмия, свинца, меди методом инверсионной вольтамперометрии на анализаторах типа ГА	ТР ТС 021	пищевые продукты, продовольственное сырье	метод инверсионной вольтамперометрии	метод кислотной экстракции с последующей полной минерализацией по ГОСТ 26929-94	0,0015 мг/кг	+
	ТР ТС 029					
	ТР ТС 033					
	ТР ТС 034					
СТБ 1314-2002 Молоко и молочные продукты. Методика определения содержания токсичных элементов цинка, кадмия, свинца и меди методом инверсионной вольтамперометрии на анализаторах типа ГА	ТР ТС 021	молоко и молочные продукты	метод инверсионной вольтамперометрии	озоление	0,005 мг/кг	-
	ТР ТС 033					
СТБ EN 14082-2014 Продукты пищевые. Определение следовых элементов. Определение содержания свинца, кадмия, цинка, меди, железа и хрома с помощью атомно-абсорбционной спектроскопии (ААС) после сухого озоления	ТР ТС 015	пищевые продукты	метод атомно-абсорбционной спектроскопии	сухое озоление	оценка по EN 13804	+
	ТР ТС 021					
	ТР ТС 034					

Продолжение таблицы Б.1

1	2	3	4	5	6	7
СТБ EN 15763-2015 Продукция пищевая. Определение следовых элементов. Определение мышьяка, кадмия, ртути и свинца в пищевой продукции методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ИСП-МС) после минерализации под давлением	ТР ТС 021	пищевые продукты	метод масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой	минерализация под давлением	0,03 мг/кг	+
	ТР ТС 033					
	ТР ТС 034					
М 04-64-2017 Продукты пищевые и сырье продовольственное. Корма, комбикорма и сырье для их производства. Методика измерений массовой доли кадмия, мышьяка, олова, ртути, свинца, хрома методом атомно-абсорбционной спектроскопии с использованием атомно-абсорбционного спектрометра с электротермической атомизацией модификаций МГА-915, МГА-915М, МГА-915МД, МГА-1000 (свидетельство об аттестации № 05.04.013/RA.RU.311278/2017 от 17.04.2017, номер в реестре ФР.1.31.2017.27026)	ТР ТС 021	продукты пищевые и сырье продовольственное. Корма, комбикорма и сырье для их производства.	метод атомно-абсорбционной спектроскопии	–	–	–
МВИ.МН 1792-2002 Методика выполнения измерений концентраций элементов в жидких пробах на спектрометре ARL 3410+ (свидетельство об аттестации № 253/2002 от 16.09.2002)	ТР ТС 021	жидкие образцы сырья и продуктов пищевых, полученных по ГОСТ 26929-94	метод атомно-эмиссионной спектроскопии	минерализация по ГОСТ 26929-94	0,0027 мг/л	–

Продолжение таблицы Б.1

1	2	3	4	5	6	7
МВИ.МН 5680-2016 Определение содержания токсичных элементов в масличном сырье и жировых продуктах с использованием атомно-эмиссионной спектromетрии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-АЭС) (свидетельство об аттестации № 977/2016 от 12.10.2016)	ТР ТС 021	масличное сырье и масложировая продукция	метод атомно-эмиссионной спектromетрии с индуктивно-связанной плазмой	микроволновое или автоклавное разложении	0,050 мг/кг	–
МВИ.МН 5729-2016 Определение хрома, железа, никеля, меди, цинка в пищевых продуктах и сырье методом масс-спектротметрии с индуктивно-связанной плазмой. Методика выполнения измерений (свидетельство об аттестации № 997/2016 от 23.12.2016)	ТР ТС 021	пищевые продукты и сырье	метод масс-спектротметрии с индуктивно-связанной плазмой	–	–	–

Таблица Б.2 – Характеристика методов, используемых лабораториями уполномоченных органов в области санитарно-эпидемиологического благополучия населения, для определения кадмия в семенах и ядре подсолнечника и продукции, изготовленных с их использованием

Испытательная лаборатория	Продукция	Метод определения	ПО, мг/кг(л)	ПКО, мг/кг(л)	Наличие валидации ТНПА	Категория продуктов в ТНПА, к которой относят семена подсолнечника	Исследуются очищенные/ не очищенные семена подсолнечника	Категория продуктов в ТНПА, к которой относят халву, козинаки	Способ минерализации (пробо-подготовки)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Государственное учреждение «Республиканский центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья» Санитарно-гигиеническая лаборатория	семена подсолнечника	ГОСТ 30178-96	0,0009	0,003	-	Зерно	очищенные	-	сухое озоление
	ядра подсолнечника	ГОСТ 30178-96	0,0009	0,003	-		-		
	халва	ГОСТ 30178-96	0,0015	0,005	-	-	-	Сахар, кондитерские изделия	
	козинаки	ГОСТ 30178-96	0,0015	0,005	-		-		
	семена подсолнечника	ГОСТ EN 14083-2013	0,00003	0,0015	-	Зерно	очищенные	-	кислотная при повышенном давлении
	ядра подсолнечника	ГОСТ EN 14083-2013	0,00003	0,0015	-		-		
	халва	ГОСТ EN 14083-2013	0,00003	0,0015	-	-	-	Сахар, кондитерские изделия	
	козинаки	ГОСТ EN 14083-2013	0,00003	0,0015	-		-		
	семена подсолнечника	ГОСТ EN 14084-2014	0,00003	0,0015	-	Зерно	очищенные	-	кислотная при повышенном давлении
	ядра подсолнечника	ГОСТ EN 14084-2014	0,00003	0,0015	-		-		
халва	ГОСТ EN 14084-2014	0,00003	0,0015	-	-	-	Сахар, кондитерские изделия		
козинаки	ГОСТ EN 14084-2014	0,00003	0,0015	-		-			
Государственное учреждение «Минский городской центр гигиены и эпидемиологии» Лаборатория гигиены питания СГЛ	семена подсолнечника	ГОСТ 30178-96	0,001	0,01	+	Зерно	очищенные	-	сухая минерализация
	ядра подсолнечника	ГОСТ 30178-96	0,001	0,01	+		-		
	халва	ГОСТ 30178-96	0,001	0,01	+	-	-	Сахар, кондитерские изделия	
	козинаки	ГОСТ 30178-96	0,001	0,01	+		-		

Продолжение таблицы Б.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Государственное учреждение «Минский областной центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья»	семена подсолнечника	ГОСТ 30178-96	0,001	0,001	+	семена масличных культур	очищенные	-	ГОСТ 31671-2012
	ядро подсолнечника	ГОСТ 30178-96	0,001	0,001	+		-		
	халва	ГОСТ 30178-96	0,001	0,001	+	-	-	кондитерские изделия	
	козинаки	ГОСТ 30178-96	0,001	0,001	+		-		
Государственное учреждение «Молодечненский зональный центр гигиены и эпидемиологии»	семена подсолнечника	ГОСТ 33824-2016	0,00027	0,003	+	семена масличных культур	-	-	минерализации путем сочетания «мокрой минерализации» и «сухого» озоления
	ядро подсолнечника	ГОСТ 33824-2016	0,00027	0,003	+			-	
	халва	ГОСТ 33824-2016	0,00027	0,003	+	-	-	Сахаристые кондитерские изделия	
	козинаки	ГОСТ 33824-2016	0,00027	0,003	+		-		
Государственное учреждение «Жодинский городской центр гигиены и эпидемиологии» ЛСХТМИ	семена подсолнечника	ГОСТ 33824-2016	0,002	0,002	-	Масличное сырье и жировые продукты	очищенные и не очищенные	-	сухая минерализация
	ядро подсолнечника	ГОСТ 33824-2016	0,002	0,002	-			-	
	халва	ГОСТ 33824-2016	0,002	0,002	-	-	-	Сахар и кондитерские изделия	
	козинаки	ГОСТ 33824-2016	0,002	0,002	-		-		
Государственное учреждение «Воложинский районный центр гигиены и эпидемиологии»	семена подсолнечника	ГОСТ 30538-97	0,01	0,09	+	Масличное сырье и жировые продукты	не очищенные	-	минириализация при 450° С
	халва	ГОСТ 30538-97	0,01	0,05	+		-	-	
	козинаки	ГОСТ 30538-97	0,01	0,05	+		-		
Государственное учреждение «Мядельский районный центр гигиены и эпидемиологии»	семена подсолнечника	ГОСТ 33824-2016	-	0,003	-	масличное сырье и жировые продукты	не очищенные	-	кислотная экстракция с поледующей минерализацией
	ядро подсолнечника	ГОСТ 33824-2016	-	0,003	-			-	
	халва	ГОСТ 33824-2016	-	0,003	-		-	Сахар и кондитерские изделия	сочетание «мокрой минерализации и сухого озоления»
	козинаки	ГОСТ 33824-2016	-	0,003	-		-		
Государственное учреждение	семена подсолнечника	ГОСТ 33824-2016	0,0001	0,003	+	семена масличных культур	очищенные	-	кислотная экстракция

Продолжение таблицы Б.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
«Солигорский зональный центр гигиены и эпидемиологии»	ядра подсолнечника	ГОСТ 33824-2016		0,003	+		-				
	халва	ГОСТ 33824-2016		0,003	+		-			-	сахаристое кондитерское изделие
	козинаки	ГОСТ 33824-2016		0,003	+		-			-	
Государственное учреждение «Слущкий зональный центр гигиены и эпидемиологии»	семена подсолнечника	ГОСТ 33824-2016	0,002	0,0015	-	Масличное сырьё и жировые продукты	очищенные	-	Сухой способ минерализации ГОСТ 26929-94		
	ядра подсолнечника	ГОСТ 33824-2016					-				
	халва	ГОСТ 33824-2016				-	Кондитерские изделия				
	козинаки	ГОСТ 33824-2016				-					
Государственное учреждение «Борисовский зональный центр гигиены и эпидемиологии»	семена подсолнечника	СТБ 1313-2002	0,0015	1,0	-	Семена пищевого мака	Неочищенные	-	СТБ 1313-2002 п.8.5.2.2		
	ядра подсолнечника	СТБ 1313-2002					-				
	халва	СТБ 1313-2002				-	Сахаристые и мучные кондитерские изделия				
	козинаки	СТБ 1313-2002				-					
Государственное учреждение «Гомельский областной центр гигиены эпидемиологии и общественного здоровья»	семена подсолнечника	ГОСТ 30178-96	0,0038 мг/дм ³	0,0128 мг/дм ³	-	Семена масличных культур	очищенные	-	ГОСТ 26929-94 (способ сухой минерализации)		
	ядра подсолнечника	ГОСТ 30178-96					0,0038 мг/дм ³			0,0128 мг/дм ³	-
	халва	ГОСТ 30178-96				0,0038 мг/дм ³	0,0128 мг/дм ³	-		-	Сахаристые кондитерские изделия, восточные сладости, жевательная резинка
	козинаки	ГОСТ 30178-96				0,0038 мг/дм ³	0,0128 мг/дм ³	-		-	
Государственное учреждение «Речицкий зональный центр гигиены и эпидемиологии»	семена подсолнечника	ГОСТ 30178-96	0,001 мг/дм ³	0,01 мг/кг	+	Семена масличных культур	очищенные	-	ГОСТ 26929-94 (способ сухой минерализации)		
	ядра подсолнечника	ГОСТ 30178-96					0,001 мг/дм ³			0,01 мг/кг	+
	халва	ГОСТ 30178-96				0,001 мг/дм ³	0,01 мг/кг	+		-	Сахаристые кондитерские

Продолжение таблицы Б.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	козинаки	ГОСТ 30178-96	0,001 мг/дм ³	0,01 мг/кг	+		-	изделия, восточные сладости, жевательная резинка	
Государственное учреждение «Рогачевский районный центр гигиены и эпидемиологии»	семена подсолнечника	ГОСТ 30178-96	0,001 мг/кг	0,002 мг/кг	-	Семена масличных культур	неочищенные	-	ГОСТ 26929-94 (способ сухой минерализации)
	козинаки	ГОСТ 30178-96	0,001 мг/кг	0,002 мг/кг	-	-	-	Сахаристые кондитерские изделия, восточные сладости, жевательная резинка	
Государственное учреждение «Светлогорский зональный центр гигиены и эпидемиологии»	семена подсолнечника	ГОСТ 30178-96	0,001 мг/кг	0,002 мг/кг	-	Семена масличных культур (подсолнечника, сои, хлопчатника, кукурузы, льна, горчицы, рапса, арахиса, пищевого мака и других)	неочищенные	-	ГОСТ 26929-94 (способ сухой минерализации)
	ядра подсолнечника	ГОСТ 30178-96	0,001 мг/кг	0,002 мг/кг	-		-	-	
	халва	ГОСТ 30178-96	0,001 мг/кг	0,002 мг/кг	-	-	-	Сахаристые кондитерские изделия, восточные сладости, жевательная резинка	
	козинаки	ГОСТ 30178-96	0,001 мг/кг	0,002 мг/кг	-	-	-		
Государственное учреждение «Мозырский зональный центр гигиены и эпидемиологии»	семена подсолнечника	ГОСТ 30178-96	0,0040 мг/дм ³	0,0133 мг/дм ³	-	Семена масличных культур (подсолнечника, сои, хлопчатника, кукурузы, льна, горчицы, рапса, арахиса, пищевого мака и других)	очищенные	-	ГОСТ 26929-94 (способ сухой минерализации)
	ядра подсолнечника	ГОСТ 30178-96	0,0040 мг/дм ³	0,0133 мг/дм ³	-		-	-	

Продолжение таблицы Б.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	халва	ГОСТ 30178-96	0,0040 мг/дм ³	0,0133 мг/дм ³	-	-	-	Сахаристые кондитерские изделия	
	козинаки	ГОСТ 30178-96	0,0040 мг/дм ³	0,0133 мг/дм ³	-		-		
Государственное учреждение «Витебский областной центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья» Лаборатория санитарно-химических и токсикологических методов исследований лабораторного отдела	семена подсолнечника	ГОСТ 30178-96	-	-	+	Масличные культуры (подсолнечник, соя, хлопчатник, лен, рапс, горчица, кунжут, арахис)	очищенные	-	сухая минерализация
	ядра подсолнечника	ГОСТ 30178-96	-	-	+	Для семян подсолнечника, предназначенных для употребления в пищу	-	-	
						Для семян подсолнечника, предназначенных для промышленной переработки на масло подсолнечное			
	халва	ГОСТ 30178-96	-	-	-	-	-	Сахаристые и мучные кондитерские изделия	
козинаки	ГОСТ 30178-96	-	-	-					
Государственное учреждение «Полоцкий зональный центр гигиены и эпидемиологии» ЛСХТМИ	семена подсолнечника	СТБ 1313-2002	0,0015	-	-	масличное сырье	-	-	сухая минерализация
	ядра подсолнечника	СТБ 1313-2003	0,0015	-	-		-		
	халва	СТБ 1313-2002	0,0015	-	-	-	Сахар и кондитерские		
	козинаки	СТБ 1313-2002	0,0015	-	-	-			
Государственное учреждение «Глубокский районный центр гигиены и эпидемиологии» лабораторный отдел	семена подсолнечника	СТБ 1313-2002	0,0094	1	+	масличное сырье	очищенные	-	сухая минерализация
	ядра подсолнечника	СТБ 1313-2003	0,018	1	+		-		
	халва	СТБ 1313-2002	0,013	1	+	-	-		

Продолжение таблицы Б.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
	козинаки	СТБ 1313-2002	0,028	1	+		-	кондитерские изделия			
Государственное учреждение «Брестский областной центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья»	семена подсолнечника	ГОСТ 30178-96	0,025	0,025	-	семена масличных культур	очищенные	-	сухая минерализация		
		ГОСТ EN 14083-2013	0,0025	0,0025	+		очищенные		микроволновое разложение		
		СТБ EN 14082-2014	0,00015	0,00015	+		очищенные		сухая минерализация		
	ядра подсолнечника	ГОСТ 30178-96	0,025	0,025	-		-		сухая минерализация		
		ГОСТ EN 14083-2013	0,0025	0,0025	+		-		микроволновое разложение		
		СТБ EN 14082-2014	0,00015	0,00015	+		-		сухая минерализация		
	халва	ГОСТ 30178-96	0,05	0,05	-	-	-	сахаристые кондитерские изделия	сухая минерализация		
		ГОСТ EN 14083-2013	0,0025	0,0025	+		-		микроволновое разложение		
		СТБ EN 14082-2014	0,00015	0,00015	+		-		сухая минерализация		
	козинаки	ГОСТ 30178-96	0,05	0,05	-		-		сухая минерализация		
		ГОСТ EN 14083-2013	0,0025	0,0025	+		-		микроволновое разложение		
		СТБ EN 14082-2014	0,00015	0,00015	+		-		сухая минерализация		
Государственное учреждение «Барановичский зональный центр гигиены и эпидемиологии»	семена подсолнечника	ГОСТ 30178-96	0,001	0,001	+		семена масличных культур		очищенные	-	сухая минерализация
	ядра подсолнечника	ГОСТ 30178-96	0,001	0,001	-				-		
	халва	ГОСТ 30178-96	0,001	0,001	-		-		-	сахаристые кондитерские изделия	
	козинаки	ГОСТ 30178-96	0,001	0,001	-	-					
Государственное учреждение «Пинский зональный центр гигиены и эпидемиологии»	семена подсолнечника	ГОСТ 30178-96	0,025	0,025	-	семена масличных культур	очищенные	-	сухая минерализация		
	ядра подсолнечника	ГОСТ 30178-96	0,025	0,025	-		-				
	халва	ГОСТ 30178-96	0,05	0,05	-	-	-				

Продолжение таблицы Б.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	козинаки	ГОСТ 30178-96	0,05	0,05	-		-	сахаристые кондитерские изделия	
Государственное учреждение «Кобринский зональный центр гигиены и эпидемиологии»	семена подсолнечника	ГОСТ 33824-2016	0,003	0,003	-	семена масличных культур	очищенные	-	сухая минерализация
	ядра подсолнечника	ГОСТ 33824-2016	0,003	0,003	-		-		
	халва	ГОСТ 33824-2016	0,003	0,003	-	-	-	сахаристые кондитерские изделия	
	козинаки	ГОСТ 33824-2016	0,003	0,003	-	-	-	сахаристые кондитерские изделия	
Государственное учреждение «Берёзовский районный центр гигиены и эпидемиологии»	семена подсолнечника	ГОСТ 33824-2016	0,003	0,003	-	семена масличных культур	очищенные	-	сухая минерализация
	ядра подсолнечника	ГОСТ 33824-2016	0,003	0,003	-		-		
	халва	ГОСТ 33824-2016	0,003	0,003	-	-	-	сахаристые кондитерские изделия	
	козинаки	ГОСТ 33824-2016	0,003	0,003	-	-	-	сахаристые кондитерские изделия	
Государственное учреждение «Ивацевичский районный центр гигиены и эпидемиологии»	семена подсолнечника	ГОСТ 33824-2016	0,003	0,003	-	семена масличных культур	очищенные	-	сухая минерализация
	ядра подсолнечника	ГОСТ 33824-2016	0,003	0,003	-		-		
	халва	ГОСТ 33824-2016	0,003	0,003	-	-	-	сахаристые кондитерские изделия	
	козинаки	ГОСТ 33824-2016	0,003	0,003	-	-	-	сахаристые кондитерские изделия	
Учреждение здравоохранения «Могилевский областной центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья»	семена подсолнечника	ГОСТ 30178-96	0,0055	0,01 при навеске 10 г и более	+	Зерно и продукты его переработки	очищенные	-	сухая минерализация
	ядра подсолнечника	ГОСТ 30178-96	0,0055		+		-		
	халва	ГОСТ 30178-96	0,0055		+	-	-	Кондитерские изделия	
	козинаки	ГОСТ 30178-96	0,0055		+	-	-	Кондитерские изделия	
Учреждение здравоохранения «Бобруйский зональный центр гигиены и эпидемиологии»	ядра подсолнечника	СТБ 1313-2002	-	0,0015	-	Зерно и продукты его переработки	очищенные	-	озоление
	халва	СТБ 1313-2003	-	0,0015	-		-	-	

Продолжение таблицы Б.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	козинаки	СТБ 1313-2004	-	0,0015	-		-		
Государственное учреждение «Гродненский областной центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья»	семена подсолнечника	ГОСТ 30178-96	0,005 мкг/мл	0,018 мкг/мл	-	Зерно и продукты его переработки	очищенные	-	способ сухой минерализации по ГОСТ 26929-94
	ядра подсолнечника	ГОСТ 30178-96	0,005 мкг/мл	0,018 мкг/мл	-		-		
	халва	ГОСТ 30178-96	0,005 мкг/мл	0,018 мкг/мл	-	-	-	Кондитерские изделия	
	козинаки	ГОСТ 30178-96	0,005 мкг/мл	0,018 мкг/мл	-	-	-		
Государственное учреждения «Слонимский зональный центр гигиены и эпидемиологии»	семена подсолнечника	ГОСТ 30178-96	0,002 мкг/мл	0,005 мкг/мл	+	Зерно и продукты его переработки	очищенные	-	способ сухой минерализации по ГОСТ 26929-94
	халва	ГОСТ 30178-96	-	0,005 мкг/мл	+		-	-	
	козинаки	ГОСТ 30178-96	-	0,005 мкг/мл	+	-	-	-	
Государственное учреждение «Новогрудский зональный центр гигиены и эпидемиологии»	семена подсолнечника	ГОСТ 30178-96	-	0,003 мкг/мл	+	Зерно и продукты его переработки	очищенные	-	способ сухой минерализации по ГОСТ 26929-94
	ядра подсолнечника	ГОСТ 30178-96	-	0,003 мкг/мл	+		-	-	
	халва	ГОСТ 30178-96	-	0,003 мкг/мл	+	-	-	Кондитерские изделия	
Государственное учреждение «Сморгонский зональный центр гигиены и эпидемиологии»	семена подсолнечника	ГОСТ 30178-96	-	0,0015 мкг/мл	+	Зерно и продукты его переработки	очищенные	-	способ сухой минерализации по ГОСТ 26929-94
	халва	ГОСТ 30178-96	-	0,0015 мкг/мл	+		-	-	
	козинаки	ГОСТ 30178-96	-	0,0015 мкг/мл	+	-	-	-	
Государственное учреждение «Лидский зональный центр гигиены и эпидемиологии»	семена подсолнечника	ГОСТ 30178-96	0,0007 мкг/мл	0,002 мкг/мл	+	Зерно и продукты его переработки	очищенные	-	способ сухой минерализации по ГОСТ 26929-94
	козинаки	ГОСТ 30178-96	0,0007 мкг/мл	0,002 мкг/мл	+		-	-	

Стандарты, основанные на инверсионно-вольтамперометрических методах:

ГОСТ 31866-2012 «Вода питьевая. Определение содержания элементов методом инверсионной вольтамперометрии» (далее – ГОСТ 31866-2012);

ГОСТ 33824-2016 «Продукты пищевые и продовольственное сырье. Инверсионно-вольтамперометрический метод определения содержания токсичных элементов (кадмия, свинца, меди и цинка)» (далее – ГОСТ 33824-2016);

ГОСТ Р 51823-2011 «Алкогольная продукция и сырье для ее производства. Метод инверсионно-вольтамперометрического определения содержания кадмия, свинца, цинка, меди, мышьяка, ртути, железа и общего диоксида серы» (далее – ГОСТ Р 51823-2011);

СТБ 1313-2002 «Продукты пищевые и сырье продовольственное. Методика определения содержания токсичных элементов цинка, кадмия, свинца, меди методом инверсионной вольтамперометрии на анализаторах типа ТА» (далее – СТБ 1313-2002);

СТБ 1314-2002 Молоко и молочные продукты. Методика определения содержания токсичных элементов цинка, кадмия, свинца и меди методом инверсионной вольтамперометрии на анализаторах типа ТА» (далее – СТБ 1314-2002);

ГОСТ 26933-86 «Сырье и продукты пищевые. Методы определения кадмия» (далее – ГОСТ 26933-86).

Инверсионная вольтамперометрия – современный высокочувствительный и экспрессный метод определения неорганических, органических веществ, пригодный для определения содержания тяжелых металлов, в том числе кадмия, в пищевых продуктах в концентрациях, не превышающих ПДК [102].

Метод инверсионной вольтамперометрии основан на способности элементов электрохимически осаждаться на индикаторном электроде из анализируемого раствора при задаваемом потенциале предельного диффузионного тока в течение заданного времени, а затем растворяться в процессе анодной поляризации при определенном потенциале, характерном для каждого элемента. Аналитические сигналы определяемых элементов регистрируются на вольтамперограмме в виде пиков (максимальные анодные токи) и отражают зависимость силы тока электрохимической реакции ячейки от приложенного напряжения. Значение тока пика прямо пропорционально концентрации определяемого элемента. Массовые концентрации элементов в анализируемом растворе пробы определяют по методу добавок градуировочных растворов определяемых элементов.

Из преимуществ инверсионной вольтамперометрии следует отметить:

низкий предел обнаружения – до 10^{-4} М;

правильность и воспроизводимость, удовлетворительная принятым нормам;

исключение из работы специалиста лаборатории металлической ртути, в сравнении с полярографией [102].

Стандарты, применяемые для определения содержания токсичных элементов в пищевых продуктах разработаны для различных объектов и диапазонов содержания определяемых элементов, включают различные способы подготовки проб.

ГОСТ 33824-2016 распространяется на пищевые продукты и продовольственное сырье, в том числе на ядро подсолнечника, халву, козинаки; пробоподготовка проводится мокрой минерализацией и сухим озолением по ГОСТ 26929-94; диапазоны измерения кадмия для твердых продуктов – 0,003–50,0 мг/кг.

СТБ 1313-2002 распространяется на пищевые продукты и продовольственное сырье, в том числе на ядро подсолнечника, халву, козинаки; пробоподготовка – методом кислотной экстракции с последующей полной минерализацией по ГОСТ 26929-94; диапазоны измерения кадмия 0,0015–1,0 мг/кг.

СТБ 1314-2002 распространяется на молоко и молочные продукты, но не на ядро подсолнечника, халву, козинаки.

ГОСТ 31866-2012 распространяется на питьевую воду, но не на ядро подсолнечника, халву, козинаки.

ГОСТ Р 51823-2011 распространяется на алкогольную продукцию и сырье для ее производства, но не на ядро подсолнечника, халву, козинаки.

В ГОСТ 26933-86 метод определения кадмия основан на сухой минерализации (озолении) пробы с использованием в качестве вспомогательного средства азотной кислоты и количественном определении кадмия полярографированием в режиме переменного тока. Объекты распространения действия стандарта – пищевые продукты и продовольственное сырье; нижний диапазон измерения концентрации кадмия – 0,02 мкг/см³ полярографируемого раствора.

Полярография – разновидность вольтамперометрии с использованием индикаторного микроэлектрода из жидкого металла, поверхность которого периодически или непрерывно обновляется. При этом не происходит длительного накопления продуктов электролиза на поверхности раздела электрод-раствор в электролитической ячейке. Индикаторным электродом в полярографии служит чаще всего ртутный капающий электрод [103].

Стандарты, основанные на методе атомно-абсорбционной спектроскопии (далее – ААС):

ГОСТ 30178-96 «Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов» (далее – ГОСТ 30178-96);

ГОСТ 33426-2015 «Мясо и мясные продукты. Определение свинца и кадмия методом электротермической атомно-абсорбционной спектроскопии» (далее – ГОСТ 30178-96);

ГОСТ EN 14083-2013 «Продукты пищевые. Определение следовых элементов. Определение свинца, кадмия, хрома и молибдена с помощью атомно-абсорбционной спектроскопии с атомизацией в графитовой печи с предварительной минерализацией пробы при повышенном давлении» (далее – ГОСТ EN 14083-2013);

ГОСТ EN 14084-2014 «Продукты пищевые. Определение следовых элементов. Определение содержания свинца, кадмия, цинка, меди и железа с помощью атомно-абсорбционной спектроскопии после микроволнового разложения» (далее – ГОСТ EN 14084-2014);

СТ РК 2350-2013 «Продукты пищевые, продовольственное сырье, корма для животных. Определение содержания кадмия, свинца, мышьяка, ртути, хрома атомно-абсорбционным методом с электротермической атомизацией» (далее – СТ РК 2350-2013);

СТ РК EN 14082-2013 «Пищевые продукты. Определение трассирующих элементов. Определение содержания свинца, кадмия, цинка, меди, железа и хрома спектрометрическим методом атомной абсорбции после сухого озоления» (далее – СТ РК EN 14082-2013);

СТБ EN 14082-2014 «Продукты пищевые. Определение следовых элементов. Определение содержания свинца, кадмия, цинка, меди, железа и хрома с помощью атомно-абсорбционной спектроскопии (ААС) после сухого озоления» (далее – СТБ EN 14082-2014);

ГОСТ 31870-2012 «Вода питьевая. Определение содержания элементов методами атомной спектроскопии», метод 1 (далее – ГОСТ 31870-2012, метод 1).

ААС – это метод количественного элементного анализа, основанный на измерении поглощения электромагнитного излучения свободными атомами в газовой фазе (атомным паром).

Наиболее часто в ААС используется пламенный способ атомизации. Однако, несмотря на хорошие метрологические характеристики и простоту определений, пламя как атомизатор не всегда позволяет проводить определение следов элементов. Недостаточно высокая чувствительность, протекание побочных реакций и необходимость более экономичного расходования проб являются причинами применения электротермических атомизаторов в качестве альтернативы пламени [104].

В настоящее время рассматриваемый метод позволяет определять около 70 элементов Периодической системы (металлов и неметаллов), причем для большей части

элементов отмечены относительно низкие пределы обнаружения: от тысячных до десятых долей мкг/дм³ [105].

Для большинства элементов в пламенной ААС предел обнаружения составляет 10^{-4} – 10^{-6} %. Существенное увеличение чувствительности метода достигается при использовании электротермического атомизатора: предел обнаружения достигает 10^{-7} – 10^{-9} %.

Относительная ошибка определения большинства элементов методом ААС составляет 1–2 %. Метод отличается высокой селективностью и чувствительностью и вследствие этого широко применяется для анализа следов элементов в пищевых продуктах [106].

Электротермическая атомизация (далее – ЭТА) по сравнению с атомизацией в пламени обладает рядом преимуществ: более высокой чувствительностью определения, меньшим объемом анализируемой пробы, возможностью вести измерения испускаемого излучения в вакуумной ультрафиолетовой области, поскольку ряд элементов имеют полосы испускания с $\lambda \sim 100$ нм.

ГОСТ 30178-96 распространяется на пищевое сырье и продукты, метод – ААС в пламени, минерализацию проб проводят способом сухого или мокрого озоления по ГОСТ 26929-94, диапазоны измерения кадмия 0,01–1,0 мг/кг.

ГОСТ EN 14083-2013 применим к пищевым продуктам; метод – ААС-ЭТА; минерализация проб – микроволновое разложение, предел количественного определения кадмия – 0,0004 мг/дм³ (в анализируемом растворе), 0,004 мг/кг – в продукте.

ГОСТ EN 14084-2014 применим к пищевым продуктам, кроме масел, жиров и других продуктов с высоким содержанием жира; метод для кадмия – ААС-ЭТА; микроволновое разложение проб; диапазоны измерения кадмия отсутствуют.

СТ РК 2350-2013 распространяется на мясо и мясопродукты, рыбу и рыбопродукты, молоко и молочные продукты, зерно, мукомольно-крупяные и хлебобулочные изделия, плодоовощную продукцию (в том числе чай, кофе, соки и соковая продукция), сахар и кондитерские изделия (в том числе шоколад), соль, биологически активные добавки, консервы, корма, комбикорма и сырья для их производства; метод – ААС-ЭТА; диапазоны измерения кадмия – 0,01–1,0 мг/кг.

СТ РК EN 14082-2013 и СТБ EN 14082-2014 распространяются на различные типы пищевых продуктов (валидирован для злаков), метод для кадмия – ААС-ЭТА, минерализация проб – сухое озоление, диапазоны измерения кадмия не приведены.

ГОСТ 33426-2015 распространяется на все виды мяса, включая мясо птицы, мясные и мясосодержащие продукты, но не на ядро подсолнечника, халву, козинаки.

ГОСТ 31870-2012, метод 1 (ААС-ЭТА), распространяется на питьевые воды, но не на ядро подсолнечника, халву, козинаки.

Стандарты, основанные на методе атомно-эмиссионной спектроскопии (далее – АЭС):

ГОСТ 30538-97 «Продукты пищевые. Методика определения токсичных элементов атомно-эмиссионным методом» (далее – ГОСТ 30538-97);

ГОСТ 31870-2012 «Вода питьевая. Определение содержания элементов методами атомной спектроскопии» (далее – ГОСТ 31870-2012, метод 2);

МВИ.МН 1792-2002 «Методика выполнения измерений концентраций элементов в жидких пробах на спектрометре ARL 3410+» (свидетельство об аттестации № 253/2002 от 16.09.2002) (далее – МВИ. МН 1792-2002);

МВИ.МН 5680-2016 «Определение содержания токсичных элементов в масличном сырье и жировых продуктах с использованием атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-АЭС)» (свидетельство об аттестации № 977/2016 от 12.10.2016) (далее – МВИ.МН 5680-2016).

АЭС – метод качественного и количественного элементного анализа, основанный на измерении интенсивности электромагнитного излучения оптического диапазона, испускаемого термически возбужденными свободными атомами [107]. Спектр излучения для атомов каждого элемента характеризуется строгой индивидуальностью, а интенсивность излучения находится в зависимости от концентрации элемента. Таким образом, по спектру идентифицируют элемент, а по интенсивности испускаемого излучения проводят его количественное определение в исследуемой пробе. Рассматриваемый метод обладает хорошими метрологическими характеристиками, в том числе высокой чувствительностью при возможности одновременного определения 20–40 элементов [108].

АЭС – метод элементного анализа, основанный на изучении спектров испускания свободных атомов и ионов в газовой фазе в области длин волн 150–800 нм. Пробу исследуемого вещества вводят в источник излучения, где происходят ее испарение, диссоциация молекул и возбуждение образовавшихся атомов (ионов). Последние испускают характеристическое излучение, которое поступает в регистрирующее устройство спектрального прибора.

Атомно-эмиссионная спектроскопия с индуктивно связанной плазмой (АЭС-ИСП) представляет собой метод атомно-эмиссионной спектроскопии, в котором в качестве атомизатора – источника возбуждения, ионизации атомов, используется индуктивно-связанная плазма (ИСП) [109].

Главными достоинствами АЭС с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-АЭС) являются стабильность работы, воспроизводимость условий возбуждения, возможность определения тугоплавких элементов (например, бора), низкий уровень самопоглощения, а также широкий диапазон определяемых концентраций [107]. Однако в ряде случаев сдерживающим фактором применения данного метода выступает высокая стоимость оборудования и аргона высокой чистоты [110].

ГОСТ 30538-97 распространяется на пищевое сырье и готовые продукты (в т. ч. зерно и продукты его переработки, сахар и кондитерские изделия, орехи), метод – АЭС, минерализацию проб проводят способом сухого озоления, диапазоны измерения кадмия 0,002–4,0 мг/кг.

МВИ.МН 5680-2016 распространяется на масличное сырье и масложировые продукты; метод – АЭС-ИСП; минерализация – микроволновая либо автоклавная; диапазоны измерения кадмия – 0,05–1,25 мг/кг.

МВИ. МН 1792-2002 распространяется на жидкие образцы, но не на ядро подсолнечника, халву, козинаки.

ГОСТ 31870-2012, метод 2 (АЭС-ИСП), распространяется на питьевые воды, но не на ядро подсолнечника, халву, козинаки.

Стандарты, основанные на методе масс-спектрометрии с индуктивно-связанной аргоновой плазмой (далее – ИСП-МС):

ГОСТ 34141-2017 «Продукты пищевые, корма, продовольственное сырье. Метод определения массовой доли мышьяка, кадмия, ртути и свинца с помощью масс-спектрометрии с индуктивно-связанной аргоновой плазмой» (далее – ГОСТ 34141-2017);

СТБ EN 15763-2015 «Продукция пищевая. Определение следовых элементов. Определение мышьяка, кадмия, ртути и свинца в пищевой продукции методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ИСП-МС) после минерализации под давлением» (далее – СТБ EN 15763-2015).

Метод ИСП-МС основан на использовании индуктивно-связанной плазмы в качестве источника ионов и масс-спектрометра для их разделения и детектирования. В аналитической химии ИСП-МС заняла место чрезвычайно быстрого, эффективного и высокочувствительного метода количественного одновременного определения многих элементов в концентрациях до 10^{-10} %, т. е. одна частица из 10^{12} .

ГОСТ 34141-2017 распространяется на пищевые продукты и продовольственное сырье: мясо (все виды животных), в том числе мясо птицы, субпродукты, молоко, молочные продукты, в том числе сыр, рыбу, нерыбные объекты, мед, корма, кормовые добавки;

минерализация – микроволновая; диапазон измерений для кадмия – 0,005–100,0 мг/кг).

СТБ EN 15763-2015 распространяется на пищевые продукты; минерализация – микроволновая; диапазоны измерений для кадмия 0,03–28,3 мг/кг.

ПРИЛОЖЕНИЕ В

**Наличие в стандартах информации об особенностях пробоподготовки семечек
подсолнуха**

Таблица В.1 – Наличие в стандартах информации об особенностях пробоподготовки семян подсолнечника

№	Наименование стандарта	Наличие информации о пробоподготовке в очищенных семечках подсолнечника
1	2	3
1	ГОСТ 31866-2012 «Вода питьевая. Определение содержания элементов методом инверсионной вольтамперометрии»	не содержит
2	ГОСТ 33824-2016 «Продукты пищевые и продовольственное сырье. Инверсионно-вольтамперометрический метод определения содержания токсичных элементов (кадмия, свинца, меди и цинка)»	– // –
3	ГОСТ Р 51823-2011 «Алкогольная продукция и сырье для ее производства. Метод инверсионно-вольтамперометрического определения содержания кадмия, свинца, цинка, меди, мышьяка, ртути, железа и общего диоксида серы»	– // –
4	СТБ 1313-2002 «Продукты пищевые и сырье продовольственное. Методика определения содержания токсичных элементов цинка, кадмия, свинца, меди методом инверсионной вольтамперометрии на анализаторах типа ТА»	– // –
5	СТБ 1314-2002 Молоко и молочные продукты. Методика определения содержания токсичных элементов цинка, кадмия, свинца и меди методом инверсионной вольтамперометрии на анализаторах типа ТА»	– // –
6	ГОСТ 26933-86 «Сырье и продукты пищевые. Методы определения кадмия»	– // –
7	ГОСТ 30178-96 «Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов»	– // –
8	ГОСТ 33426-2015 «Мясо и мясные продукты. Определение свинца и кадмия методом электротермической атомно-абсорбционной спектроскопии»	– // –
9	ГОСТ EN 14083-2013 «Продукты пищевые. Определение следовых элементов. Определение свинца, кадмия, хрома и молибдена с помощью атомно-абсорбционной спектроскопии с атомизацией в графитовой печи с предварительной минерализацией пробы при повышенном давлении»	содержит

Продолжение таблицы В.1

1	2	3
10	ГОСТ EN 14084-2014 «Продукты пищевые. Определение следовых элементов. Определение содержания свинца, кадмия, цинка, меди и железа с помощью атомной абсорбционной спектроскопии после микроволнового разложения»	– // –
11	СТ РК 2350-2013 «Продукты пищевые, продовольственное сырье, корма для животных. Определение содержания кадмия, свинца, мышьяка, ртути, хрома атомно-абсорбционным методом с электротермической атомизацией»	не содержит
12	СТ РК EN 14082-2013 «Пищевые продукты. Определение траассирующих элементов. Определение содержания свинца, кадмия, цинка, меди, железа и хрома спектрометрическим методом атомной абсорбции после сухого озоления»	содержит
13	СТБ EN 14082-2014 «Продукты пищевые. Определение следовых элементов. Определение содержания свинца, кадмия, цинка, меди, железа и хрома с помощью атомно-абсорбционной спектроскопии (ААС) после сухого озоления»	– // –
14	ГОСТ 31870-2012 «Вода питьевая. Определение содержания элементов методами атомной спектроскопии», метод 1, 2	не содержит
15	ГОСТ 30538-97 «Продукты пищевые. Методика определения токсичных элементов атомно-эмиссионным методом»	– // –
16	МВИ. МН 1792-2002 «Методика выполнения измерений концентраций элементов в жидких пробах на спектрометре ARL 3410+» (свидетельство об аттестации № 253/2002 от 16.09.2002)	– // –
17	МВИ.МН 5680-2016 «Определение содержания токсичных элементов в масличном сырье и жировых продуктах с использованием атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-АЭС)» (свидетельство об аттестации № 977/2016 от 12.10.2016)	– // –
18	ГОСТ 34141-2017 «Продукты пищевые, корма, продовольственное сырье. Метод определения массовой доли мышьяка, кадмия, ртути и свинца с помощью масс-спектрометрии с индуктивно-связанной аргонной плазмой»	не содержит
19	СТБ EN 15763-2015 «Продукция пищевая. Определение следовых элементов. Определение мышьяка, кадмия, ртути и свинца в пищевой продукции методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ИСП-МС) после минерализации под давлением»	содержит

В ГОСТ EN 14084-2014 «Продукты пищевые. Определение следовых элементов. Определение содержания свинца, кадмия, цинка, меди и железа с помощью атомной абсорбционной спектроскопии после микроволнового разложения», СТ РК EN 14082-2013 «Пищевые продукты. Определение трассирующих элементов. Определение содержания свинца, кадмия, цинка, меди, железа и хрома спектрометрическим методом атомной абсорбции после сухого озоления» и СТБ EN 14082-2014 «Продукты пищевые. Определение следовых элементов. Определение содержания свинца, кадмия, цинка, меди, железа и хрома с помощью атомно-абсорбционной спектроскопии (ААС) после сухого озоления» содержат ссылку на пробоподготовку по ГОСТ EN 13804-2014 «Продукты пищевые. Определение следовых элементов. Критерии эффективности методик выполнения измерений, общие положения и способы подготовки проб». В указанном ГОСТ представлено определение подготовки проб (п. 3.23):

3.23 подготовка проб (sample preparation): Операции, проводимые с лабораторной пробой с целью получения аналитической пробы. Например, выделение *съедобной части* (мойка, очистка, удаление минеральных видимых примесей, удаление внешних несъедобных оболочек) при необходимости – гомогенизация, высушивание или сублимационная сушка;

процедуру подготовки проб – в п. 6.4:

6.4 Процедура подготовки проб

6.4.1 Общие положения

При анализе следовых элементов для испытания используют только съедобную часть продукта, и результаты испытания относят только к этой части. Для подготовки аналитической пробы необходимо использовать не менее 200 г *съедобной части* лабораторной пробы. При этом удаляют части продукта, обычно не используемые в пищу, например, внешние кроющиеся листья, скорлупу, кожу, кости.

6.4.2 Подготовка проб некоторых пищевых продуктов

Процедуры подготовки проб некоторых пищевых продуктов приведены в таблице В.2.

Таблица В.2 – Процедуры подготовки проб некоторых пищевых продуктов

Пищевой продукт	Способ подготовки проб
Зерновые продукты	Съедобное зерно отделяют от мякины. Если возможно, пробу перемалывают до получения частиц размером менее 300 микрон в соответствии с 6.4.3
Зернобобовые, масличные семена, орехи	Удаляют плоды с признаками порчи и посторонние примеси. У орехов удаляют скорлупу

ГОСТ EN 14083-2013 «Продукты пищевые. Определение следовых элементов. Определение свинца, кадмия, хрома и молибдена с помощью атомно-абсорбционной спектроскопии с атомизацией в графитовой печи с предварительной минерализацией пробы при повышенном давлении» и СТБ EN 15763-2015 «Продукция пищевая. Определение следовых элементов. Определение мышьяка, кадмия, ртути и свинца в пищевой продукции методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ИСП-МС) после минерализации под давлением» делают ссылку в части пробоподготовки на EN 13805, в котором также есть ссылка на вышеуказанный ГОСТ EN 13804-2014.

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Состав минеральных веществ семян подсолнечника и подсолнечного масла.

Описание технологии производства халвы из подсолнечника и козинаков

Таблица Г.1 – Состав минеральных веществ семян подсолнечника и подсолнечного масла [23]

Минеральное вещество	Семена подсолнечника, мг/кг	Подсолнечное масло, мг/кг
Литий (Li)	1,80 ± 0,01	0,20 ± 0,01
Бериллий (Be)	20,89 ± 0,14	0,72 ± 0,03
Магний (Mg)	3,89 ± 0,24	3,44 ± 0,15
Кальций (Ca)	573,02 ± 4,73	–
Титан (Ti)	7,04 ± 0,25	0,03 ± 0,0
Хром (Cr)	35,70 ± 0,1	0,50 ± 0,01
Магний (Mn)	36,91 ± 0,38	0,78 ± 0,03
Железо (Fe (II))	6,66 ± 0,13	0,01 ± 0,0
Железо (Fe (III))	6,40 ± 0,44	–
Кобальт (Co)	11,46 ± 0,69	–
Никель (Ni)	21,29 ± 1,30	0,19 ± 0,01
Медь (Cu)	32,57 ± 1,79	0,21 ± 0,01
Цинк (Zn)	57,83 ± 2,54	0,09 ± 0,0
Мышьяк (As)	–	–
Селен (Se)	1,22 ± 0,02	1,17 ± 0,0
Стронций (Sr)	–	–
Молибден (Mo)	0,34 ± 0,0	0,90 ± 0,01
Кадмий (Cd)	0,16 ± 0,001	–
Сурьма (Sb)	–	–
Цезий (Cs)	0,33 ± 0,01	6,39 ± 0,35
Таллий (Tl)	523,84 ± 9,11	175,69 ± 4,56

Описание технологии производства халвы из подсолнечника и козинаков.

Основное сырье для производства халвы: семена масличных культур (кунжут, подсолнечник и др.) или ядра орехов (фундук, лещина, ядро грецкого ореха, кешью, фисташки), карамельная масса (сахар, патока), пенообразователь (солодковый или мыльный корень (корень колючелистника), могут использоваться также корень алтея и яичный белок).

Сырье и материалы, применяемые для изготовления халвы, должны соответствовать требованиям действующих нормативных документов, Технических регламентов Таможенного союза: ТР ТС 005/2011, ТР ТС 015/2011, ТР ТС 021/2011, ТР ТС 022/2012, ТР ТС 024/2011, ТР ТС 029/2012, ТР ТС 033/2013, СанПиН 2.3.2.10.78-01, Решению Комиссии Таможенного союза от 28.05.2010 № 299 (ред. от 14.05.2024) «О применении санитарных мер в Евразийском экономическом союзе» и сопровождаться документами, удостоверяющими его качество и безопасность. Сырье и материалы, применяемые для изготовления халвы, должны соответствовать требованиям действующих нормативных документов, Технических регламентов Таможенного союза: ТР ТС 005/2011, ТР ТС 015/2011, ТР ТС 021/2011, ТР ТС 022/2012, ТР ТС 024/2011, ТР ТС 029/2012, ТР ТС 033/2013, СанПиН 2.3.2.10.78-01, Решению Комиссии Таможенного союза от 28.05.2010 г № 299 (ред. от 14.05.2024) «О применении санитарных мер в Евразийском экономическом союзе» и сопровождаться документами, удостоверяющими его качество и безопасность.

Сырьё и материалы, поступающее в производство, подвергают входному контролю, который включает проверку санитарного состояния транспортного средства, на котором осуществлялась поставка сырья; проверку и анализ сопроводительных документов о качестве и безопасности (декларация о соответствии, протоколы испытаний, удостоверения о качестве и безопасности и другие подтверждающие качество и безопасность продукции); проверку состояния упаковки и соответствие маркировки установленным требованиям; отбор проб и проведение лабораторных испытаний по органолептическим и физико-химическим показателям (в соответствии с утвержденными методиками входного контроля сырья).

Основные стадии производства халвы:

- подготовка сырья и материалов;
- приготовление тертой массы из масличного сырья;
- приготовление карамельной массы;
- приготовление пенообразователя;
- приготовление сбитой карамельной массы;

- приготовление халвичной массы;
- формование, охлаждение, глазирование;
- упаковка и маркировка халвы. (Рис. 1)



Рисунок Д.1 – Технологическая схема производства халвы [17]

Растваривание сырья и используемых пищевых продуктов производят после предварительной очистки тары от поверхностных загрязнений. После вскрытия тары сырье пересыпается или перекалывается во внутрицеховую маркированную тару. Хранение сырья в оборотной таре в производственных помещениях категорически запрещается.

Подготовка масличного сырья. Семена подсолнечника проходят очистку на сепараторах от механических примесей. Затем семена подсолнечника калибруют по размерам на 3 фракции на калибровочной семяочистительной машине.

Откалиброванные семена подсолнечника обрушивают отдельно на шелушителях. Одновременно с обрушиванием происходит отделение ядра от лузги и масличной пыли (мучки). Далее очищенное ядро подают к сортировщику для сепарации необрушенных семян, которые направляют на повторное обрушивание.

Масличная пыль (самая мелкая фракция – мучка) является отходом и передается в прессовое отделение, в котором производится отжим масла. Очищенное ядро, выходящее из сортировщика, предварительно калибруют на крупную фракцию и мелкую, а затем отправляют на обжарку.

Затем ядра подвергают термической обработке (обжарку) в жаровне с паровым обогревом при давлении греющего пара 5–6 атм. Температура ядер подсолнечника по

окончании обжарки 120–130 °С, влажность 1–2 %. При тепловой, обработке ядра приобретают характерные приятные вкус, аромат и цвет, а также хрупкость. После обжарки ядро подсолнечника направляют на измельчение.

Приготовление тертой массы. Обжаренное ядро подсолнечника подают на вальцовые станки для размола (растирания), пропускают через протирочную машину для максимального освобождения от лузги, а затем на коллоидные мельницы. В белковую массу добавляются антиокислители в количестве, рекомендованном производителем.

Массу хранят в ёмкостях для хранения белковой массы с мешалкой. Для поддержания температуры массы темперируется при непрерывном перемешивании. Готовая масса должна быть тонкого помола, характерного цвета, без темных вкраплений, иметь вкус соответствующего ядра.

Приготовление карамельной массы. Приготовление карамельной массы включает в себя процесс приготовления сахаро-паточного сиропа и варки карамельной массы.

Для того, чтобы карамельная масса обладала пластичностью в более широком диапазоне температур, чем обычная, и при энергичном перешивании не кристаллизовалась, для приготовления карамельного сиропа берут 1,5–1,9 частей патоки на 1 часть сахара. Патоку можно заменить инвертным сиропом. Воду, патоку, сахар последовательно загружают при помощи дозатора в диссудор. Сахаро-паточный сироп уваривают 20–25 минут при непрерывном помешивании до температуры 105–106 °С при давлении пара 4–5 атм. Сироп через сито размер ячейки 1,5 мм плунжерным насосом подается в змеевиковую варочную колонку. В готовом карамельном сиропе содержание влаги 14–16 %. Готовый карамельный сироп подается на приготовление карамельной массы.

Карамельную массу уваривают в змеевиковых вакуум-аппаратах непрерывного действия в течение 4–5 минут при температуре 140–160 °С и давлении пара 6–10 атм. Готовая карамельная масса должна иметь влажность 2–3 %. Карамельную массу из вакуумного аппарата собирают определенными порциями для взбивания с пенообразователем.

Приготовление пенообразователя. Приготовление экстракта мыльного корня

Высушенный корень колючелистника (мыльный корень) перебирают и перекладывают в чистые мешки. Загружают в котел и заливают водой, начинают вываривание в течение 2–3 часов.

Затем отвар перекачивают в другой котел. Вываренный корень охлаждают и дробят. Перекладывают в чистые мешки и загружают снова в котел, заливают воду и продолжают вываривать в течение 2–3 часов. Отвар перекачивают в следующий варочный котел, а

оставшийся в котле мыльный корень снова заливают новой порцией воды и вновь вываривают 2–3 часа. После 5–6 кратного вываривания мыльный корень охлаждают и удаляют из цеха как отходы.

Собранный отвар уваривают до темно коричневого цвета и плотности 1070 кг/м³. Готовый экстракт мыльного корня сливают и процеживают через сито диаметром 1 мм. Процеженный экстракт не должен содержать частиц корня и иметь неприятный посторонний запах. Содержание сухих веществ в экстракте должно составлять 19–20 %.

Экстракт мыльного корня изготавливают по мере необходимости. Хранят при температуре воздуха не выше 3,9 °С и влажности воздуха не более 87 %. Срок годности не более 14 суток.

При использовании готового экстракта мыльного корня предварительно проверяют его массовую долю сухих веществ. Перед применением, его разводят горячей водой температурой 70–90 °С до плотности 1070 кг/м³ до содержания сухих веществ 19–20 % или до содержания сухих веществ 17–18 % при плотности 1060 кг/м³.

Приготовление сбитой карамельной массы. Сбивание карамельной массы с экстрактом мыльного корня (солодкового или чайных семян) производится в сбивальных котлах с паровым обогревом, нижняя часть которого имеет сферическую форму. Внутри котла на горизонтальном валу закреплены лопатообразные лопасти, расположенные относительно друг друга под углом 120 градусов. Частота вращения вала 100–120 об/мин. На дне котла имеется спусковой штуцер. Чтобы карамельная масса не разбрызгивалась при взбивании, котел снабжен крышкой.

Сбивальный котел перед загрузкой прогревают паром, затем загружают карамельную массу, добавляют экстракт мыльного корня в количестве до 2,3 % к массе карамельной массы и включают мешалку. Продолжительность взбивания 10–20 минут при загрузке котла 100–150 кг. Температура сбитой карамельной массы 115–117 °С. Готовность карамельной массы контролируют путем определения относительной плотности. Плотность готовой сбитой карамельной массы 1100–1200 кг/м³, влажность составляет – 2,5–3,5 %.

Во время сбивания прозрачная светло-желтая карамельная масса превращается в белую пышную массу, насыщенную пузырьками воздуха. Хорошо сбита карамельная масса имеет белый цвет, характерную пористость и вытягивается в длинную тонкую равномерную нить, что необходимо для получения волокнистой структуры халвы. При этом важно соблюдать технологические режимы. Пониженная температура повышает вязкость и затрудняет пенообразование. При уменьшении продолжительности взбивания получается масса желтого цвета с грубым волокнистым строением. Недостаточно сбита

карамельная масса имеет желтый цвет и небольшую пышность. Халва, изготовленная с использованием такой массы обычно темная, не имеет волокнистой структуры.

При слишком длительном взбивании качество карамельной массы ухудшается. Такая масса обладает большой пышностью («перебитая» масса) – плотность ее менее 1000 кг/м^3 , однако нити ее короткие, не прочные, слабые, легко рвущиеся. Халва, изготовленная с применением такой массы, также не имеет волокнистой структуры.

Приготовление халвичной массы. Одной из важнейших операций процесса изготовления халвы является вымешивание тертой массы семян и сбитой карамельной массы.

Вымешивание – это равномерное распределение сбитой карамели в тертой массе семян с образованием однородной волокнисто-слоистой структуры, производят его в несколько приемов с соблюдением определенного режима. При вымешивании получают каркас из нитей карамельной массы, между которыми распределяется тонким слоем белковая масса.

При механизированном вымешивании вливают сбитую карамельную массу температурой $110\text{--}150 \text{ }^\circ\text{C}$ в масляную в равном соотношении. Вкусовые и ароматические добавки вводят предварительно в тертую массу, температура которой $40\text{--}50 \text{ }^\circ\text{C}$. Смесь вымешивается непрерывно до равномерного вытягивания карамельных нитей и распределения их в тертой массе. Вымешанная и вытянутая халва направляется на фасование и упаковку.

Халва, обработанная в вакууме, состоит из сбитой карамельной массы, вымешанной с тертой массой (кунжутной, подсолнечной, арахисовой). Такая халва имеет хрупкую, пористую структуру. Выпускается фасованной в картонные коробки или жестяные банки.

Процесс вымешивания проводят следующим образом: в дежу месильной машины, согласно рецептуре, тертая масса, необходимые по рецептуре добавки и сбитая карамельная масса. Допускается добавление возвратных отходов сроком годности не более 1 месяца от даты выработки продукта, указанными на ярлыках, до 12 % к массе готового продукта.

Вымешивание ведут непрерывно в течение 2–4 минут до равномерного вытягивания карамельных нитей.

По окончании вымешивания халвичную массу выгружают в переходный бункер или на стол для дальнейшего вымешивания и формования.

Применение тертой массы температура ниже $45 \text{ }^\circ\text{C}$ ведет к получению грубоволокнистой халвы, так как холодная и более вязкая тертая масса затрудняет ее структурообразование. При более высоких температурах (выше $55 \text{ }^\circ\text{C}$) тертой массы образуется плотная не волокнистая халва. Халва, приготовленная по рецептуре с

соблюдением температурного режима, должна иметь тонковолокнистое строение, резаться ножом без сильного крошения.

Формование, охлаждение, глазирование. Процесс формования осуществляют на машинах разных марок, вручную и в вакуумных камерах (халва воздушная). При ручной фасовке на фасовочном столе халву нарезают в соответствии с рецептурой.

При формовании на автоматических машинах готовую халвичную массу подают в обогреваемую воронку-смеситель, массу прокатывают формующими валами до толщины пласта для брикетов до 45 мм. Раскатанный пласт предварительно охлаждают, затем пропускают через 2 резательные машины с ножами для продольной и поперечной нарезки, разрезая на отдельные корпуса прямоугольной формы (конфеты квадратные), в соответствии с размерами изделий. Затем корпуса халвы подаются ленточным транспортером в холодильный канал. Упакованные продукты посредством транспортера подаются на этап конечной упаковки.

При производстве воздушной халвы, вымешанная халвичная масса дозируется в коррексы по 0,2 кг и укладывается на стеллажи вакуумной камеры при разрежении минус 1 кгс/см и выдерживается в течение 20–30 минут. После снятия разрежения коррексы вынимаются из вакуумной камеры и складываются на стеллаж, где остывают 2–3 часа. После охлаждения коррексы закрываются и упаковываются в полипропиленовую пленку.

Охлаждение халвы осуществляют в холодильной камере с принудительной подачей воздуха температурой 8–10 °С. Продолжительность охлаждения до 60 минут. Допускается охлаждение производить в естественных условиях на этажерках. Весовая халва выстаивается в зимний период 6–12 часов, в летний – от 12 до 24 часов.

Некоторые виды халвы глазируют. Кондитерская или шоколадная глазурь, предварительно нагретая до рабочей температуры, насосом подается в разливочную воронку глазировочной машины. На транспортер укладывают корпуса халвы, которые поступают в зоны глазировки и охлаждения. Температура глазури, с которой она подается на глазирование, зависит от её вида.

Охлаждающая камера состоит из трех зон, продукция для охлаждения поступает в зону работы воздухоохладителя. Охлажденные изделия подаются конвейером на стол сбора готовой продукции для завертывания и упаковывания.

Упаковка и маркировка. Упаковка должна обеспечивать сохранность качества и безопасность халвы при транспортировании, хранении и реализации. Все упаковочные средства и материалы должны соответствовать требованиям ТР ТС 005/2011, нормативных или технических документов по которым они изготовлены.

Халву фасованную, полученную на автоматизированной линии, после охлаждения упаковывают в пленку полипропиленовую при температуре брикета не выше 55°С. Халву воздушную после охлаждения упаковывают в полипропиленовую пленку. Охлаждённую весовую халву упаковывают при температуре не выше 30°С.

На каждую единицу потребительской тары наносится, информация для потребителя полиграфической печатью или любым способом, обеспечивающим ее четкое прочтение.

Основное сырье для производства козинаков: семена масличных культур (кунжут, подсолнечник и др.) или ядра орехов (грецкие, фундук, миндаль), в качестве связующих компонентов применяются сахарный сироп, патока или мёд.

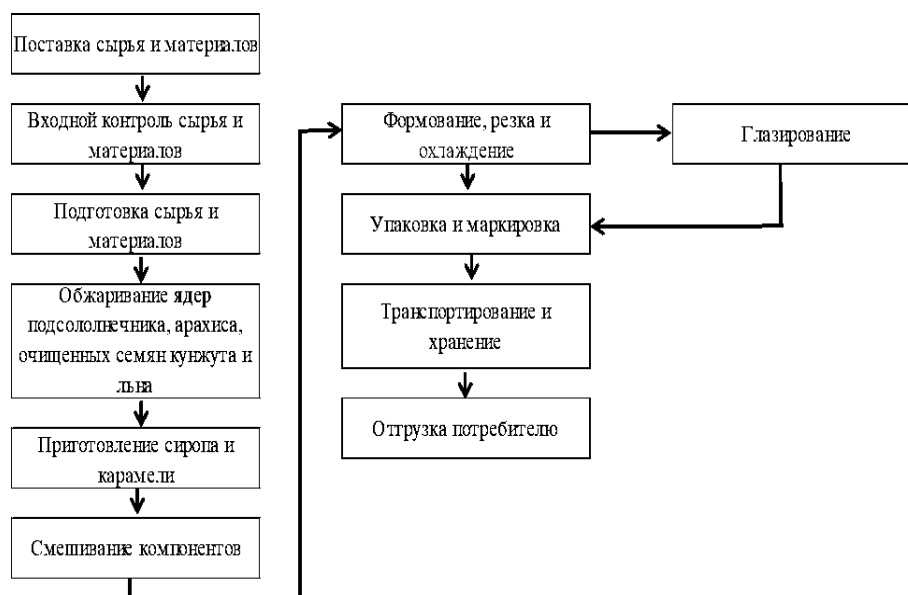


Рисунок Д.2 – Технологическая схема производства козинаков

Технологическая схема производства козинаков включает в себя приемку и подготовку сырья, обжаривание ядер подсолнечника, приготовление сиропа и карамели, смешивание всех компонентов, формирование, резку и охлаждение массы, упаковку и маркировку

(рисунок Д.2).

Прием и подготовка сырья. Сырьё и материалы, поступающее в производство, подвергают входному контролю. Качество их должно соответствовать требованиям действующих нормативных или технических документов. Входной контроль сырья включает: проверку санитарного состояния транспортного средства, на котором осуществлялась поставка сырья; проверку и анализ сопроводительных документов о качестве и безопасности (декларация о соответствии, протоколы испытаний, удостоверения о качестве и безопасности и другие подтверждающие качество и безопасность продукции);

проверку состояния упаковки и соответствие маркировки установленным требованиям; отбор проб и проведение лабораторных испытаний по органолептическим и физико-химическим показателям (в соответствии с утвержденными методиками входного контроля сырья).

Растваривание сырья и используемых пищевых продуктов производят после предварительной очистки тары от поверхностных загрязнений.

Для производства козинаков необходимо придерживаться требованиям к сырью. Семечка подсолнечника, не прошедшая этап очистки должна иметь влажность не более 8 %, содержание сорной примеси 1 %, маслянистую примесь 3 %. Зараженное сырье не допускается к последующим этапам производства. Заготавливаемые и поставляемые семена подсолнечника должны быть в здоровом состоянии, иметь свойственные цвет и запах, без очагов самосогревания.

Семена подсолнечника проходят очистку на сепараторах от механических примесей калибруют по размерам на 3 фракции на калибровочной семяочистительной машине. Откалиброванные семена подсолнечника обрушивают отдельно на шелушителях. Одновременно с обрушиванием происходит отделение ядра от лузги и маслянистой пыли (мучки). Далее очищенное ядро подают к сортировщику для сепарации необрушенных семян, которые направляют на повторное обрушивание.

Маслянистая пыль (самая мелкая фракция-мучка) является отходом и передается в прессовое отделение, в котором производится отжим масла. Лузгу перемещают на утилизацию. Очищенное ядро, выходящее из сортировщика, предварительно калибруют на крупную фракцию и мелкую, а затем отправляют на обжарку.

Обжаривание ядер подсолнечника.

Очищенное сырое ядро подсолнечника подают в паровую жаровню ленточным транспортером. Предварительно выставляются заданные параметры температуры жарки. Обжаривание подсолнечного ядра происходит при температуре 100–125 °С.

Приготовление сиропа и карамели. Карамельную массу получают увариванием сахаро-паточного сиропа. Она представляет из себя стекловидный, ломающийся, аморфный продукт светло-желтого цвета, отличающийся свойственным ему вкусом. Для получения необходимого содержания сухих веществ в карамели необходимо растворить сахар в воде и провести процесс уваривания его с патокой. Сахар, предварительно просеянный и очищенный от примесей, патоку карамельную кислотную и воду последовательно загружают в диссудатор через весы. Затем в диссудатор подается давление пара 3,5–6,0 атм и сахаро-паточная смесь в течение 10–15 минут нагревается до температуры 85–90 °С, затем перекрывается пар и добавляется процеженный концентрат смеси токоферолов. Сахаро-

паточный сироп плужерным насосом подается в варочную змеевиковую колонку, где происходит остаточное растворение сахара и уваривание сиропа до температуры 145–160 °С, при давлении пара 6–9 атм и 96–97 % сухих веществ. Полученная карамельная масса процеживается через плетёное сито с размером ячеек 1,5 мм и поступает в накопительный сборник.

Смешивание компонентов. При непрерывной подаче обжаренное ядра подсолнечника, карамель, наполнители (фруктов, ягод, орехов, взорванных зёрен риса) и возвратные отходы (не более 4 % от массы готового продукта со сроком годности не более 1 месяца от даты выработки продукта) дозируются в шнековый смеситель, где происходит смешивание компонентов. Готовая масса для козинаков подаётся в накопительный бункер (комбар).

Формование, резка и охлаждение. Смешанная масса для козинаков из бункера проходит между формовочными валами. Между формовочными валами выставляется зазор в соответствии с параметрами готовой продукции (высота пласта), которые контролируются с помощью штангенциркуля, и поступает на транспортерную ленту. Полотно массы для козинаков проходит через выравнивающий и контурный валы. Далее режется продольно-дисковыми ножами и рубится поперечно при помощи гильотины в соответствии с заданными параметрами (длина реза, вес). Вес полуфабриката козинаков контролируется весами.

Плитки козинаков охлаждаются в двухтуннельных охладителях. Температура в первой охлаждающей камере 15–20 °С, во второй от 12–17°С.

Упаковка и маркировка. Упаковка должна обеспечивать сохранность качества и безопасность козинаков при транспортировании, хранении и реализации. Все упаковочные средства и материалы должны соответствовать требованиям ТР ТС 005/2011, нормативных или технических документов, по которым они изготовлены. На каждую единицу потребительской тары наносится, информация для потребителя полиграфической печатью или любым способом, обеспечивающим ее четкое прочтение.

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Типовые рецептуры по производству халвы, представленные РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» и концерном «Белгоспищепром»

Таблица Д.1 – Типовые рецепты по производству халвы, представленные РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» и концерном «Белгоспищепром»

Ингредиенты	Расход сырья на 1 т готовой продукции в натуре, кг								
	Рецептура № 1 Халва подсолнечная ванильная	Рецептура № 2 Халва подсолнечная с орехами	Рецептура № 3 Халва подсолнечная в шоколадной глазури	Рецептура № 4 Халва подсолнечная без добавления сахара		Рецептура № 5 Халва подсолнечная «Ванильный аромат»		Рецептура № 6 Халва подсолнечная глазированная	
				весовая (без заверточных материалов)	фасованная номинальным количеством до 1 кг	весовая (без заверточных материалов)	фасованная номинальным количеством до 1 кг	без заверточных материалов	фасованная номинальным количеством до 100 г
Сахар	181,80	181,60	129,80	–	–	179,31	180,22	142,92	144,39
Патока	342,80	342,40	244,70	–	–	340,20	341,93	270,27	273,05
Подсолнечная масса (тертые семена подсолнечника)	541,90	441,20	351,80	541,85	544,62	545,90	548,63	427,62	432,02
Ванилин	0,30	0,30	0,21	0,60	0,61	0,60	0,60		
Экстракт мыльного корня	9,40	9,40	6,90	3,11	3,12	3,10	3,10	3,08	3,11
Ядро ореха жареное	–	101,30	–	–	–	–	–	–	–
Шоколадная глазурь	–	–	291,10	–	–	–	–	–	–
Какао-порошок	–	–	37,70	–	–	–	–	–	–
Изомальт	–	–	–	448,45	450,74	–	–	–	–
Кондитерская глазурь	–	–	–	–	–	–	–	218,01	220,26

Продолжение таблицы Д.1

Ингредиенты	Расход сырья на 1 т готовой продукции в натуре, кг									
	Рецептура № 7 Халва подсолнечная «Мятная»			Рецептура № 8 Халва подсолнечная «Орешек»		Рецептура № 9 Халва подсолнечная с изюмом		Рецептура № 10 Халва подсолнечная с перцем		
	без заверточных материалов	упакованная номинальным количеством до 100 г	упакованная номинальным количеством до 1000 г	весовая (без заверточных материалов)	упакованная номинальным количеством до 1 кг	весовая (без заверточных материалов)	упакованная номинальным количеством до 1 кг	без заверточ- ных материалов	упакованная номинальным количеством до 100 г	упакованная номинальным количеством от 100 г до 1000 г
Сахар	192,46	195,45	194,44	198,57	199,58	177,21	178,11	177,22	179,95	179,04
Патока	363,79	369,42	367,53	371,73	373,62	334,99	336,69	334,97	340,13	338,41
Подсолнечная масса (тертые семена подсолнечника)	508,72	516,59	513,94	465,74	468,1	472,47	474,89	529,98	538,13	535,42
Экстракт мыльного корня	3,31	3,37	3,34	3,29	3,31	3	3,02	3,03	3,08	3,06
Ароматизатор Мятный	4,00	4,06	4,04	–	–	–	–	–	–	–
Экстракт мяты	0,40	0,41	0,41	–	–	–	–	–	–	–
Ядра арахиса обжар. дробленые	–	–	–	34,23	34,4	–	–	–	–	–
Ядра фундука обжаренные дробленые	–	–	–	1,01	1,01	–	–	–	–	–
Изюм	–	–	–	–	–	83,56	84	–	–	–
Паприка красная (кусочками)	–	–	–	–	–	–	–	16,62	16,88	16,79
Соль поваренная пищ. выварочная йодированная	–	–	–	–	–	–	–	5,05	5,12	5,1
Перец красный (молотый)	–	–	–	–	–	–	–	1,01	1,02	1,02

Продолжение таблицы Д.1

Ингредиенты	Расход сырья на 1 т готовой продукции в натуре, кг							
	Рецептура № 11 Халва подсолнечная с солью			Рецептура № 12 Халва подсолнечная сахарная		Рецептура № 13 Халва подсолнечная со вкусом «Тоффи-карамель»		
	без заверточных материалов	упакованная номинальным количеством до 100 г	упакованная номинальным количеством до 1000 г	весовая (без заверточных материалов)	фасованная номинальным количеством до 1 кг	без заверточных материалов	упакованная номинальным количеством до 100 г	упакованная номинальным количеством до 1000 г
Сахар	192,27	194,24	193,25	181,31	182,23	180,97	183,76	182,8
Патока	363,49	367,22	365,35	342,77	344,5	342,05	347,35	345,53
Подсолнечная масса (тертые семена подсолнечника)	511,56	516,8	514,16	541,8	544,55	540,67	549,03	446,15
Экстракт мыльного корня	3,29	3,33	3,31	3,11	3,13	3,1	3,15	3,13
Соль поваренная пищевая выварочная йодированная	2,01	2,03	2,02	–	–	–	–	–
Ароматизатор Тоффи-карамель	–	–	–	–	–	2,8	2,84	2,83

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

Структура и состав базы данных об уровнях контаминации кадмием отдельных видов пищевой продукции

Файл для формирования БД имеет следующую структуру:

1. блок справочной информации, содержащий:

1.1. перечень групп и видов пищевой продукции, а также нормируемый уровень кадмия согласно дифференциации, принятой в технических регламентах ТС/ЕАЭС;

1.2. перечень методов по определению кадмия, включенный в перечень взаимосвязанных с техрегламентами стандартов;

2. блок для ввода обобщенных данных для общей характеристики контаминации проб пищевой продукции кадмием, включающий следующую информацию

2.1. группа продукции;

2.2. вид продукции;

2.3. допустимые уровни, мг/кг;

2.4. количество исследованных образцов со следующей характеристикой уровня контаминации:

2.4.1. метод определения кадмия;

2.4.2. уровень кадмия ниже предела обнаружения (ПО);

2.4.3. уровень кадмия между ПО и допустимым уровнем (ДУ);

2.4.4. уровень кадмия выше ДУ;

3. блок для ввода детальной информации об обнаруженных концентрациях кадмия, включающий следующую информацию:

испытательная лаборатория;

номер пробы или протокола;

дата исследования или выдачи протокола;

группа продукции;

вид продукции;

наименование продукции;

производитель продукции;

метод исследования;

обнаруженная концентрация кадмия;

4. блок для сбора информации, характеризующей метод, включающий следующую информацию:

испытательная лаборатория;

продукция;

метод определения кадмия;

нижняя граница диапазона измерений, мг/кг;

нижняя точка калибровочного графика, мг/кг(л);

ПО, мг/кг(л);

ПКО, мг/кг(л);

наличие валидации ТНПА и стандартных операционных процедур (СОП) в лаборатории;

категория продуктов в ТНПА, к которой относят семена подсолнечника (в ТНПА семена подсолнечника не указаны как отдельная позиция);

исследуются очищенные/не очищенные семена подсолнечника (заполняется только для семян подсолнечника);

категория продуктов в ТНПА, к которой отнесена халва, козинаки (в ТНПА семена подсолнечника не указаны как отдельная позиция);

навеска пробы, г;

способ минерализации (пробоподготовки);

конечный объем полученного минерализата, мл;

коэффициент разбавления (в случае применения);

примечание (иная информация, при необходимости).

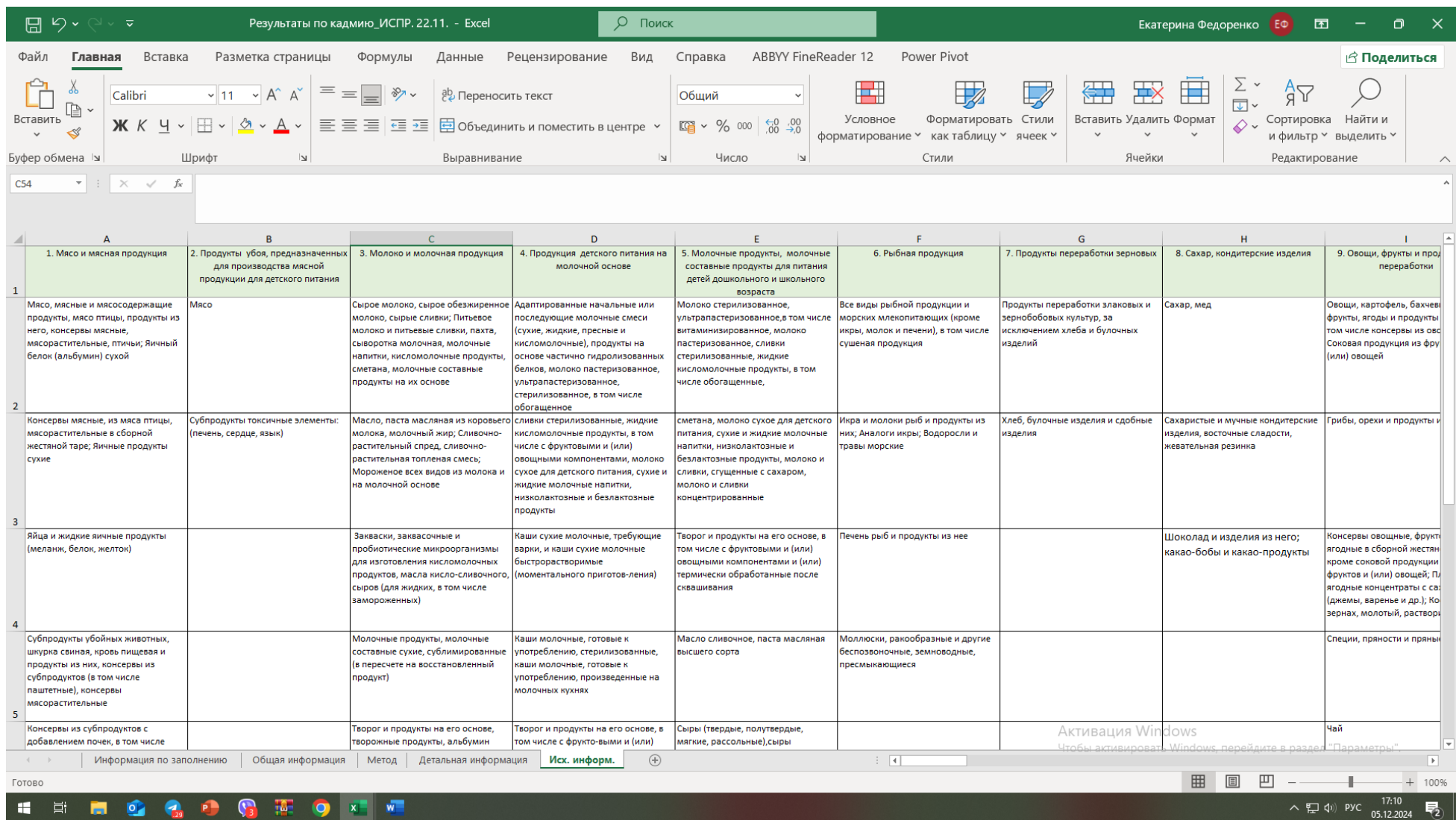


Рисунок Е.1 – Скриншот листа файла Excel со справочной информацией

Результаты по кадмию_ИСПР. 22.11. - Excel

Поиск

Татьяна Анатольевна Гуринович

Поделиться

Главная Вставка Рисование Разметка страницы Формулы Данные Рецензирование Вид Справка ABBYY FineReader PDF

Буфер обмена Шрифт Выравнивание Число

Обычный Нейтральный Плохой Хороший

Вставить Удалить Формат

Ячейки Редактирование

С3

Характеристика метода, используемого для определения кадмия в семенах подсолнечника, ядре подсолнечника, халве и козинаки

Испытательная лаборатория	Продукция	Метод определения Cd	Нижняя граница диапазона измерений, мг/кг	Нижняя точка калибровочного графика, мг/кг(л)	ПО, мг/кг(л)	ПКО, мг/кг(л)	Наличие валидации ТНПА и СОП в лаборатории	Категория продуктов в ТНПА, к которой относят семена подсолнечника (в ТНПА семена подсолнечника не указаны как отдельная позиция)	Исследуются очищенные/ не очищенные семена подсолнечника (заполняется только для семян подсолнечника)	Категория продуктов в ТНПА, к которой отнесена халва, козинаки (в ТНПА семена подсолнечника не указаны как отдельная позиция)	Навеска пробы, г	Способ минерализации (пробо-подготовки)	Конечный объем полученного минерализата, мл	Коэффициент разбавления (в случае применения)	Примечание(иная информация, при необходимости)
	семена подсолнечника														
	ядро подсолнечника														
	халва														
	козинаки														

Информация по заполнению | Общая информация | **Метод** | Детальная информация | Исх. информ.

Готово

-2°C Cloudy

Поиск

13:49 09.12.2024

Рисунок Е.2 – Скриншот листа файла Excel для сбора информации по характеристике методов, используемых лабораториями при определении кадмия в семенах подсолнечника и продукции, изготовленной на его основе

Результаты по кадмию_ИСПР. 22.11. - Excel

Поиск

Екатерина Федоренко

Файл Главная Вставка Разметка страницы Формулы Данные Рецензирование Вид Справка ABBYY FineReader 12 Power Pivot

Буфер обмена Шрифт Выравнивание Число

Общая характеристика контаминации проб пищевой продукции Cd

Группа продукции	Вид продукции	Допустимые уровни, мг/кг, не более	Количество исследованных образцов со следующей характеристикой уровня контаминации:			Метод определения кадмия	Нижняя граница диапазона измерений, мг/кг	ПО, мг/кг(л)	ПКО, мг/кг(л)	Примечания (при необходимости)
			уровень кадмия ниже предела обнаружения (ПО)	уровень кадмия между ПО и допустимым уровнем (ДУ)	уровень кадмия выше ДУ					
5. Молочные продукты, молочные составные продукты для питания детей дошкольного и школьного возраста	Творог и продукты на его основе, в том числе с фруктовыми и (или) овощными компонентами и (или) термически обработанные после сквашивания	0,06								
5. Молочные продукты, молочные составные продукты для питания детей дошкольного и школьного возраста	Масло сливочное, паста масляная высшего сорта	0,03								
5. Молочные продукты, молочные составные продукты для питания детей дошкольного и школьного возраста	Сыры (твердые, полутвердые, мягкие, рассольные), сыры плавленые, сырные пасты, сырные соусы	0,1								
5. Молочные продукты, молочные составные продукты для питания детей дошкольного и школьного возраста	молокосодержащие продукты с заменителем молочного жира, произведенные по технологии сыра (твердые, полутвердые, мягкие, рассольные), молокосодержащие продукты с заменителем молочного жира, произведенные по технологии плавленого сыра	0,1								
6. Рыбная продукция	Все виды рыбной продукции и морских млекопитающих (кроме икры, молок и печени), в том числе сушеная продукция	0,2								
6. Рыбная продукция	Икра и молоки рыб и продукты из них; Аналоги икры; Водоросли и травы морские	1								
6. Рыбная продукция	Печень рыб и продукты из нее	0,7								
6. Рыбная продукция	Моллюски, ракообразные и другие беспозвоночные, земноводные, пресмыкающиеся	2								
7. Продукты переработки зерновых	Продукты переработки злаковых и зернобобовых культур, за исключением хлеба и блинчатых изделий	0,1								

Активация Windows

Готово

Информация по заполнению **Общая информация** Метод Детальная информация Иск. информ.

17:08 05.12.2024

Рисунок Е.3 – Скриншот листа файла Excel для сбора данных об общей характеристике контаминации пищевой продукции кадмием

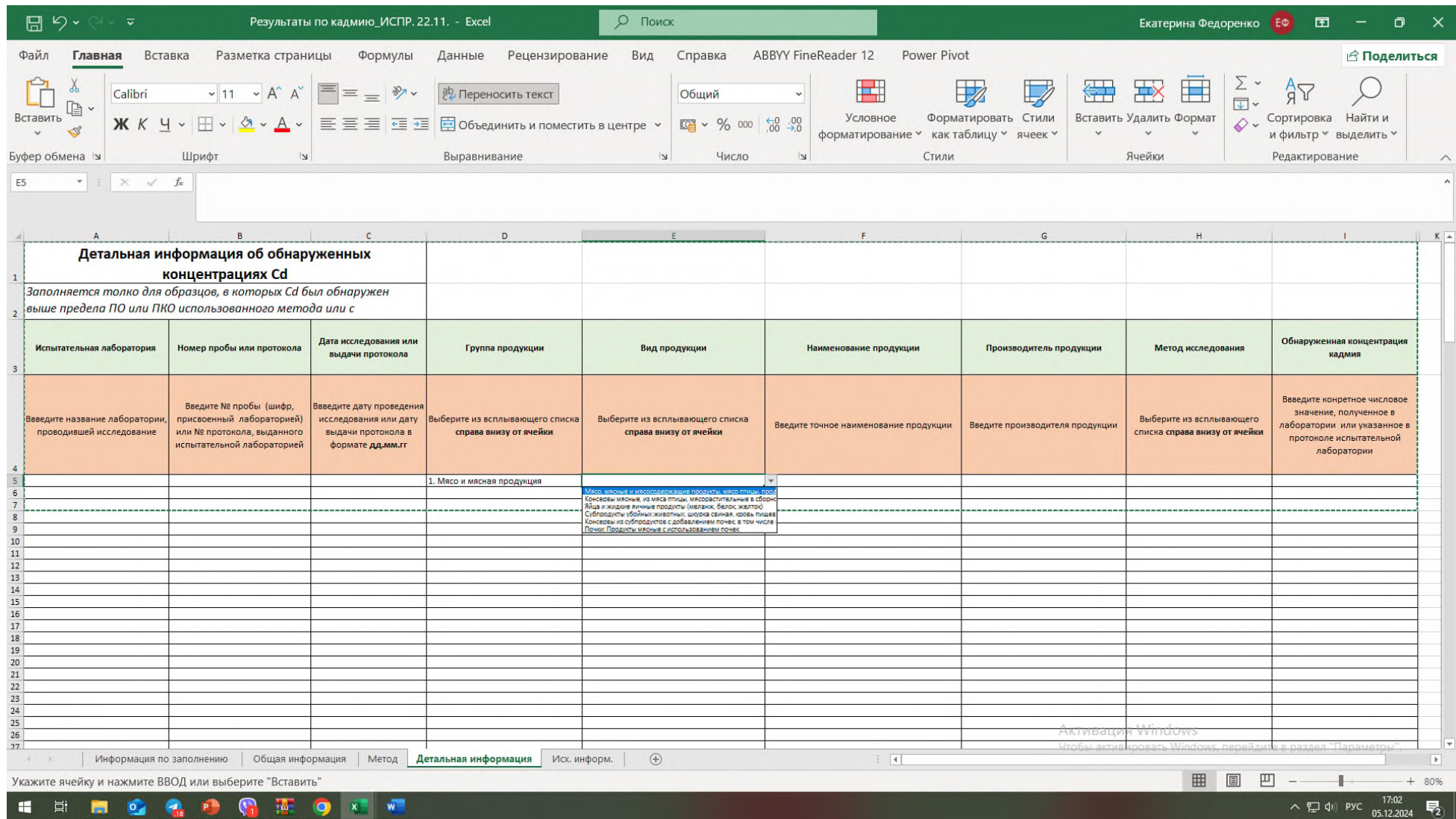


Рисунок Е.4 – Скриншот листа файла Excel для сбора детальной информации об обнаруженных концентрациях кадмия

**МИНИСТЕРСТВО СВЯЗИ И
ИНФОРМАТИЗАЦИИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

Республиканское унитарное предприятие «Центр цифрового развития» (Государственное
предприятие «ЦДР»)

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РЕГИСТР ИНФОРМАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ

**СВИДЕТЕЛЬСТВО
о государственной регистрации информационного ресурса**

от 26 марта 2025 г.

Регистрационный номер 1142542271

Наименование информационного ресурса

База данных фактических уровней контаминации кадмием отдельных видов пищевой продукции, установленных на основе данных организаций, осуществляющих государственный санитарный надзор и производственный контроль в Республике Беларусь

Собственник (владелец) информационного ресурса

Государственное учреждение "Республиканский центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья"

Разработчик информационного ресурса

—

Автор (соавторы) информационного ресурса

Федоренко Екатерина Валерьевна Шагин Елена Валерьевна Гурьянович Татьяна Анатольевна

Дата государственной регистрации

26.03.2025

Заместитель директора

С.А. Шнипов

(подпись)

(инициалы, фамилия)

М.П.

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

**Форма анкеты анализа частоты потребления семян подсолнечника и продуктов
на их основе**

АНКЕТА
Потребление семян подсолнечника и продуктов на их основе, продуктов - источников сахаров¹



Уважаемый участник анкетирования!

Просим принять Вас участие в изучении потребления семян подсолнечника и продуктов их переработки, а также сахаристых, мучных кондитерских изделий и безалкогольных напитков, содержащих сахара. Анкету можно заполнить он-лайн.

При анкетировании Вам необходимо указать, как часто (будут предложены варианты ответа) и в каком количестве в граммах (будут предложены фотографии) на один прием Вы употребляли указанные продукты в течении последних 30 дней.

Мы предлагаем заполнить анкету относительно своего собственного потребления, а также будем признательны, если родители заполнят отдельную анкету относительно потребления своего ребенка.

На заполнение анкеты Вам понадобится до 15 минут.

Как заполнять анкету:

1. Анкета содержит 20 вопросов.
2. Каждый вопрос состоит из двух частей: как часто Вы употребляете тот или иной продукт (предложены варианты ответа) и сколько продукта в граммах Вы употребляете за 1 раз (предложены иллюстрации порций различной массы).

3. Переходите к ответам на вопросы:

– выберите вариант ответа, который соответствует частоте употребления продукта за последние 30 дней:

не употреблял – продукт не употреблялся в течение предшествующего месяца;

1-2 раза в месяц – потребление продукта лишь несколько раз в месяц, но явно реже, чем 1 раз в неделю;

3-4 раза в месяц – продукт употреблялся примерно 1 раз в неделю или почти каждую неделю;

2-3 раза в неделю – потребление продукта несколько раз в неделю, но явно не каждый день;

4-6 раз в неделю – потребление продукта почти каждый день, но необязательно каждый день;

1-2 раза в день – потребление продукта составляет 1 раз каждый день, а иногда и более 1 раза в день (регулярное ежедневное потребление продукта хотя бы 1 раз в день)

3-4 раза в день – потребление продукта в каждый прием пищи – завтрак, обед, ужин или несколько раз в промежутках между приемами пищи;

5 и более раз в день – продукт употреблялся в течение последнего месяца каждый день много раз, как в основные приемы пищи, так и в промежутках между ними;

– далее укажите, в каком количестве на один прием Вы употребляете этот продукт. Для наглядности представлены фотографии с указанием стандартной массы порции в граммах. В предложенном поле необходимо указать значение в граммах (например, 10, 20 или другое значение), которое соответствует Вашей порции. Если Вы продукт не употребляли, то укажите цифру 0.

Спасибо за участие!

1. Информированное согласие и обработка персональных данных

Я добровольно даю свое согласие и выражаю готовность участвовать в научном исследовании: анкетировании с целью изучения потребления семян подсолнечника и продуктов его переработки, а также сахаристых и мучных кондитерских изделий и безалкогольных напитков, содержащих сахара.

Проводимые исследования и связанные с ним мероприятия мне объяснены в полном объеме. Мне понятны цель и объем исследования, а также способы его проведения.

Я понимаю, что результаты исследования могут быть опубликованы и представлены на научных конференциях, семинарах и иных аналогичных мероприятиях, а также использованы в образовательных целях.

Я уведомлен, что личная информация в материалах, предназначенных для обучения или презентации широкому кругу лиц, раскрыта не будет.

Я согласен с тем, чтобы информация, связанная с данным исследованием, обрабатывалась и анализировалась только в научных целях уполномоченными лицами с соблюдением принципов анонимности и конфиденциальности. Согласен

2. Согласны ли Вы на статистическую обработку Ваших ответов в целях проведения научного исследования по изучению потребления пищевых продуктов? да нет

3. Укажите пожалуйста место Вашего проживания: город; сельская местность

4. Укажите пожалуйста название населенного пункта, где Вы проживаете

5. Заполняете анкету: за себя за ребенка

6. Пол: мужской женский

7. Возраст 3 – 6 7 – 10 11–14 14 – 17 18 и старше

8. Рост в сантиметрах _____ см, вес в килограммах _____ кг

¹ Более подробная информация по заполнению анкеты может быть получена в лаборатории изучения статуса питания НИИ ГТ ЭВМ ГУ "РЦГЭиОЗ" (тел. +375 17 257 13 81).



— г

—
—
—



— г

—
—
—



— г

5. Как часто Вы употребляете козинаки? Выберите один вариант

- | | | |
|-------------------------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Не употребляю | <input type="checkbox"/> 2-3 раза в неделю | <input type="checkbox"/> 1-2 раза в день |
| <input type="checkbox"/> 1-2 раза в месяц | <input type="checkbox"/> 4-6 раз в неделю | <input type="checkbox"/> 3-4 раза в день |
| <input type="checkbox"/> 3-4 раза в месяц | | <input type="checkbox"/> 5 и более раз в день |

Сколько козинаков Вы употребляете на 1 прием пищи (если не употребляете данный продукт - укажите цифру 0). При ответе ориентируйтесь на картинку.



II. ПОТРЕБЛЕНИЕ САХАРИСТЫХ И МУЧНЫХ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ

6. Как часто Вы употребляете шоколад, шоколадные конфеты? Выберите один вариант

- | | | |
|-------------------------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Не употребляю | <input type="checkbox"/> 2-3 раза в неделю | <input type="checkbox"/> 1-2 раза в день |
| <input type="checkbox"/> 1-2 раза в месяц | <input type="checkbox"/> 4-6 раз в неделю | <input type="checkbox"/> 3-4 раза в день |
| <input type="checkbox"/> 3-4 раза в месяц | | <input type="checkbox"/> 5 и более раз в день |

Сколько грамм шоколада, шоколадных конфет Вы употребляете на 1 прием пищи (если не употребляете данный продукт - укажите цифру 0). При ответе ориентируйтесь на картинку.



ПРИЛОЖЕНИЕ И

Методические подходы оценки экспозиции, проведенной на основе действующих методических документов ЕАЭС, Российской Федерации и Кодекс Алиментариус

Таблица И.1 – Методические подходы оценки потребления для расчета экспозиции

<p><i>Principles and methods for the risk assessment of chemicals in food. (Environmental health criteria ; 240), 6. DIETARY EXPOSURE ASSESSMENT OF CHEMICALS IN FOOD</i></p>	<p><i>Методология оценки рисков здоровью населения при воздействии химических, физических и биологических факторов для определения показателей безопасности продукции (товаров), 2014</i></p>	<p><i>Методические указания по установлению и обоснованию гигиенических нормативов содержания химических примесей, биологических агентов в пищевой продукции по критериям риска для здоровья человека, утв. рекомендацией Коллегии Евразийской экономической комиссии 26 февраля 2020 г. № 4</i></p>	<p><i>Р 2.1.10.3968-23 «Руководство по оценке риска здоровью населения при воздействии химических веществ, загрязняющих среду обитания», утв. Федеральной службой по надзору в сфере здравоохранения от 5 сентября 2023 г.</i></p>
<p><i>1</i></p>	<p><i>2</i></p>	<p><i>3</i></p>	<p><i>4</i></p>
<p>П. 6.3.4 Детерминированные/точечные оценки воздействия через пищу Среднее воздействие через пищу рассчитывается как произведение среднего потребления продуктов питания, представляющих интерес, и среднего содержания остатков вещества, представляющего интерес в этих продуктах. Оценка высокого уровня потребления (например, потребитель, находящийся в верхнем 90-м процентиле) также может быть рассчитана при наличии соответствующих данных</p>	<p>П. 5.7.2 При оценке интенсивности использования продукции (товаров) последовательно рассматриваются сценарии экспозиции от «наихудших» до фактических для разных групп потребителей с обязательным включением наиболее чувствительных контингентов. 1-й сценарий: при оценке экспозиции рассматриваются максимальные величины потребления продукции. При этом потребителями могут являться наиболее чувствительные (уязвимые) группы населения;</p>	<p>П. 9.5 В результате определения фактического объема потребления пищевой продукции должны быть определены: – среднее потребление пищевой продукции (группы пищевой продукции) в граммах в день на основе средне недельного, среднемесячного, либо среднегодового для сезонных продуктов) потребления; – частота потребления пищевой продукции (группы пищевой продукции) в день, месяц, год, в зависимости от вида пищевой продукции (группы пищевой продукции)</p>	<p>П. 5.5.2.10 Для расчета экспозиции используются медиана и 90-й процентиль содержания контаминантов в пищевых продуктах и значения среднего (при первичной оценке) или индивидуального (при углубленной оценке) потребления пищевых продуктов населением*</p>

Продолжение таблицы И.1

1	2	3	4
	<p>2-й сценарий: при оценке экспозиции рассматриваются оптимальные величины потребления продукции;</p> <p>3-й сценарий: при оценке экспозиции рассматриваются фактические величины потребления продукции</p>		
<p>* Применяется для оценки экспозиции в рамках оценки рисков, не применяется для обоснования ДУ</p>			

Таблица И.2 – Методические подходы оценки уровней контаминации для расчета экспозиции

<p><i>Principles and methods for the risk assessment of chemicals in food. (Environmental health criteria ; 240), 6. DIETARY EXPOSURE ASSESSMENT OF CHEMICALS IN FOOD</i></p>	<p><i>Методология оценки рисков здоровью населения при воздействии химических, физических и биологических факторов для определения показателей безопасности продукции (товаров), 2014</i></p>	<p><i>Методические указания по установлению и обоснованию гигиенических нормативов содержания химических примесей, биологических агентов в пищевой продукции по критериям риска для здоровья человека, утв. рекомендацией Коллегии Евразийской экономической комиссии 26 февраля 2020 г. № 4</i></p>	<p><i>Р 2.1.10.3968-23 «Руководство по оценке риска здоровью населения при воздействии химических веществ, загрязняющих среду обитания», утв. Федеральной службой по надзору в сфере здравоохранения от 5 сентября 2023 г.</i></p>
1	2	3	4
<p>П. 6.3.4 Детерминированные/точечные оценки воздействия через пищу Среднее воздействие через пищу рассчитывается как произведение среднего потребления продуктов питания, представляющих интерес, и среднего содержания остатков вещества, представляющего интерес в этих продуктах. Оценка высокого уровня потребления (например, потребитель, находящийся в верхнем 90-м процентиле) также может быть рассчитана при наличии соответствующих данных.</p>	<p>В отношении используемых уровней контаминации концентраций четкого указания нет, есть ссылка, что увивается наихудший сценарий и стандартный (рис. 1)</p>	<p>Не рассматриваются</p>	<p>П.5.2.2.9. При распределении величин, не подчиняющихся закону Гаусса, для расчетов экспозиции необходимо использовать медиану содержания контаминантов в пищевых продуктах, т.к. рассчитанное среднее значение данных величин может быть завышено или занижено по сравнению с медианным значением. В случае содержания контаминантов в пищевых продуктах в количествах, меньших предела обнаружения метода (нулевые значения), при расчете экспозиции применяется следующая схема:</p>

Продолжение таблицы И.2

1	2	3	4
			<p>– если отношение количества нулевых значений к общему количеству значений в выборке не превышает 60 %, то вместо «нулевых» значений необходимо использовать число, соответствующее половине предела чувствительности метода;</p> <p>– если отношение количества нулевых значений к общему количеству значений в выборке превышает 60 %, то эти значения учитываются как «ноль»*</p>
<p>* Применяется для оценки экспозиции в рамках оценки рисков, не применяется для обоснования ДУ</p>			

Principles and methods for the risk assessment of chemicals in food. (Environmental health criteria; 240), 6. DIETARY EXPOSURE ASSESSMENT OF CHEMICALS IN FOOD

Методология оценки рисков здоровью населения при воздействии химических, физических и биологических факторов для определения показателей безопасности продукции (товаров), 2014

Методические указания по установлению и обоснованию гигиенических нормативов содержания химических примесей, биологических агентов в пищевой продукции по критериям риска для здоровья человека, утв. рекомендацией Коллегии Евразийской экономической комиссии 26 февраля 2020 г. № 4

Р 2.1.10.3968-23 «Руководство по оценке риска здоровью населения при воздействии химических веществ, загрязняющих среду обитания», утв. Федеральной службой по надзору в сфере здравоохранения от 5 сентября 2023 г.

Количественная характеристика уровней контаминации пищевой продукции на основе ретроспективных данных организаций, осуществляющих государственный санитарный надзор в Республике Беларусь

Таблица К.1 – Количественная характеристика контаминации кадмием различных групп пищевой продукции на основании ретроспективных данных аккредитованных лабораторий Республики Беларусь в 2023–2024 гг. с учетом замены «нулевых значений» на *ноль*, мкг/кг

Показатель	Молоко и молочная продукция	Рыбная продукция	Масла растительные	Зернобобовые и злаковые культуры	Хлеб, булочные изделия	Овощи, картофель, фрукты	Мясо и мясная продукция
Н набл.	6261	2370	588	191	2785	3636	3156
Среднее	0,1364	3,3898	0,1818	1,3791	0,4152	0,6326	1,1700
Доверит. (-95 %)	0,1071	2,3091	0,0441	0,3873	0,3278	0,5150	0,9554
Доверит. (95 %)	0,1657	4,4704	0,3195	2,3708	0,5025	0,7503	1,3846
<i>Медиана</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
Минимум	0	0	0	0	0	0	0
Максим.	40,0	928,5	28,0	70,0	43,0	100,0	180,0
Нижняя (Квартиль)	0	0	0	0	0	0	0
Верхняя (Квартиль)	0	0	0	0	0	0	0
Процентиль (10)	0	0	0	0	0	0	0
<i>Процентиль (90)</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
Ст.откл.	1,1820	26,8281	1,7004	6,9482	2,3509	3,6170	6,1482
Дов.инт. Ст.откл. (-95 %)	1,1619	26,0855	1,6085	6,3143	2,2907	3,5357	6,0001
Дов.инт. Ст.откл. (+95 %)	1,2034	27,6145	1,8036	7,7248	2,4143	3,7021	6,3037
Станд. (ошибки)	0,0149	0,5510	0,0701	0,5027	0,0445	0,0599	0,1094

Таблица К.2 – Количественная характеристика контаминации кадмием различных групп пищевой продукции на основании ретроспективных данных аккредитованных лабораторий Республики Беларусь в 2023–2024 гг. с учетом замены «нулевых значений» на $\frac{1}{2}$ ПКО, мкг/кг

Показатель	Молоко и молочная продукция	Рыбная продукция	Масла растительные	Зернобобовые и злаковые культуры	Хлеб, булочные изделия	Овощи, картофель, фрукты*		Мясо и мясная продукция
						вариант 1	вариант 2	
Н набл.	6261	2370	588	191	2785	3636	3636	3156
Среднее	0,185	3,849	0,669	1,837	0,891	0,862	2,008	1,215
Доверит. (-95 %)	0,156	2,771	0,535	0,858	0,807	0,745	1,897	1,001
Доверит. (95 %)	0,214	4,927	0,803	2,816	0,975	0,978	2,118	1,430
<i>Медиана</i>	<i>0,05</i>	<i>0,50</i>	<i>0,50</i>	<i>0,50</i>	<i>0,50</i>	<i>0,25</i>	<i>1,50</i>	<i>0,05</i>
Минимум	0,05	0,50	0,50	0,50	0,50	0,25	1,10	0,05
Максим.	40,00	928,50	28,00	70,00	43,00	100,00	100,00	180,00
Нижняя (Квартиль)	0,05	0,50	0,50	0,50	0,50	0,25	1,50	0,05
Верхняя (Квартиль)	0,05	0,50	0,50	0,50	0,50	0,25	1,50	0,05
Процентиль (10)	0,05	0,50	0,50	0,50	0,50	0,25	1,50	0,05
<i>Процентиль (90)</i>	<i>0,05</i>	<i>0,50</i>	<i>0,50</i>	<i>0,50</i>	<i>0,50</i>	<i>0,25</i>	<i>1,50</i>	<i>0,05</i>
Ст. откл.	1,177	26,770	1,649	6,858	2,268	3,577	3,393	6,140
Дов. инт. ст. откл. (-95 %)	1,156	26,029	1,560	6,232	2,210	3,497	3,317	5,992
Дов. инт. ст. откл. (+95 %)	1,198	27,555	1,749	7,624	2,329	3,662	3,473	6,295
Станд. (ошибки)	0,015	0,550	0,068	0,496	0,043	0,059	0,056	0,109
* в связи с широким использованием лабораториями методов со значительно различающимися ПКО, проведен расчет 2 вариантов								

Таблица К.3 – Количественная характеристика контаминации кадмием различных групп пищевой продукции на основании ретроспективных данных аккредитованных лабораторий Республики Беларусь в 2023–2024 гг. с учетом замены «нулевых значений» на *минимальное зарегистрированное значение, мкг/кг*

Показатель	Молоко и молочная продукция	Рыбная продукция	Масла растительные	Зернобобовые и злаковые культуры	Хлеб, булочные изделия	Овощи, картофель, фрукты	Мясо и мясная продукция
Н набл.	6261	2370	588	191	2785	3636	3156
Среднее	0,233	5,042	1,936	3,212	2,128	1,641	1,261
Доверит. (–95 %)	0,204	3,970	1,812	2,270	2,051	1,529	1,047
Доверит. (95 %)	0,262	6,115	2,060	4,153	2,205	1,753	1,475
<i>Медиана</i>	<i>0,1</i>	<i>1,8</i>	<i>1,8</i>	<i>2,0</i>	<i>1,8</i>	<i>1,1</i>	<i>0,1</i>
Минимум	0,1	1,8	1,8	2,0	1,8	1,1	0,1
Максим.	40,0	928,5	28,0	70,0	43,0	100,0	180,0
Нижняя (Квартиль)	0,10	1,80	1,80	2,00	1,80	1,10	0,10
Верхняя (Квартиль)	0,10	1,80	1,80	2,00	1,80	1,10	0,10
Процентиль (10)	0,10	1,80	1,80	2,00	1,80	1,10	0,10
<i>Процентиль (90)</i>	<i>0,10</i>	<i>1,80</i>	<i>1,80</i>	<i>2,00</i>	<i>1,80</i>	<i>1,10</i>	<i>0,10</i>
Ст. откл.	1,171	26,623	1,528	6,596	2,062	3,450	6,131
Дов. инт. ст. откл. (–95 %)	1,151	25,886	1,445	5,994	2,010	3,372	5,983
Дов. инт. ст. откл. (95 %)	1,192	27,403	1,620	7,333	2,118	3,531	6,286
Станд. (ошибки)	0,015	0,547	0,063	0,477	0,039	0,057	0,109

Таблица К.4 – Количественная характеристика контаминации кадмием отдельных групп пищевой продукции, для которых согласно литературным данным характерны более высокие уровни контаминации, на основании ретроспективных данных аккредитованных лабораторий Республики Беларусь в 2023–2024 гг., мкг/кг

Показатель	Творог	Сыр	Сахар	Какао-продукты
Н набл.	16	18	3	122
Среднее	4,781	3,944	2,500	151,582
Доверит. (-95 %)	2,887	2,588	0,349	134,775
Доверит. (95 %)	6,675	5,301	4,651	168,389
<i>Медиана</i>	<i>3,5</i>	<i>3</i>	<i>3</i>	<i>180</i>
Минимум	1	1,5	1,5	2
Максим.	12	10	3	330
Нижняя (Квартиль)	2,5	3	1,5	30
Верхняя (Квартиль)	7	4	3	220
Процентиль (10)	1,5	1,5	1,5	20
<i>Процентиль (90)</i>	<i>10</i>	<i>10</i>	<i>3</i>	<i>260</i>
Ст. откл.	3,554	2,727	0,866	93,771
Дов. инт. ст. откл. (-95 %)	2,626	2,046	0,451	83,298
Дов. инт. ст. откл. (95 %)	5,501	4,089	5,443	107,279
Станд. (ошибки)	0,889	0,643	0,500	8,490

ПРИЛОЖЕНИЕ Л

Результаты исследований ядра подсолнечника, характеристика контаминации продукции, изготовленной с использованием ядра подсолнечника, на основании результатов производственного контроля на предприятиях концерна «Белгоспищепром» в 2021–2024 гг.

Таблица Л.1 – Результаты исследований ядра подсолнечника в рамках производственного контроля на предприятиях концерна «Белгоспищепром» в 2021–2024 гг. (мг/кг)

Несоответствие			Соответствие		
Номер протокола	Значение показателя		Номер протокола	Значение показателя	
1	2		3	4	
2021 г.					
Метод проведения испытаний: ГОСТ 33824-2016 – отдел испытаний «Бобруйский ЦСМС»					
1	153/133	0,12	1	36/79	0,1
2	205/165	0,12	2	126/104	0,088
3	246/208	0,12	3	151/131	0,096
4	417/444	0,11	4	152/132	0,1
5	481/530	0,13	5	418/445	0,091
6	632/651	0,14	6	355/317	0,096
7	715/704	0,13	7	372/318	0,096
8	1252/1128	0,16	8	1036/952	0,094
9	1249/1125	0,15	9	1062/954	0,1
10	1376/1232	0,15	10	1061/953	0,1
11	1507/1356	0,14	11	1134/1044	0,1
12	1544/1452	0,16	12	1176/1073	0,1
13	1568/1475	0,15	13	1192/1098	0,1
14	3412/3345	0,15	14	1198/1099	0,1
15	3414/3347	0,12	15	1199/1100	0,1
16	3553/3517	0,12	16	1251/1127	0,1
17	197/149	0,13	17	1250/1126	0,1
-	-	-	18	1239/1155	0,1
-	-	-	19	1291/11921	0,1
-	-	-	20	1319/1211	0,1
-	-	-	21	1375/1231	0,1
-	-	-	22	1377/1233	0,096
-	-	-	23	1378/1234	0,098
-	-	-	24	1379/1235	0,097
-	-	-	25	1380/1236	0,1
-	-	-	26	1369/1237	0,097
-	-	-	27	1374/1230	0,1
-	-	-	28	1383/1240	0,1
-	-	-	29	1384/1241	0,083
-	-	-	30	1385/1242	0,1
-	-	-	31	1386/1243	0,095
-	-	-	32	1382/1254	0,09
-	-	-	33	1410/1288	0,094
-	-	-	34	1411/1289	0,1
-	-	-	35	1506/1355	0,1
-	-	-	36	1520/1440	0,099
-	-	-	37	1545/1453	0,099
-	-	-	38	1600/1526	0,1
-	-	-	39	3413/3346	0,089
-	-	-	40	3576/3526	0,097

Продолжение таблицы Л.1

1		2	3		4
2022 г.					
Методы проведения испытаний: ГОСТ 33824-2016, ГОСТ 30178-96 – отдел испытаний «Бобруйский ЦСМС»					
1	7/3553	0,15	1	6/3552	0,098
2	232/190	0,12	2	5/3554	0,1
3	234/192	0,13	3	233/191	0,095
4	288/331	0,21	4	235/193	0,096
5	718/706	0,13	5	722/710	0,098
6	886/916	0,13	6	721/709	0,1
7	1029/1023	0,13	7	720/708	0,086
8	1031/1025	0,13	8	719/707	0,092
9	1032/1026	0,13	9	827/901	0,1
10	1188/1254	0,13	10	884/914	0,1
11	1286/1316	0,13	11	885/915	0,096
12	1287/1317	0,13	12	887/917	0,1
13	1288/1318	0,13	13	888/918	0,094
14	1289/1319	0,14	14	889/919	0,096
15	1290/1320	0,14	15	890/920	0,097
16	1291/1321	0,13	16	891/921	0,1
17	1292/1322	0,13	17	892/922	0,094
18	1293/1323	0,14	18	893/923	0,098
19	1294/1324	0,2	19	894/924	0,1
20	1295/1325	0,2	20	1030/1024	0,096
21	1348/1374	0,15	21	1487/1499	0,098
22	1489/1501	0,13	22	1488/1500	0,095
23	1496/1508	0,13	23	1490/1502	0,096
24	1814/1755	0,13	24	1491/1503	0,091
25	1815/1756	0,13	25	1492/1504	0,094
26	1817/1758	0,13	26	1493/1550	0,099
27	1822/1763	0,13	27	1494/1506	0,098
28	1990/1973	0,14	28	1495/1507	0,099
29	1989/1972	0,14	29	1497/1509	0,096
30	1988/1971	0,13	30	1498/1510	0,098
31	1987/1970	0,14	31	1499/1511	0,1
32	1986/1969	0,14	32	1585/1631	0,097
33	1985/1968	0,14	33	1586/1757	0,098
34	3231/3244	0,18	34	1818/1759	0,1
35	3232/3245	0,18	35	1819/1760	0,098
36	3233/3246	0,17	36	1820/1761	0,094
37	3234/3247	0,15	37	1821/1762	0,098
38	3235/3248	0,17	38	1823/1764	0,096
39	3236/3249	0,17	39	1824/1765	0,095
40	3237/3250	0,16	40	1825/1766	0,1
41	3238/3251	0,16	41	1826/1767	0,095
42	3239/3252	0,18	42	1827/1768	0,093
43	3240/3253	0,18	43	1828/1769	0,094
44	3241/3254	0,17	44	1813/1754	0,097
45	3242/3255	0,17	45	3355/3420	0,1

Продолжение таблицы Л.1

1		2	3		4
46	3243/3256	0,18	46	3525/3568	0,1
47	3244/3257	0,18	47	3471/3570	0,1
48	3245/3258	0,18	48	3693/3689	0,087
49	3246/3259	0,19	49	3696/3692	0,080
50	3247/3260	0,18	50	3697/3693	0,1
51	3248/3261	0,18	51	3699/3695	0,1
52	3249/3262	0,16	52	3700/3696	0,099
53	3358/3440	0,15	53	3701/3697	0,087
54	3439/3476	0,17	54	3702/3698	0,094
55	3440/3477	0,14	55	3708/3704	0,1
56	3441/3478	0,16	56	3709/3705	0,1
57	3442/3479	0,17	57	3710/3706	0,085
58	3443/3480	0,16	58	3711/3707	0,087
59	3444/3481	0,19	59	3729/3729	0,1
60	3445/3482	0,19	60	3731/3731	0,097
61	3446/3483	0,2	61	3732/3732	0,1
62	3447/3484	0,17	62	3735/3735	0,1
63	3448/3485	0,18	63	3736/3736	0,1
64	3449/3486	0,16	64	3737/3737	0,097
65	3450/3487	0,17	65	3830/3896	0,1
66	3451/3488	0,15	-	-	-
67	3452/3489	0,15	-	-	-
68	3453/3490	0,15	-	-	-
69	3454/3491	0,14	-	-	-
70	3455/3492	0,15	-	-	-
71	3456/3493	0,14	-	-	-
72	3520/3563	0,13	-	-	-
73	3521/3564	0,12	-	-	-
74	3522/3565	0,13	-	-	-
75	3523/3566	0,15	-	-	-
76	3524/3567	0,13	-	-	-
77	3526/3569	0,15	-	-	-
78	3576/3617	0,17	-	-	-
79	3623/3636	0,19	-	-	-
80	3694/3690	0,21	-	-	-
81	3695/3691	0,2	-	-	-
82	3698/3694	0,2	-	-	-
83	3703/3699	0,19	-	-	-
84	3704/3700	0,14	-	-	-
85	3705/3701	0,18	-	-	-
86	3706/3702	0,15	-	-	-
87	3707/3703	0,13	-	-	-
88	3730/3730	0,17	-	-	-
89	3733/3733	0,18	-	-	-
90	3734/3734	0,15	-	-	-
91	3939/3985	0,17	-	-	-
92	4005/4032	0,15	-	-	-

Продолжение таблицы Л.1

1		2	3		4
2023 г.					
Методы проведения испытаний: ГОСТ 33824-2016, ГОСТ 30178-96 – отдел испытаний «Бобруйский ЦСМС»					
1	98/91	0,15	1	99/92	0,098
2	100/93	0,13	2	101/94	0,093
3	103,96	0,15	3	102/95	0,091
4	104/97	0,14	4	293/207	0,1
5	105/98	0,13	5	296/210	0,098
6	106/99	0,13	6	297/211	0,095
7	107/100	0,13	7	411/381	0,099
8	199/183	0,15	8	412/382	0,1
9	200/184	0,14	9	413/383	0,098
10	201/185	0,15	10	414/384	0,1
11	202/186	0,15	11	415/385	0,1
12	203/187	0,16	12	416/386	0,098
13	204/188	0,16	13	417/387	0,1
14	205/189	0,15	14	418/388	0,099
15	206/190	0,15	15	419/389	0,099
16	207/191	0,15	16	420/390	0,1
17	208/192	0,15	17	421/391	0,1
18	290/204	0,18	18	422/392	0,1
19	291/205	0,18	19	423/393	0,1
20	292/206	0,18	20	424/394	0,1
21	294/208	0,19	21	425/395	0,098
22	295/209	0,18	22	426/396	0,1
23	298/212	0,14	23	427/397	0,1
24	299/213	0,14	24	515/494	0,1
25	300/214	0,19	25	516/495	0,097
26	301/215	0,14	26	517/496	0,095
27	302/216	0,14	27	518/497	0,095
28	303/217	0,21	28	519/498	0,1
29	304/218	0,18	29	521/500	0,1
30	305/219	0,21	30	522/501	0,1
31	306/220	0,16	31	525/504	0,1
32	307/221	0,15	32	526/505	0,092
33	308/222	0,17	33	527/506	0,098
34	309/223	0,17	34	528/507	0,099
35	310/224	0,17	35	529/509	0,099
36	520/499	0,14	36	533/512	0,098
37	523/502	0,14	37	534/513	0,096
38	524/503	0,14	38	894/901	0,1
39	530/509	0,14	39	895/902	0,1
40	531/510	0,14	40	896/903	0,1
41	532/511	0,14	41	897/904	0,1
42	535/514	0,15	42	900/907	0,097
43	536/515	0,14	43	901/908	0,096
44	537/516	0,14	44	1941/1919	0,1
45	538/517	0,15	45	1942/1920	0,1

Продолжение таблицы Л.1

1		2	3		4
46	539/518	0,14	46	2333/2150	0,1
47	891/898	0,14	47	2234/2151	0,098
48	892/899	0,14	48	2235/2152	0,1
49	893/900	0,14	49	2236/2153	0,099
50	898/905	0,14	50	2237/2154	0,1
51	899/906	0,14	51	2481/2499	0,1
52	1715/1619	0,14	52	2894/2916	0,1
53	1716/1620	0,14	53	2895/2917	0,097
54	1717/1621	0,13	54	3213/3165	0,1
55	1718/1622	0,14	55	3214/3166	0,1
56	1719/1623	0,13	56	3215/3167	0,1
57	2109/1982	0,2	57	3216/3168	0,1
58	2110/1983	0,21	58	3766/3612	0,1
59	2111/1984	0,21	59	3767/3613	0,1
60	2112/1985	0,21	60	3768/3614	0,1
61	2113/1986	0,21	61	3769/3615	0,099
62	2114/1987	0,2	62	3770/3616	0,1
63	2115/1988	0,17	63	3771/3617	0,1
64	2116/1989	0,17	64	3849/3670	0,098
65	2117/1990	0,18	65	3851/3672	0,1
66	2118/1991	0,21	66	3861/3682	0,1
67	2119/1992	0,2	67	3862/3683	0,098
68	2120/1993	0,17	68	3864/3685	0,1
69	2121/1994	0,17	69	3865/3686	0,095
70	2122/1995	0,18	70	4265/4118	0,1
71	2123/1996	0,17	71	4266/4119	0,095
72	2124/1997	0,17	72	4271/4124	0,095
73	2125/1998	0,17	73	4272/4125	0,098
74	2126/1999	0,16	74	4273/4126	0,1
75	2127/2000	0,19	75	4274/4127	0,099
76	2128/2001	0,2	76	4275/4128	0,1
77	2668/2667	0,16	77	4276/4129	0,098
78	2669/2668	0,16	78	4277/4142	0,1
79	2670/2669	0,17	79	4278/4143	0,097
80	2671/2670	0,17	80	4281/4146	0,096
81	2672/2671	0,16	-	-	-
82	2673/2672	0,17	-	-	-
83	2674/2673	0,17	-	-	-
84	2831/2691	0,18	-	-	-
85	2832/2692	0,18	-	-	-
86	2833/2693	0,18	-	-	-
87	2834/2697	0,18	-	-	-
88	2835/2698	0,17	-	-	-
89	2836/2699	0,2	-	-	-
90	2837/2700	0,2	-	-	-
91	2838/2715	0,21	-	-	-
92	2839/2716	0,2	-	-	-
93	2840/2717	0,2	-	-	-

Продолжение таблицы Л.1

	1	2	3		4
94	2841/2718	0,21	-	-	-
95	2842/2719	0,21	-	-	-
96	2843/2720	0,2	-	-	-
97	2844/2721	0,19	-	-	-
98	2846/2851	0,17	-	-	-
99	2847/2852	0,16	-	-	-
100	2848/2853	0,16	-	-	-
101	2849/2854	0,16	-	-	-
102	2850/2855	0,18	-	-	-
103	2851/2856	0,16	-	-	-
104	2852/2857	0,18	-	-	-
105	2853/2858	0,18	-	-	-
106	2854/2859	0,17	-	-	-
107	2845/2850	0,16	-	-	-
108	3147/3111	0,16	-	-	-
109	3146/3110	0,16	-	-	-
110	3217/3169	0,15	-	-	-
111	3218/3170	0,15	-	-	-
112	3219/3171	0,15	-	-	-
113	3365/3314	0,17	-	-	-
114	3642/3604	0,17	-	-	-
115	3643/3605	0,15	-	-	-
116	3644/3606	0,18	-	-	-
117	3702/3607	0,16	-	-	-
118	3703/3608	0,16	-	-	-
119	3704/3609	0,16	-	-	-
120	3705/3610	0,16	-	-	-
121	3706/3611	0,16	-	-	-
122	3850/3671	0,15	-	-	-
123	3852/3673	0,17	-	-	-
124	3853/3674	0,18	-	-	-
125	3854/3675	0,17	-	-	-
126	3855/3676	0,18	-	-	-
127	3856/3677	0,17	-	-	-
128	3857/3678	0,17	-	-	-
129	3858/3679	0,18	-	-	-
130	3859/3680	0,17	-	-	-
131	3860/3681	0,14	-	-	-
132	3863/3684	0,16	-	-	-
133	4026/3933	0,15	-	-	-
134	4027/3934	0,16	-	-	-
135	4028/3935	0,18	-	-	-
136	4029/3936	0,14	-	-	-
137	4030/3937	0,15	-	-	-
138	4031/3938	0,15	-	-	-
139	4032/3939	0,14	-	-	-
140	4262/4115	0,17	-	-	-
141	4263/4116	0,16	-	-	-

Продолжение таблицы Л.1

1		2	3		4
142	4264/4117	0,16	-	-	-
143	4267/4120	0,17	-	-	-
144	4268/4121	0,17	-	-	-
145	4269/4122	0,17	-	-	-
146	4270/4123	0,17	-	-	-
147	4279/4144	0,16	-	-	-
148	4280/4145	0,16	-	-	-
2024 г.					
Метод проведения испытаний: ГОСТ 30178-96 – отдел испытаний «Бобруйский ЦСМС»					
1	412/302	0,15	1	401/303	0,1
2	403/305	0,15	2	402/304	0,1
3	407/309	0,17	3	404/306	0,096
4	409/311	0,15	4	405/307	0,1
5	522/390	0,16	5	406/308	0,1
6	523/391	0,14	6	408/310	0,098
7	524/392	0,15	7	470/352	0,095
8	525/393	0,14	8	471/353	0,099
9	533/402	0,16	9	472/354	0,097
10	534/403	0,14	10	473/355	0,097
11	535/404	0,15	11	474/356	0,099
12	536/405	0,15	12	475/357	0,1
13	537/406	0,17	13	476/358	0,1
14	538/407	0,15	14	477/359	0,1
15	541/410	0,16	15	478/360	0,1
16	542/411	0,15	16	479/361	0,1
17	543/412	0,15	17	512/380	0,1
18	1184/1080	0,25	18	513/381	0,095
19	1894/1719	0,14	19	514/382	0,094
20	1895/1720	0,17	20	515/383	0,094
21	1896/1721	0,17	21	516/384	0,1
22	1897/1722	0,16	22	517/385	0,094
23	1898/1723	0,17	23	518/386	0,098
24	1899/1724	0,17	24	519/387	0,098
25	1900/1725	0,17	25	520/388	0,098
26	1901/1726	0,14	26	521/389	0,1
27	1902/1727	0,14	27	539/408	0,093
28	1903/1728	0,15	28	540/409	0,1
29	1904/1729	0,14	29	1176/1081	0,098
30	1905/1730	0,14	30	1177/1082	0,1
31	1906/1731	0,14	31	1178/1083	0,1
32	1907/1732	0,14	32	1179/1084	0,096
33	1912/1764	0,14	33	1180/1085	0,1
34	1913/1765	0,17	34	1181/1086	0,1
35	1914/1766	0,13	35	1182/1087	0,1
36	1915/1767	0,17	36	1183/1088	0,094
37	1616/1768	0,17	-	-	-
38	1917/1769	0,16	-	-	-

Таблица Л.2 – Количественная характеристика контаминации продукции, изготовленной с использованием ядра подсолнечника на основании результатов производственного контроля на предприятиях концерна «Белгоспищепром» в 2021–2024 гг. (мг/кг)

Год	Наименование кондитерского изделия	Норматив по кадмию согласно ТР ТС 021/2011	Результаты лабораторных испытаний	№ протокола, кем выдан
1	2	3	4	5
Методы проведения испытаний: ГОСТ 33824-2016, ГОСТ EN 14083-2013				
2021	1. Халва подсолнечная без добавления сахара	0,1 мг/кг	менее 0,003 мг/кг	№ 1013с/29 «Бобруйский ЦСМС»
	2. Халва подсолнечная глазированная		0,091 мг/кг	№ 2192с/39 «Бобруйский ЦСМС»
	3. Халва подсолнечная «Орешек»		менее 0,01 мг/кг	№ 4953 РУП «НПЦ НАН Беларуси по продовольствию»
Методы проведения испытаний: ГОСТ 30178-96, ГОСТ 33824-2016 ГОСТ EN 14083-2013				
2022	1. Козинак подсолнечный	0,1 мг/кг	0,09 мг/кг	№ 1848 РУП «НПЦ НАН Беларуси по продовольствию»
	2. Халва подсолнечная «Орешек»		0,09 мг/кг	№ 1848 РУП «НПЦ НАН Беларуси по продовольствию»
	3. Халва подсолнечная глазированная		0,09 мг/кг	№ 1848 РУП «НПЦ НАН Беларуси по продовольствию»
	4. Конфеты «Подсолнечник и лен в мягкой карамели»		0,09 мг/кг	№ 2521 РУП «НПЦ НАН Беларуси по продовольствию»
	5. Халва подсолнечная без добавления сахара		0,08 мг/кг	№ 4205 РУП «НПЦ НАН Беларуси по продовольствию»
Методы проведения испытаний: ГОСТ 30178-96, ГОСТ 33824-2016, ГОСТ EN 14083-2013				
2023	1. Халва подсолнечная глазированная	0,1 мг/кг	0,09 мг/кг	№ 1061/4с «Бобруйский ЦСМС»
	2. Козинак подсолнечный		0,085 мг/кг	№ 1053/850 «Бобруйский ЦСМС»
	3. Конфеты «Подсолнечник и лен в мягкой карамели»		0,093 мг/кг	№ 1055/852 «Бобруйский ЦСМС»
	4. Халва подсолнечная без добавления сахара		0,09 мг/кг	№ 1056/853 «Бобруйский ЦСМС»
	5. Халва подсолнечная «Орешек»		0,073 мг/кг	№ 1056/853 «Бобруйский ЦСМС»

Продолжение таблицы Л.2

1	2	3	4	5
	6. Паста подсолнечная с морской солью		0,1 мг/кг	№ 1712/1336 «Бобруйский ЦСМС»
	7. Халва подсолнечная с солью		0,08 мг/кг	№ 4127/3758 «Бобруйский ЦСМС»
Методы проведения испытаний: ГОСТ 30178-96, ГОСТ EN 14083-2013				
2024	1. Козинак подсолнечный	0,1 мг/кг	0,084 мг/кг	№ 1417/1006 «Бобруйский ЦСМС»
	2. Халва подсолнечная «Орешек»		0,083 мг/кг	№ 1427/1018 «Бобруйский ЦСМС»
	3. Халва подсолнечная глазированная		0,085 мг/кг	№ 1428/1019 «Бобруйский ЦСМС»
	4. Халва подсолнечная без добавления сахара		0,096 мг/кг	№ 1426/1017 «Бобруйский ЦСМС»
	5. Конфеты «Подсолнечник и лен в мягкой карамели»		0,02 мг/кг	№ 1976 РУП «НПЦ НАН Беларуси по продовольствию»
	6. Халва подсолнечная с изюмом		0,06 мг/кг	№ 1976 РУП «НПЦ НАН Беларуси по продовольствию»
	7. Халва подсолнечная сахарная		0,075 мг/кг	№ 4038/3866 «Бобруйский ЦСМС»
	8. Халва «Ванильный аромат»		0,087 мг/кг	№ 4084/3867 «Бобруйский ЦСМС»
	9. Халва подсолнечная с перцем		0,094 мг/кг	№ 4085/3909 «Бобруйский ЦСМС»

ПРИЛОЖЕНИЕ М

Рационы питания населения государств – членов Евразийского экономического союза

Таблица М.1 – Рацион питания населения Республики Армения

Наименование групп пищевых продуктов	Потребление, кг/сут
Мясо и мясопродукты в пересчете на мясо	0,13
Молоко и молочные продукты (в пересчете на молоко)	0,67
Сахар	0,07
Растительное масло	0,03
Картофель	0,29
Овощи и бахчевые	0,53
Фрукты и ягоды	0,16
Хлебные продукты (хлеб, макаронные изделия, мука, крупа, бобовые)	0,32
Рыба и рыбопродукты	0,02
Всего	–

Таблица М.2 – Рацион питания населения Республики Казахстан

Наименование групп пищевых продуктов	Потребление, кг/сутки
Мясо и мясопродукты в пересчете на мясо	0,178
Молоко и молочные продукты (в пересчете на молоко)	1,916
Масла и жиры	0,002
Творог	0,028
Сыр	0,014
Сахар, джем, мёд, конд. изделия	0,039
Растительное масло	0,033
Картофель	0,124
Овощи и бахчевые	0,329
Фрукты и ягоды	0,290
Хлебные продукты (хлеб, макаронные изделия, мука, крупа, бобовые)	0,369
Рыба и рыбопродукты	0,005
Всего	–

Таблица М.3 – Рацион питания населения Республики Кыргызстан

Наименование групп пищевых продуктов	Потребление, кг/сутки
Мясо и мясопродукты в пересчете на мясо	0,13
Молоко и молочные продукты (в пересчете на молоко)	0,67
Сахар	0,07
Растительное масло	0,03
Картофель	0,29
Овощи и бахчевые	0,53
Фрукты и ягоды	0,16
Хлебные продукты (хлеб, макаронные изделия, мука, крупа, бобовые)	0,32
Рыба и рыбопродукты	0,02

Таблица М.4 – Рацион питания населения Российской Федерации

Наименование групп пищевых продуктов	Потребление, кг/сутки
Хлебные продукты (хлеб и макаронные изделия в пересчете на муку, мука, крупы, бобовые)	0,247
Картофель	0,142
Овощи и бахчевые	0,277
Фрукты свежие	0,197
Сахар	0,066
Сахар и кондитерские изделия	0,082
Мясопродукты	0,258
Рыбопродукты всего	0,06
Молоко и молокопродукты всего в пересчете на молоко	0,726
Яйца (штук)	0,638
Масло растительное	0,027
Ядро подсолнечника	0,00146
Халва	0,00048
Козинаки	0

Таблица М.5 – Рацион питания взрослого населения Республики Беларусь

Наименование групп пищевых продуктов	Потребление, кг/сутки
Хлеб и хлебобулочные изделия	0,0414
Крупы, макароны	0,0410
Картофель	0,0251
Овощи, фрукты	0,2231
Шоколад и шоколадные конфеты	0,0030
Сахар	0,0640
Масло растительное	0,0117
Мясо и мясные продукты	0,0691
Рыба и рыбные продукты	0,0060
Молочные продукты	0,0495
Творог	0,0117
Сыр	0,0071
Ядро подсолнечника	0,0039
Халва	0,0025
Козинаки	0,0016

Таблица М.6 – Рацион питания детского населения (3–6 лет) Республики Беларусь

Наименование групп пищевых продуктов	Потребление, кг/сутки
Хлеб и хлебобулочные изделия	0,0414
Крупы, макароны	0,0410
Картофель	0,0251
Овощи, фрукты	0,2231
Шоколад и шоколадные конфеты	0,0030
Сахар	0,0640
Масло растительное	0,0117
Мясо и мясные продукты	0,0691
Рыба и рыбные продукты	0,0060
Молочные продукты	0,0495
Творог	0,0117
Сыр	0,0071
Ядро подсолнечника	0,007
Халва	0,007
Козинаки	0,002

Таблица М.7 – Рацион питания детского населения (7–17 лет) Республики Беларусь

Наименование групп пищевых продуктов	Потребление, кг/сутки
Хлеб и хлебобулочные изделия	0,0414
Крупы, макароны	0,0410
Картофель	0,0251
Овощи, фрукты	0,2231
Шоколад и шоколадные конфеты	0,0030
Сахар	0,0640
Масло растительное	0,0117
Мясо и мясные продукты	0,0691
Рыба и рыбные продукты	0,0060
Молочные продукты	0,0495
Творог	0,0117
Сыр	0,0071
Ядро подсолнечника	0,007
Халва	0,005
Козинаки	0,002

ПРИЛОЖЕНИЕ Н

**Оценка алиментарной экспозиции при различных сценариях для населения
государств – членов Евразийского экономического союза**

Таблица Н.1 – Результаты оценки алиментарной экспозиции Cd при различных сценариях для населения Республики Армения

Наименование групп пищевых продуктов	Потребление, кг/сут	Сценарий 1			Сценарий 2			Сценарий 3		
		содержание Cd = ДУ, мг/кг	доза, мг	%	содержание Cd = ½ ПКО, мкг/кг	доза, мкг	%	содержание Cd = min, мкг/кг	доза, мкг	%
Мясо и мясопродукты в пересчете на мясо	0,13	0,05	0,0063	7,05	0,05	0,0063	0,56	0,1	0,0127	0,67
Молоко и молочные продукты (в пересчете на молоко)	0,67	0,03	0,0200	22,18	0,05	0,0333	2,94	0,1	0,0665	3,51
Сахар	0,07	0,05	0,0033	3,72	3	0,2010	17,75	3	0,2010	10,61
Растительное масло	0,03	0,05	0,0017	1,90	0,5	0,0171	1,51	1,8	0,0615	3,25
Картофель	0,29	0,03	0,0088	9,74	0,25	0,0730	6,45	1,1	0,3214	16,97
Овощи и бахчевые	0,53	0,03	0,0159	17,63	1,5	0,7934	70,09	1,1	0,5819	30,72
Фрукты и ягоды	0,16	0,03	0,0049	5,50	0,25	0,0412	3,64	1,1	0,1814	9,58
Хлебные продукты (хлеб, макаронные изделия, мука, крупа, бобовые)	0,32	0,07	0,0224	24,89	0,5	0,1600	14,13	2	0,6400	33,79
Рыба и рыбопродукты	0,02	0,2	0,0032	3,51	0,5	0,0079	0,70	1,8	0,0285	1,50
Всего	–	–	0,090	–	–	1,3333	–	–	2,0947	–

Таблица Н.2 – Результаты оценки алиментарной экспозиции Cd при различных сценариях для населения Республики Казахстан

Наименование групп пищевых продуктов	Потребление, кг/сутки	Сценарий 1			Сценарий 2			Сценарий 3		
		содержание Cd = ДУ, мг/кг	доза, мг	%	содержание Cd = ½ ПКО, мкг/кг	доза, мкг	%	содержание Cd = min, мкг/кг	доза, мкг	%
Мясо и мясопродукты в пересчете на мясо	0,178	0,05	0,0089	6,63	0,05	0,0089	0,48	0,1	0,0178	0,81
Молоко и молочные продукты (в пересчете на молоко)	1,916	0,03	0,0575	42,89	0,05	0,0958	5,21	0,1	0,1916	8,79
Масла и жиры	0,002	0,05	0,0001	0,08	0,5	0,0010	0,06	1,8	0,0037	0,17
Творог	0,028	0,1	0,0028	2,09	3,5	0,0980	5,33	3,5	0,0980	4,50
Сыр	0,014	0,2	0,0028	2,09	3,5	0,0490	2,66	3,5	0,0490	2,25
Сахар, джем, мёд, конд. изделия	0,039	0,05	0,0019	1,45	3	0,1164	6,32	3	0,1164	5,34
Растительное масло	0,033	0,05	0,0017	1,23	0,5	0,0165	0,90	1,8	0,0594	2,72
Картофель	0,124	0,03	0,0037	2,77	1,5	0,1858	10,10	1,1	0,1362	6,25
Овощи и бахчевые	0,329	0,03	0,0099	7,36	1,5	0,4933	26,81	1,1	0,3617	16,59
Фрукты и ягоды	0,290	0,03	0,0087	6,50	1,5	0,4355	23,67	1,1	0,3194	14,65
Хлебные продукты (хлеб, макаронные изделия, мука, крупа, бобовые)	0,369	0,07	0,0258	19,29	0,5	0,1846	10,03	1,8	0,6647	30,49
Рыба и рыбопродукты	0,005	0,2	0,0011	0,81	0,5	0,0027	0,15	1,8	0,0097	0,45
Всего	–	–	0,1398	–	–	1,6874	–	–	2,0275	–

Таблица Н.3 – Результаты оценки алиментарной экспозиции Cd при различных сценариях для населения Республики Кыргызстан

Наименование групп пищевых продуктов	Потребление, кг/сутки	Сценарий 1			Сценарий 2			Сценарий 3		
		содержание Cd = ДУ, мг/кг	доза, мг	%	содержание Cd = ½ ПКО, мкг/кг	доза, мкг	%	содержание Cd = min, мкг/кг	доза, мкг	%
Мясо и мясопродукты в пересчете на мясо	0,13	0,05	0,0063	7,05	0,05	0,0063	0,37	0,10	0,0127	0,69
Молоко и молочные продукты (в пересчете на молоко)	0,67	0,03	0,0200	22,18	0,05	0,0333	1,96	0,10	0,0665	3,64
Сахар	0,07	0,05	0,0033	3,72	3,00	0,2010	11,82	3,00	0,2010	10,98
Растительное масло	0,03	0,05	0,0017	1,90	0,50	0,0171	1,01	1,80	0,0615	3,36
Картофель	0,29	0,03	0,0088	9,74	1,50	0,4383	25,78	1,10	0,3214	17,56
Овощи и бахчевые	0,53	0,03	0,0159	17,63	1,50	0,7933	46,66	1,10	0,5817	31,79
Фрукты и ягоды	0,16	0,03	0,0049	5,50	1,50	0,2474	14,55	1,10	0,1814	9,91
Хлебные продукты (хлеб, макаронные изделия, мука, крупа, бобовые)	0,32	0,07	0,0224	24,89	0,5	0,1600	9,41	1,8	0,5760	31,48
Рыба и рыбопродукты	0,02	0,20	0,0032	3,52	0,50	0,0079	0,47	1,80	0,0285	1,56
Всего	–	–	0,0902	–	–	1,9045	–	–	2,0307	–

Таблица Н.4 – Результаты оценки алиментарной экспозиции Cd при различных сценариях для населения Российской Федерации

Наименование групп пищевых продуктов	Потребление, кг/сутки	Сценарий 1			Сценарий 2			Сценарий 3		
		содержание Cd = ДУ, мг/кг	доза, мг	%	содержание Cd = ½ ПКО, мкг/кг	доза, мкг	%	содержание Cd = min, мкг/кг	доза, мкг	%
Хлебные продукты (хлеб и макаронные изделия в пересчете на муку, мука, крупы, бобовые)	0,247	0,07	0,0173	17,46	0,5	0,1235	9,22	1,8	0,4446	24,77
Картофель	0,142	0,03	0,0043	4,30	1,5	0,2130	15,90	1,1	0,1562	8,70
Овощи и бахчевые	0,277	0,03	0,0083	8,39	1,5	0,4155	31,01	1,1	0,3047	16,97
Фрукты свежие	0,197	0,03	0,0059	5,97	1,5	0,2955	22,05	1,1	0,2167	12,07
Сахар	0,066	0,05	0,0033	3,33	3	0,1980	14,78	3	0,1980	11,03
Сахар и кондитерские изделия	0,082	0,1	0,0082	8,28	3	0,2460	18,36	3	0,2460	13,70
Мясопродукты	0,258	0,05	0,0129	13,03	0,05	0,0129	0,96	0,1	0,0258	1,44
Рыбопродукты всего	0,06	0,2	0,0120	12,12	0,5	0,0300	2,24	1,8	0,1080	6,02
Молоко и молокопродукты всего в пересчете на молоко	0,726	0,03	0,0218	22,00	0,05	0,0363	2,71	0,1	0,0726	4,04
Яйца (штук)	0,638	0,01	0,0000	0,00		0,0000	0,00		0,0000	0,00
Масло растительное	0,027	0,05	0,0014	1,36	0,5	0,0135	1,01	1,8	0,0486	2,71
Ядро подсолнечника	0,00146	0,20	0,0003	0,30	113*	0,1652	12,33	113*	0,1652	9,20
Халва	0,00048	0,1	0,0000	0,05	74	0,0352	2,63	74	0,0352	1,96
Козинаки	0	0,1	0,0000	0,00	85	0,0000	0,00	85	0,00	0,00
Всего	–	–	0,0956	–	–	1,7846	–	–	2,0216	–

* использовано среднее арифметическое значение

Таблица Н.5 – Результаты оценки алиментарной экспозиции Cd при различных для взрослого населения Республики Беларусь

Наименование групп пищевых продуктов	Потребление, кг/сутки	Сценарий 1			Сценарий 2			Сценарий 3		
		содержание Cd = ДУ, мг/кг	доза, мг	%	содержание Cd = ½ ПКО, мкг/кг	доза, мкг	%	содержание Cd = min, мкг/кг	доза, мкг	%
Хлеб и хлебобулочные изделия	0,0414	0,07	0,0029	11,58	0,5	0,0207	1,05	1,8	0,0744	3,70
Крупы, макароны	0,0410	0,1	0,0041	16,38	0,5	0,0205	1,04	2	0,0819	4,07
Картофель	0,0251	0,03	0,0008	3,01	1,5	0,0376	1,91	1,1	0,0276	1,37
Овощи, фрукты	0,2231	0,03	0,0067	26,77	1,5	0,3346	16,99	1,1	0,2454	12,21
Шоколад и шоколадные конфеты	0,0030	0,5	0,0015	6,00	180	0,5400	27,41	180	0,5400	26,87
Сахар	0,0640	0,05	0,0032	12,80	3	0,1920	9,75	3	0,1920	9,55
Масло растительное	0,0117	0,05	0,0006	2,34	0,5	0,0059	0,30	1,8	0,0211	1,05
Мясо и мясные продукты	0,0691	0,05	0,0035	13,82	0,05	0,0035	0,18	0,1	0,0069	0,34
Рыба и рыбные продукты	0,0060	0,2	0,0012	4,80	0,5	0,0030	0,15	1,8	0,0108	0,54
Молочные продукты	0,0495	0,03	0,0015	5,94	0,05	0,0025	0,13	0,1	0,0049	0,25
Творог	0,0117	0,1	0,0012	4,68	3,5	0,0410	2,08	3,5	0,0410	2,04
Сыр	0,0071	0,2	0,0014	5,71	3	0,0214	1,09	3	0,0214	1,07
Ядро подсолнечника	0,0039	0,20	0,0008	3,15	100*	0,3940	20,00	100	0,3940	19,60
Халва	0,0025	0,1	0,0003	1,00	80*	0,2000	10,15	80	0,2000	9,95
Козинаки	0,0016	0,1	0,0002	0,62	100*	0,1560	7,92	100	0,1560	7,76
Всего	–	–	0,0296	–	–	1,9725	–	–	2,0174	–

* здесь и далее – для сценариев 2 и 3 использована медиана содержания кадмия

ПРИЛОЖЕНИЕ П

Вклад пищевых продуктов в алиментарную экспозицию кадмием различных групп населения Республики Беларусь и Российской Федерации

Таблица П.1 – Вклад пищевых продуктов в алиментарную экспозицию кадмием различных групп населения Республики Беларусь по сценариям 2–3, %

Группа продуктов	Сценарий	
	2	3
Взрослое население		
Ядро подсолнечника	20,00	19,60
Шоколад, шоколадные конфеты	27,41	26,87
Овощи, фрукты	16,99	12,21
Халва	10,15	9,95
Сахар	9,75	9,55
Козинаки	7,92	7,76
Картофель	1,91	1,37
Сыр	1,09	1,07
Творог	2,08	2,04
Хлеб и хлебобулочные изделия	1,05	3,70
Крупы, макароны	1,04	4,07
Масло растительное	0,30	1,05
Мясо и мясные продукты	0,18	0,34
Молоко и молочные продукты	0,13	0,25
Рыба и рыбные продукты	0,15	0,54

Таблица П.2 – Вклад пищевых продуктов в алиментарную экспозицию кадмием различных групп населения Российской Федерации по сценариям 2 и 3, %

Группа продуктов	Сценарий	
	2	3
Молоко и молокопродукты	2,71	4,04
Хлебные продукты	9,22	24,77
Овощи и бахчевые	31,01	16,97
Мясопродукты	0,96	1,44
Рыбопродукты	2,24	6,02
Фрукты свежие	22,05	12,07
Сахар и кондитерские изделия	18,36	13,70
Сахар	14,78	11,03
Картофель	15,90	8,70
Ядро подсолнечника	12,55	20,61
Халва	2,49	2,65
Козинаки	0,00	0,00
Масло растительное	1,01	2,71

ПРИЛОЖЕНИЕ Р

**Расчетные значения ДУ для халвы и козинаков с учетом типичных рецептур.
Оценка экспозиции кадмием для реалистичных сценариев 2 и 3 для взрослого населения Республики Беларусь с учетом обоснованных ДУ для ядра подсолнечника,
халвы и козинаков**

Таблица Р.1 – Расчетные значения ДУ для халвы и козинаков с учетом типичных рецептов

Рецептуры	%	Содержание Cd	Максимальное содержание Cd на уровне МДУ для сырья	Содержание Cd	Содержание Cd на уровне фактических значений для сахара и патоки и МДУ для ядра	Содержание Cd	Содержание Cd на уровне значений ПО метода определения для сахара и патоки и МДУ для ядра	Содержание Cd	Содержание Cd на уровне максимальных значений для сахара и патоки и МДУ для ядра
Республика Беларусь									
Халва 1:	–	–	–	–	–	–	–	–	–
ядро подсолнечника	53,8	0,2	0,1076	0,2	0,108	0,2	0,108	–	–
сахар, мед	18	0,05	0,009	0,003	0,0005	0,001	0,0002		
патока	34	0,1	0,034	0,003	0,0010	0,001	0,0003		
Всего	–	–	0,151	–	0,109	–	0,108		
Халва 2:	–	–	–	–	–	–	–	–	–
ядро подсолнечника	54,6	0,2	0,1076	0,2	0,109	0,2	0,109	0,2	0,1092
сахар, мед	17,9	0,05	0,009	0,003	0,0005	0,001	0,0002	0,025	0,0045
патока	34	0,1	0,034	0,003	0,0010	0,001	0,0003	0,025	0,0085
Всего	–	–	0,151	–	0,111	–	0,110	–	0,1222
Козинаки:	–	–	–	–	–	–	–	–	–
ядро подсолнечника	71,6	0,2	0,1432	0,2	0,143	0,2	0,143	0,2	0,1432
сахар, мед	22,7	0,05	0,01135	0,003	0,0007	0,001	0,0002	0,025	0,0057
патока	9,6	0,1	0,0096	0,003	0,0003	0,001	0,0001	0,025	0,0024
Всего	–	–	0,164	–	0,144	–	0,144	–	0,1513

Продолжение таблицы Р.1

Рецептуры	%	Содержание Cd	Максимальное содержание Cd на уровне МДУ для сырья	Содержание Cd	Содержание Cd на уровне фактических значений для сахара и патоки и МДУ для ядра	Содержание Cd	Содержание Cd на уровне значений ПО метода определения для сахара и патоки и МДУ для ядра	Содержание Cd	Содержание Cd на уровне максимальных значений для сахара и патоки и МДУ для ядра
Российская Федерация									
Халва 1:	–	–	–	–	–	–	–	–	–
ядро подсолнечника	54,6	0,2	0,108	0,2	0,109	0,2	0,109	–	
сахар, мед	17,9	0,05	0,0125	0,003	0,001	0,001	0,000		
патока	34	0,1	0,022	0,003	0,001	0,001	0,000		
Всего	–	–	0,1425	–	0,111	–	0,110		
Халва 2:	–	–	–	–	–	–	–	–	–
ядро подсолнечника	57	0,2	0,114	0,2	0,114	0,2	0,1140	0,2	0,1140
сахар, мед	25	0,05	0,013	0,003	0,001	0,001	0,0003	0,25	0,0063
патока	22	0,1	0,022	0,003	0,001	0,001	0,0002	0,25	0,0055
Всего	–	–	0,149	–	0,115	–	0,114	–	0,1258
Козинаки:	–	–	–	–	–	–	–	–	–
ядро подсолнечника	68,3	0,2	0,1366	0,2	0,1366	0,2	0,1366	0,2	0,1366
сахар-песок	23,7	0,05	0,01185	0,003	0,0007	0,001	0,0002	0,025	0,0059
патока	13,4	0,1	0,0134	0,003	0,0004	0,001	0,0001	0,025	0,0034
Всего	–	–	0,16185	–	0,1377	–	0,1370	-	0,1459

Таблица Р.2 – Оценка экспозиции кадмием для реалистичного сценария 2 для взрослого населения Республики Беларусь с учетом обоснованных ДУ для ядра подсолнечника, халвы и козинаков

Наименование групп пищевых продуктов	Потребление, кг/сутки	Сценарий 2		
		содержание Cd = ½ ПКО, мкг/кг	экспозиция, мкг	%
Хлеб и хлебобулочные изделия	0,0414	0,5	0,0207	0,79
Крупы, макароны	0,041	0,5	0,0205	0,78
Картофель	0,0251	1,5	0,03765	1,44
Овощи, фрукты	0,2231	1,5	0,33465	12,77
Шоколад и шоколадные конфеты	0,003	180	0,54	20,61
Сахар	0,064	3	0,192	7,33
Масло растительное	0,0117	0,5	0,00585	0,22
Мясо и мясные продукты	0,0691	0,05	0,003455	0,13
Рыба и рыбные продукты	0,006	0,5	0,003	0,11
Молочные продукты	0,0495	0,05	0,002475	0,09
Творог	0,0117	3,5	0,04095	1,56
Сыр	0,0071	3	0,0213	0,81
Ядро подсолнечника	0,0039	200	0,78	29,77
Халва	0,0025	110	0,275	10,50
Козинаки	0,0016	140	0,224	8,55
Всего	–	–	2,50153	–

ПРИЛОЖЕНИЕ С

Проект изменений в ЕСТ

ПРИЛОЖЕНИЕ

к Решению Коллегии
Евразийской экономической комиссии
от 20 г. №

**ИЗМЕНЕНИЯ,
вносимые в перечень товаров, для которых установлены единые санитарные
требования (согласно кодам ТН ВЭД ЕАЭС), раздела 1 главы II Единых санитарно-
эпидемиологических и гигиенических требований к продукции (товарам),
подлежащей
санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю)**

1. Пункт 5.2 в строке «кадмий» в графе «Примечания» дополнить словами «0,11 для халвы подсолнечной, 0,14 для козинаков подсолнечных».
2. Пункт 7.4 в строке «кадмий» в графе «Примечания» дополнить словами «, для ядра подсолнечника».