

Научная статья

УДК 637.07

DOI: 10.36718/1819-4036-2022-2-130-138

**Зухра Сансызбаевна Апсаликова<sup>1✉</sup>, Кумарбек Жунусбекович Амирханов<sup>2</sup>,  
Александра Викторовна Липихина<sup>3</sup>**<sup>1,2</sup> НАО «Университет имени Шакарима города Семей», Семей, Республика Казахстан<sup>3</sup> НАО «Медицинский университет Семей», Семей, Республика Казахстан<sup>1</sup> zingatinovazs@mail.ru<sup>2</sup> aspirant57@mail.ru<sup>3</sup> a.v.lipikhina@mail.ru

### ИССЛЕДОВАНИЕ ПИЩЕВОЙ БЕЗОПАСНОСТИ МЯСА ОВЕЦ, ВЫРАЩЕННЫХ НА ЭКОЛОГИЧЕСКИ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

В работе представлены данные по экологической оценке сельскохозяйственных территорий, а именно: содержание радиоактивных элементов Cs-137 и естественных радионуклидов (ЕРН) – Ra-226, Th-232 и K-40 в объектах окружающей среды (почва, растительность и вода), содержание тяжелых металлов (Pb, Cd, As, Hg) и радионуклидов Cs-137 и Sr-90 в мясном сырье мелкого рогатого скота (МРС). Пробы объектов окружающей среды (почва, растительность, вода) и пробы мяса отбирались на территории Абайского района, прилегающей к Семипалатинскому испытательному ядерному полигону (СИЯП). Исследуемые территории относятся к территориям максимального радиационного риска из-за радиоактивных выпадений при проведении испытаний атомного оружия. В ходе проведенных гамма-спектрометрических измерений проб почвы, растительности и воды исследуемых территорий были выявлены уровни активности Cs-137 и естественных радионуклидов (ЕРН) – Ra-226, Th-232 и K-40. Можно сделать следующий вывод: уровни гамма-излучающих радионуклидов (в частности, Cs-137, Ra-226, Th-232 и K-40) в объектах окружающей среды вне территории СИЯП сопоставимы с глобальными уровнями. В ходе проведения исследования выявлено, что содержание в мясе тяжелых металлов не превышает нормативно установленных значений. Установлено снижение уровней токсических элементов и радионуклидов в мясе при его термической обработке. Так, уровень содержания свинца в мясе сократился с 0,29 до 0,12 мг/кг, кадмия с 0,03 до 0,013 мг/кг, мышьяка с 0,066 до 0,055 мг/кг соответственно. Длительная термическая обработка снизила уровень содержания радионуклидов Cs-137 и Sr-90 с 3,564 до 1,075 Бк/кг и с 0,02 до 0,012 Бк/кг соответственно. Наибольшее снижение уровней токсичности и радионуклидов наблюдается при длительной термической обработке (варка или тушение более 2 часов).

**Ключевые слова:** мясное сырье, пищевая безопасность, радионуклиды, тяжелые металлы, термическая обработка

**Для цитирования:** Апсаликова З.С., Амирханов К.Ж., Липихина А.В. Исследование пищевой безопасности мяса овец, выращенных на экологически неблагоприятных территориях // Вестник КрасГАУ. 2022. № 2. С. 130–138. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-2-130-138.

**Zukhra Sansyzbaevna Apsalikova<sup>1✉</sup>, Kumarbek Zhunusbekovich Amirkhanov<sup>2</sup>, Alexandra Viktorovna Lipikhina<sup>3</sup>**<sup>1,2</sup> NCJSC Semey Shakarim University, Semey, Republic of Kazakhstan<sup>3</sup> NCJSC Semey Medical University, Semey, Republic of Kazakhstan<sup>1</sup> zingatinovazs@mail.ru<sup>2</sup> aspirant57@mail.ru<sup>3</sup> a.v.lipikhina@mail.ru

© Апсаликова З.С., Амирханов К.Ж., Липихина А.В.

Вестник КрасГАУ. 2022. № 2. С. 130–138.

Bulliten KrasSAU. 2022;(2):130–138.

## STUDY OF FOOD SAFETY OF SHEEP MEAT, GROWN ON ENVIRONMENTALLY UNFAVORABLE TERRITORIES

*The paper presents data on the environmental assessment of agricultural areas, namely: the content of radioactive elements Cs-137 and natural radionuclides (NRN) – Ra-226, Th-232 and K-40 in environmental objects (soil, vegetation and water), the content heavy metals (Pb, Cd, As, Hg) and radionuclides Cs-137 and Sr-90 in raw meat of small ruminants (MRC). Samples of environmental objects (soil, vegetation, water) and meat samples were taken on the territory of the Abai Region adjacent to the Semipalatinsk nuclear test site (SNTS). The study areas are classified as areas of maximum radiation risk due to radioactive fallout during nuclear weapons testing. In the course of the gamma-spectrometric measurements of soil, vegetation and water samples of the studied territories, the levels of activity of Cs-137 and natural radionuclides (NRN) – Ra-226, Th-232 and K-40 were revealed. The following conclusion can be drawn: the levels of gamma-emitting radionuclides (in particular, Cs-137, Ra-226, Th-232 and K-40) in environmental objects outside the SNTS territory are comparable to global levels. In the course of the study, it was revealed that the content of heavy metals in meat does not exceed the normatively established values. A decrease in the levels of toxic elements and radionuclides in meat during its heat treatment was established. Thus, the level of lead in meat decreased from 0.29 to 0.12 mg/kg, cadmium from 0.03 to 0.013 mg/kg, arsenic from 0.066 to 0.055 mg/kg, respectively. Long-term heat treatment reduced the level of Cs-137 and Sr-90 radionuclides from 3.564 to 1.075 Bq/kg and from 0.02 to 0.012 Bq/kg, respectively. The greatest decrease in the levels of toxicity and radionuclides is observed during prolonged heat treatment (boiling or stewing for more than 2 hours).*

**Keywords:** raw meat, food safety, radionuclides, heavy metals, heat treatment

**For citation:** Apsalikova Z.S., Amirkhanov K.Zh., Lipikhina A.V. Study of food safety of sheep meat, grown on environmentally unfavorable territories // Bulliten KrasSAU. 2022;(2):130–138. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2022-2-130-138.

**Введение.** Содержание макро- и микроэлементов в мясном сырье зависит от различных факторов, в частности от условий производства сельскохозяйственной продукции и других мероприятий, связанных с воздействием человека на окружающую среду, а также технологической обработкой пищевых продуктов. Но прежде всего качество и безопасность готового продукта зависят от качества основного и дополнительного сырья. Для получения безопасных и качественных готовых продуктов основное и дополнительное сырье проходит проверку на отсутствие индивидуальных токсикантов.

На сегодняшний день для объективной экологической оценки состояния территории и степени ее трансформации в результате техногенеза необходимо изучать химический состав различных природных сред, в том числе и элементный состав биосубстратов сельскохозяйственных животных (мясо и молоко), как основных продуктов питания человека – одного из важнейших звеньев в цепочке человек – окружающая среда [1].

Непрерывное загрязнение окружающей среды разнообразными промышленными отхода-

ми, использование сотен различных пестицидов химического и биологического происхождения в сельском хозяйстве создают устойчивый многоликий источник опасных токсикантов, попадающих в продовольственное сырье, а затем и в продукты питания [2]. На территориях, прилегающих к Семипалатинскому испытательному ядерному полигону (СИЯП), эту ситуацию усложняет поступление радиоактивных элементов в объекты окружающей среды на протяжении десятилетий проведения ядерных испытаний (1949–1990 гг. XX в.).

Продукты питания растительного и животного происхождения являются конечным звеном биологической цепи, по которой химические элементы, в том числе и радиоактивные вещества, могут поступать непосредственно в организм человека. Поэтому определение содержания химических элементов в продуктах питания и степени загрязнения радиоактивными веществами продуктов питания, употребляемых жителями населенных пунктов, находившихся в зоне влияния ядерных испытаний, является условием, необходимым для полной характери-

стики радиационно-гигиенической обстановки на этих территориях [3].

Необходимым условием для последующей оценки безопасности пищевой продукции является предварительное изучение радиоизотопного состава объектов окружающей среды (таких как почва, растительность, вода) территорий, на которых производятся продукты питания.

Применение этих компонентов природной среды в радиэкологической оценке территории не случайно. Так, известно, что буферное свойство почвы создает необходимые условия для сохранения, преобразования и распределения энергии и химических элементов, участвующих в важных биогеохимических процессах биосферы. В этой связи изучение элементного состава почв является необходимой мерой как при общей оценке экологического состояния территории, так и при выявлении следов конкретного фактора воздействия. Важная роль растений как в геохимическом круговороте микроэлементов, так и в поступлении загрязнений в пищевые цепи была прекрасно показана для разнообразных экосистем и описана во множестве публикаций. Питательная вода, являясь средой миграции химических элементов, может стать источником попадания в живой организм тяжелых металлов, токсичных элементов [4–6].

**Цель исследования** – изучение пищевой безопасности мяса овец, выращенных на экологически неблагоприятных территориях Абайского района Восточно-Казахстанской области.

**Задачи:** определение особенностей накопления тяжелых металлов в мясном сырье мелкого рогатого скота (МРС); мониторинг территорий, пострадавших в результате деятельности СИЯП, на которых производится выпас сельскохозяйственных животных; анализ возможности снижения концентраций солей тяжелых металлов и радионуклидов в мясе при помощи некоторых видов тепловой обработки.

**Объекты, методы и результаты.** Исследуемые территории Абайского района Восточно-Казахстанской области относятся к территориям максимального радиационного риска из-за радиоактивных выпадений при проведении испытаний атомного оружия [7]. Пробы объектов окружающей среды (почва, растительность, вода) и пробы мяса отбирались на территории Абайского района вблизи Атомного озера, на близлежащих к нему зимовках Бекежан 1, Беке-

жан 2, Сарапан, Шынырау, Березка, Заветы Ильича, Жарык, Усен и Обалы. Все отобранные пробы прошли соответствующую процедуру пробоподготовки. Пробоотбор и пробоподготовка почвы, растительности, воды и мяса для дальнейшего инструментального анализа проводились в соответствии с утвержденными методическими указаниями для проведения названных процедур.

Оценка содержания радиоактивных элементов в объектах окружающей среды выполнялась на базе Научно-исследовательского института радиационной медицины и экологии НАО «Медицинский университет Семей» гамма-спектрометрическим методом с использованием гамма-бета спектрометра СПЕКТР-01-СОЛО.

Исследования по определению тяжелых металлов и радионуклидов в мясном сырье проводились на базе Испытательной лаборатории Семейского регионального филиала РГП на ПХВ «Республиканская региональная лаборатория» Комитета ветеринарного контроля и надзора МСХ РК. Лаборатория аккредитована в ТОО «Национальный центр аккредитации». Содержание токсичных металлов (Pb, Cd, As, Hg) определяли инверсионным вольтамперометрическим методом на вольтамперометрическом анализаторе ТА 07 «Талап» для токсических элементов. В соответствии с требованиями по анализу качества мяса наиболее актуальны исследования по определению следующих ионов тяжелых металлов: Pb, Hg, Cd, As.

В ходе проведенных гамма-спектрометрических измерений проб почвы, растительности и воды исследуемых территорий были выявлены уровни активности Cs-137 и естественных радионуклидов (ЕРН) – Ra-226, Th-232 и K-40.

На рисунке 1 представлена диаграмма уровней средней активности гамма-излучающих радионуклидов в образцах почвы исследуемых территорий.

Среднее значение активности радиоцезия (Cs-137) в почве исследуемых территорий находится в пределах от 3,0 Бк/кг (для почв зимовки Бекежан 2) до 12,9 Бк/кг (почва зимовок Бекежан 1 и Жарык). Средние значения удельной активности Cs-137 в почве исследуемых территорий лежат в приводимых пределах содержания данного радионуклида в почвах Казахстана (0,4–13,4 Бк/кг [8]) и соответствуют среднему показателю мирового почвенного фона (15 Бк/кг [9]).

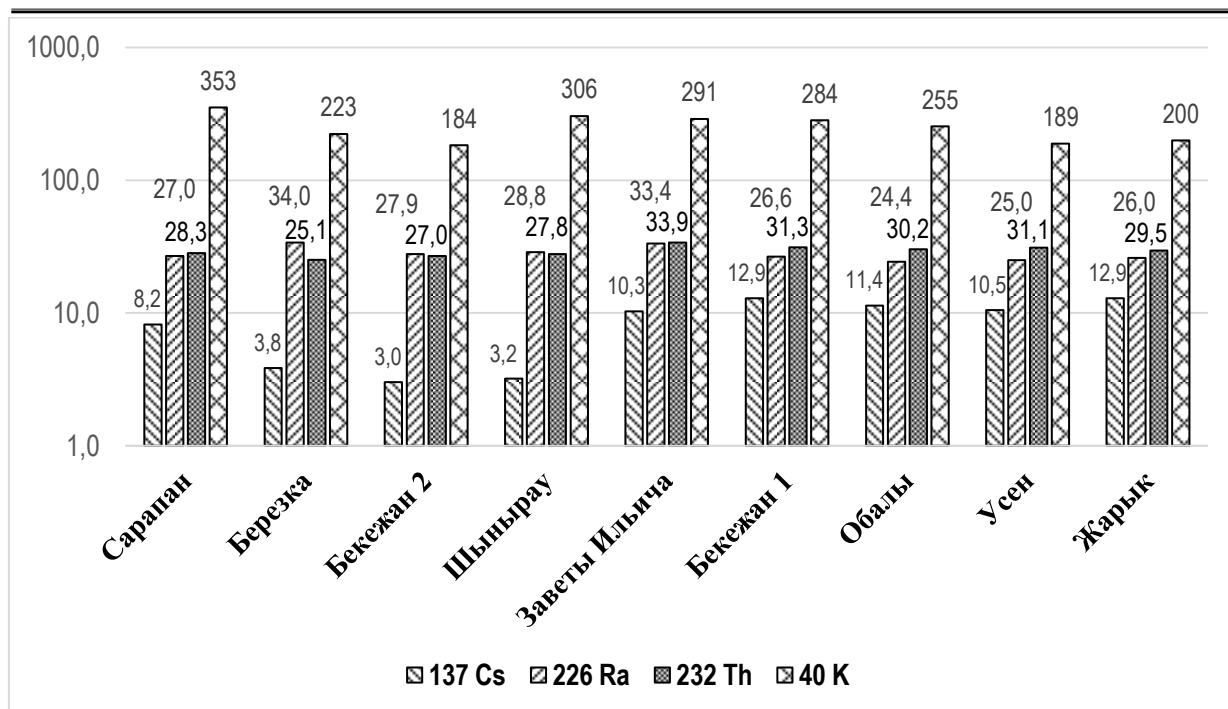


Рис. 1. Уровни активности Cs-137 и естественных радионуклидов Ra-226, Th-232 и K-40 в почве, Бк/кг

Среднее значение активности Ra-226 в почве исследуемых территорий находится в пределах от 24,4 Бк/кг (для почв зимовки Обалы) до 34,0 Бк/кг (почва зимовки Березка), что соответствует среднему показателю на территории России (27 Бк/кг [10]). Минимальная удельная активность Ra-226 в почве исследуемых территорий выше (максимально в 6,6 раза), чем минимальное значение мирового почвенного фона (3,7 Бк/кг [9]). Максимальные значения удельной активности Ra-226 в почве исследуемых территорий соответствуют максимальному мировому фону.

Среднее значение активности Th-232 в почве исследуемых территорий находится в пределах от 25,1 Бк/кг (для почв зимовки Березка) до 33,9 Бк/кг (почва зимовки Заветы Ильича), что несколько выше среднего показателя мирового почвенного фона (25 Бк/кг [9]) и соответствует среднему показателю на территории России (30 Бк/кг [10]). Минимальная удельная активность Th-232 в почве исследуемых территорий выше (максимально в 3,4 раза), чем минимальное значение по Казахстану (7,4 Бк/кг [8]). Максимальные значения удельной активности Th-232 в почве исследуемых территорий ниже максимального республиканского значения (58,3 Бк/кг [8]) на всех исследуемых территориях.

Среднее значение активности K-40 в почве исследуемых территорий находится в пределах от 184 Бк/кг (для почв зимовки Бекежан 2) до 353 Бк/кг (почва зимовки Сарапан), что либо соответствует, либо несколько ниже среднего показателя мирового почвенного фона (370 Бк/кг [9]). Минимальная удельная активность K-40 в почве исследуемых территорий варьирует в широких пределах – от 40 до 241 Бк/кг при минимальном республиканском показателе 169 Бк/кг [8]. Максимальные значения удельной активности K-40 в почве исследуемых территорий ниже максимального республиканского значения (804 Бк/кг [8]) на всех исследуемых территориях в 1,7–3,2 раза.

Таким образом, при исследовании почвы изучаемых территорий гамма-спектрометрическим методом обнаружены естественные радионуклиды Ra-226, Th-232 и K-40 и техногенный радионуклид Cs-137. В целом полученные результаты соответствуют типичному разбросу значений содержания природных радионуклидов в почве. Содержание радиоцезия (Cs-137) в почве исследуемых территорий носит неравномерный характер. Cs-137 достоверно обнаружен в 18 % проб от общего числа исследуемых точек. В то же время в 15 % проб (от общего числа исследуемых) зафиксировано содержа-

ние Cs-137, превышающее средний мировой показатель и максимальное республиканское значение (максимально в 1,5 раза).

На рисунке 2 представлена диаграмма уровней активности гамма-излучающих радионуклидов в растительности (попынь) исследуемых территорий.

Для радионуклидов Cs-137 и K-40 наблюдается достаточно равномерное распределение содержания их удельной активности в растительности исследуемых зимовок. Среднее значение

активности Cs-137 в растительности исследуемых территорий находится в пределах 0,3-0,7 Бк/кг, среднее значение активности K-40 в пределах 115–131 Бк/кг. Средние значения активности Ra-226 и Th-232 в растительности значительно отличаются между исследуемыми зимовками и находятся в пределах 2,3–6,4 и 0,08–0,7 Бк/кг соответственно.

На рисунке 3 представлена диаграмма уровней активности гамма-излучающих радионуклидов в образцах воды исследуемых территорий.

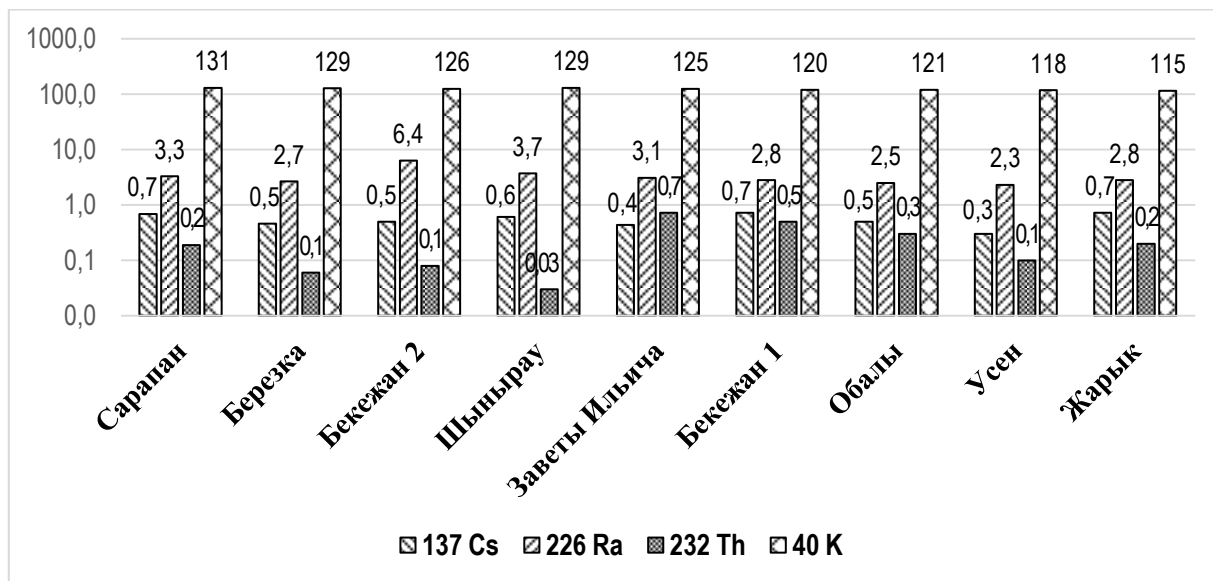


Рис. 2. Уровни активности Cs-137 и естественных радионуклидов Ra-226, Th-232 и K-40 в растительности, Бк/кг

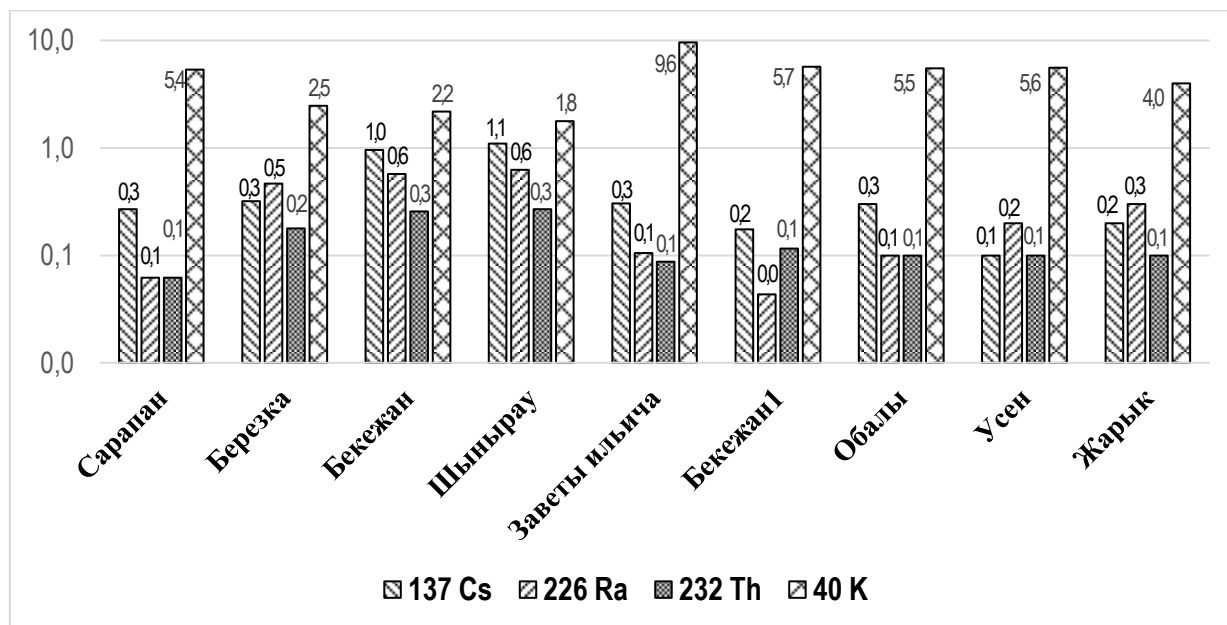


Рис. 3. Уровни активности Cs-137 и естественных радионуклидов Ra-226, Th-232 и K-40 в воде, Бк/кг

Среднее значение активности Cs-137 в воде исследуемых территорий находится в пределах от 0,1 до 1,1 Бк/л, что в 10 и более раз ниже уровня вмешательства (11 Бк/л [11]). Максимальные значения удельной активности Cs-137 в воде исследуемых территорий также ниже уровня вмешательства. Средние значения Th-232 (0,1 – 0,3 Бк/л) и K-40 (1,8–9,6 Бк/л) также ниже уровня вмешательства (0,5 и 22 Бк/л соответственно [11]). Значения удельной активности Ra-226 в воде большинства исследуемых территорий ниже уровня вмешательства (0,5 Бк/л [11]), в воде зимовки Березка находятся на уровне допустимого содержания. На территории зимовок Бекежан 2 и Шынырау обнаружено превышение среднего показателя Ra-226 над допустимым значением в 1,2 раза.

Таким образом, по результатам спектрометрического анализа проб объектов окружающей среды (почва, растительность, вода), взятых на территориях, относящихся к максимальной зоне радиационного риска, можно сделать следующий вывод: уровни гамма-излучающих радионуклидов (в частности, Cs-137, Ra-226, Th-232 и K-40) в объектах окружающей среды вне терри-

тории СИЯП сопоставимы с глобальными уровнями.

Пробы мяса отбирались на территории Абайского района вблизи Атомного озера, на близлежащих к нему зимовках Бекежан 1, Бекежан 2, Сарапан, Шынырау, Березка, Заветы Ильича, Жарык, Усен и Обалы.

Результаты проведенных исследований мясного сырья овец, выращенных на зимовках Абайского района, приведены в таблице 1.

Таким образом, в ходе исследования выявлено, что содержание в мясе тяжелых металлов не превышает нормативно установленных значений.

Проведено исследование содержания радионуклидов в мясном сырье Абайского района Восточно-Казахстанской области (табл. 2).

Таким образом, в ходе исследования выявлено, что содержание в мясе радионуклидов не превышает нормативно установленных значений.

Также проводились исследования содержания тяжелых металлов и радионуклидов в мясе, но уже после термической обработки (варки, тушения, обжаривания). Результаты приведены в таблицах 3, 4.

*Таблица 1*

**Содержание токсичных элементов в пробах мяса Абайского района, мг/кг**

Зимовки	Шифр проб	Pb	Cd	As	Hg
		Нормативные значения, не более			
		0,5	0,05	0,1	0,03
Сарапан	00814	0,43	0,0324	0,0695	0,0015
Березка	00815	0,256	0,0308	0,0755	0,017
Бекежан 2	00816	0,204	0,0247	0,0715	0,017
Шынырау	00817	0,193	0,0283	0,062	0,0125
Завет Ильича	00818	0,356	0,0336	0,075	0,008
Бекежан 1	00819	0,384	0,0243	0,069	0,0058
Обалы	00820	0,457	0,0341	0,0585	0,018
Усен	00821	0,155	0,0285	0,0535	0,021
Жарык	00822	0,143	0,0334	0,0615	0,016
Среднее значение		0,29	0,03	0,0662	0,012

Таблица 2

**Содержание радионуклидов в мясном сырье  
Абайского района Восточно-Казахстанской области**

Населенный пункт	Шифр пробы	Содержание радионуклидов в мясе, Бк/кг	
		Cs-137	Sr-90
		Нормативные значения	
		200	50
Завет Ильича	00814	0	0
Березка	00815	0	0
Бекежан 2	00816	0	0
Шынырау	00817	0	0,1852
Сарапан	00818	8,204	0
Бекежан 1	00819	2,726	0
Обалы	00820	3,116	0
Усен	00821	0,2107	0
Жарык	00822	0	0
Среднее значение по району		3,564	0,02

Таблица 3

**Изменение содержания тяжелых металлов в мясном сырье  
в процессе его технологической обработки, мг/кг**

Токсичный элемент	Среднее значение до обработки	Содержание после термической обработки		
		Варка (2,5 ч)	Обжаривание (15 мин)	Тушение (2,5 ч)
Pb	0,29	0,12±0,04	0,32±0,09	0,18±0,05
Cd	0,03	0,013±0,004	0,021±0,006	0,02±0,006
As	0,066	0,054±0,022	0,050±0,020	0,035±0,012

Таблица 4

**Изменение содержания радионуклидов в мясном сырье  
в процессе его технологической обработки, мг/кг**

Радионуклид	Среднее значение до обработки	Содержание после термической обработки		
		Варка (1,5 ч)	Обжаривание (15 мин)	Тушение (45 мин)
Cs 137	3,564	1,075	1,343	1,488
Sr 90	0,02	0,012	0,084	0,014

На основании проведенных исследований установлено, что в результате тепловой обработки уровень токсичности в готовом продукте снижается. Вопросу влияния различных видов термической обработки на снижение уровня токсичности в мясном сырье посвящены исследования,

проведенные учеными И.Н. Трахтенберг, М.Н. Коршун (1990 г.) [12]. В их работе было установлено, что при жарении мясopодуkтов содержание в нем тяжелых металлов снижается примерно на 25 % и более в зависимости от того, насколько мелко измельчено мясо.

**Заключение.** Таким образом, в мясном сырье овец, выращенных на территориях, подвергавшихся длительному радиационному воздействию, присутствуют токсичные элементы, такие как свинец, кадмий, мышьяк и ртуть, а также радионуклиды, но их содержание ниже нормируемых значений.

Исследование содержания тяжелых металлов и радионуклидов в мясе после термической обработки (варки, тушения, обжаривания) показало снижение их содержания в готовом продукте.

Наибольшее снижение уровня содержания свинца и кадмия в мясе наблюдается при длительной варке в бульоне, содержание мышьяка в мясе наиболее снизилось после длительного процесса тушения мяса.

В целом можно сделать заключение, что целенаправленно используя различные технологические приемы обработки биологического сырья, можно обеспечить достаточную пищевую безопасность готовых продуктов.

#### Список источников

1. Барановская Н.В., Рихванов Л.П., Игнатова Т.Н. Очерки геохимии человека: монография. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015. 378 с.
2. Antal D.S., Csedo C. Der Gehalt an spurenelementen und potentielle bioverfugbarkeit aus einiger heilpflanzen der Banater Berge // Arbeitstatung Mengen – und Spurenelemente. Jena, 2004. P. 841–846.
3. Medical geology in Russia and the NIS / eds O. Selinus, R.B. Finkelman, J.A. Centeno [et al.] // Medical Geology a Regional Synthesis / Series: International Year of Planet Earth. New York: Springer Science; Business Media, 2010. 559 p.
4. Алиханова О.И. Токсическое воздействие бора на растения // Агрехимия. 1980. № 7. С. 98.
5. Адрихин П.Г., Протасова Н.А., Щеголов Д.Ю. Микроэлементы в системе почва – растение центрально-черноземных областей // Агрехимия. 1978. № 2. С. 102.
6. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях / под ред. Ю.Е. Саева. М. СПб.: Мир, 1989.

7. О социальной защите граждан, пострадавших вследствие ядерных испытаний на Семипалатинском испытательном ядерном полигоне: закон Республики Казахстан от 18 декабря 1992 г. № 1787-XII (с изм. и доп. по состоянию на 31.03.2014 г.). URL: <http://online.zakon.kz>.
8. Об экологической и радиологической ситуации в приграничных районах трансграничных рек Республики Казахстан за 2012 год: информационный бюллетень / Министерство охраны окружающей среды Республики Казахстан, Республиканское гос. предприятие «Казгидромет», Департамент экологического мониторинга. Астана, 2013.
9. Ковда В.А., Розанов Б.Г. Почвоведение. М.: Высш. шк., 1988. Ч. 1. 400 с.
10. Организация мероприятий по измерению радиационного фона в местах пребывания населения: метод. пособие. М.; Новозыбков: БГУ, 2012. URL: <http://rb.mchs.gov.ru>.
11. Санитарно-эпидемиологические требования к обеспечению радиационной безопасности: гигиенический норматив (СЭТОРБ-2015) № 155 от 27.02.2015. URL: [https://online.zakon.kz/Document/?doc\\_id=38534553](https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=38534553).
12. Трахтенберг И.Н., Коршун М.Н. Ртуть и ее соединения в окружающей среде. Киев, 1990. С. 175–178.

#### References

1. Baranovskaya N.V., Rihvanov L.P., Ignatova T.N. Ocherki geohimii cheloveka: monografiya. Tomsk: Izd-vo Tomskogo politehnicheskogo universiteta, 2015. 378 s.
2. Antal D.S., Csedo C. Der Gehalt an spurenelementen und potentielle bioverfugbarkeit aus einiger heilpflanzen der Banater Berge // Arbeitstatung Mengen – und Spurenelemente. Jena, 2004. P. 841–846.
3. Medical geology in Russia and the NIS / eds O. Selinus, R.B. Finkelman, J.A. Centeno [et al.] // Medical Geology a Regional Synthesis / Series: International Year of Planet Earth. New York: Springer Science; Business Media, 2010. 559 p.



4. *Alihanova O.I.* Toksicheskoe vozdejstvie bora na rasteniya // *Agrohimiya*. 1980. № 7. S. 98.
5. *Aderihin P.G., Protasova H.A., Scheglov D.Yu.* Mikro`elementy v sisteme pochva – rastenie central'no-chernozemnyh oblastej // *Agrohimiya*. 1978. № 2. S. 102.
6. *Kabata-Pendias A., Pendias H.* Mikro`elementy v pochvah i rasteniyah / pod red. *Yu.E. Saeta*. M. SPb.: Mir, 1989.
7. O social'noj zaschite grazhdan, postradavshih vsledstvie yadernyh ispytaniy na Semipalatsinskom ispytatel'nom yadernom poligone: zakon Respubliki Kazahstan ot 18 dekabrya 1992 g. № 1787-XII (s izm. i dop. po sostoyaniyu na 31.03.2014 g.). URL: <http://online.zakon.kz>.
8. Ob `ekologicheskoy i radiologicheskoy situacii v prigranichnyh rajonah transgranichnyh rek Respubliki Kazahstan za 2012 god: informacionnyj byulleten' / Ministerstvo ohrany okruzhayuschej sredy Respubliki Kazahstan, Respublikanskoe gos. predpriyatie «Kazgidromet», Departament `ekologicheskogo monitoringa. Astana, 2013.
9. *Kovda V.A., Rozanov B.G.* Pochvovedenie. M.: Vyssh. shk., 1988. Ch. 1. 400 s.
10. Organizaciya meropriyatij po izmereniyu radiacionnogo fona v mestah prebyvaniya naseleniya: metod. posobie. M.; Novozybkov: BGU, 2012. URL: <http://rb.mchs.gov.ru>.
11. Sanitarno-`epidemiologicheskie trebovaniya k obespecheniyu radiacionnoj bezopasnosti: gigenicheskij normativ (S`ETORB-2015) №155 ot 27.02.2015. URL: [https://online.zakon.kz/Document/?doc\\_id=38534553](https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=38534553).
12. *Trahtenberg I.N., Korshun M.N.* Rtut' i ee soedineniya v okruzhayuschej srede. Kiev, 1990. S. 175–178.

Статья принята к публикации 21.12.2021 / The article accepted for publication 21.12.2021.

Информация об авторах:

**Зухра Сансызбаевна Апсаликова**, докторант

**Кумарбек Жунусбекович Амирханов**, доктор технических наук, профессор

**Александра Викторовна Липихина**, главный научный сотрудник НИИ радиационной медицины и экологии, кандидат биологических наук, профессор РАН

Information about the authors:

**Zukhra Sansyzbaevna Apsalikova**, Doctoral Student

**Kumarbek Zhunusbekovich Amirkhanov**, Doctor of Technical Sciences, Professor

**Alexandra Viktorovna Lipikhina**, Chief Researcher at the Research Institute of Radiation Medicine and Ecology, Candidate of Biological Sciences, Professor of the Russian Academy of Natural Sciences

