

Соответствие стандартам качества по содержанию ^{137}Cs картофеля, выращиваемого на черноземах Плавского радиоактивного пятна

Compliance with quality standards for the content of ^{137}Cs in potatoes grown on chernozems of the Plavsky radioactive spot

Комиссарова О.Л., Дербенский В.И., Касацкий А.А.,
Парамонова Т.А.

Komissarova O.L., Derbenskii V.I., Kasatskii A.A.,
Paramonova T.A.

Аннотация

Abstract

После Чернобыльской аварии один из наиболее загрязненных радионуклидами (прежде всего, ^{137}Cs) участков черноземов сформировался в Плавском районе Тульской области в пределах полузасушливой лесостепной зоны Среднерусской возвышенности. Цель исследования: выявить современный уровень загрязнения почв Плавского радиоактивного пятна и определить соответствие стандартам качества картофеля, возделываемого на этой территории, по содержанию ^{137}Cs . Исследования выполняли в центральной части Плавского района Тульской области. Работы проводили с 2014 по 2022 год с учетом изменений в структуре посевных площадей хозяйства. Отбор проб для настоящего исследования проводили в 2017–2018 году. Непосредственными объектами исследований послужили почвы обследуемой территории и растения картофеля. Пробы отбирали в конце августа в период полной спелости. На участке производили пробоотбор монолитов почв ненарушенного сложения с помощью кольцевого пробоотборника ПГ-450 с площади 300 см², послойно с шагом по 10 см до глубины 30 см в трехкратной повторности с расстоянием между точками 15–20 м. Надземную часть растительности отбирали методом сплошного укоса с площади 2500 см². Пробоотбор подземной части растительности исследуемых площадок производили с такой же площади и до глубины 30 см. Плотность радиоактивного загрязнения почв ^{137}Cs в профиле черноземов (кБк/м²) рассчитывали с учетом удельной активности радионуклида, толщины слоя почвы и плотности сложения (с учетом фиксированной площади пробоотборника). Спустя 30 лет после аварии на Чернобыльской АЭС черноземы Плавского радиоактивного пятна все еще загрязнены техногенным ^{137}Cs со значительным превышением допустимых уровней его накопления в почве. Однако перенос ^{137}Cs из черноземов в клубни картофеля и другие компоненты урожая не является интенсивным, а современные уровни накопления радионуклида в клубнях значительно ниже заявленных требований санитарно-гигиенической безопасности продуктов питания человека.

After the Chernobyl accident, one of the most contaminated with radionuclides (primarily ^{137}Cs) areas of chernozems was formed in the Plavsky district of the Tula region within the semi-arid forest-steppe zone of the Central Russian Upland. The purpose of the study: to identify the current level of soil contamination of the Plavsky radioactive spot and to determine compliance with the quality standards of potatoes cultivated in this area, according to the content of ^{137}Cs . The research was carried out in the central part of the Plavsky district of the Tula region. The work was carried out from 2014 to 2022, taking into account changes in the structure of the acreage of the farm. Sampling for this study was carried out in 2017–2018. The immediate objects of research were the soils of the surveyed territory and potato plants. Sampling was carried out at the end of August during the period of full ripeness. At the site, monoliths of undisturbed soils were sampled using a PG-450 annular sampler, from an area of 300 cm², in layers in increments of 10 cm to a depth of 30 cm in triple repetition with a distance between points of 15–20 m. The aboveground part of the vegetation was selected by the method of continuous mowing from an area of 2500 cm². Sampling of the underground part of the vegetation of the studied sites was carried out from the same area and up to a depth of 30 cm. The density of radioactive contamination of ^{137}Cs soils in the profile of chernozems (kBq/m²) was calculated taking into account the specific activity of the radionuclide, the thickness of the soil layer and the density of addition (taking into account the fixed area of the sampler). 30 years after the Chernobyl accident, the chernozems of the Plavsky radioactive spot are still contaminated with technogenic ^{137}Cs with a significant excess of permissible levels of its accumulation in the soil. However, the transfer of ^{137}Cs from chernozems to potato tubers and other crop components is not intensive, and the current levels of radionuclide accumulation in tubers are significantly lower than the stated requirements for sanitary and hygienic safety of human food.

Ключевые слова: цезий-137, картофель, клубни, радиоактивное загрязнение, черноземы, стандарты качества.

Key words: cesium-137, potatoes, tubers, radioactive contamination, accumulation in products, black soils, quality standards.

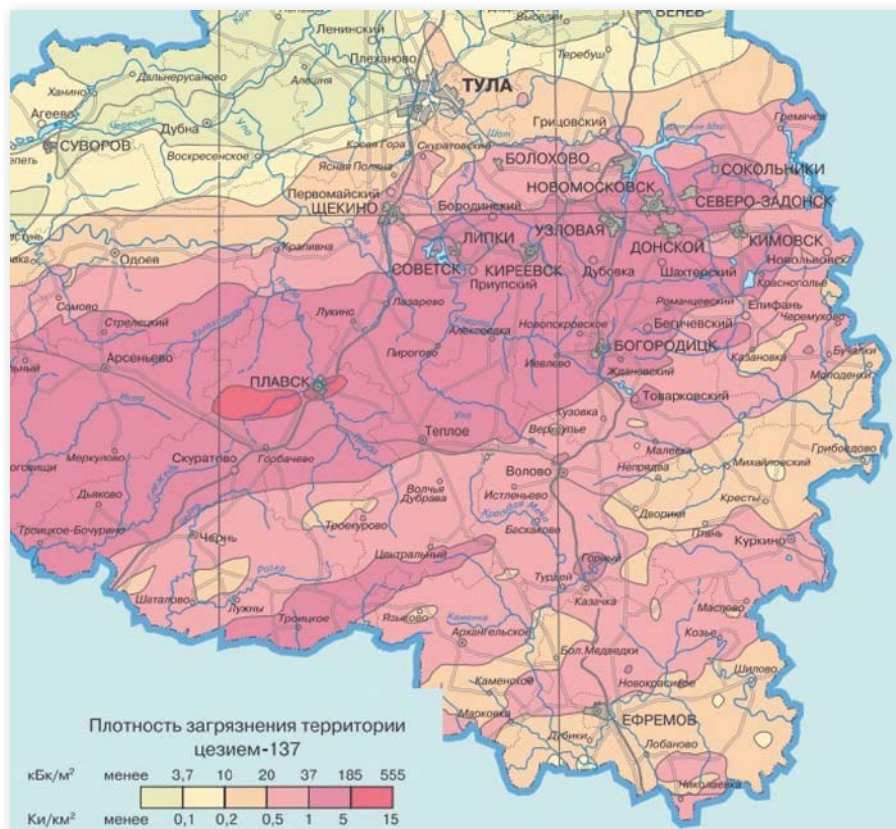
Для цитирования: Соответствие стандартам качества по содержанию ^{137}Cs картофеля, выращиваемого на черноземах Плавского радиоактивного пятна / О.Л. Комиссарова, В.И. Дербенский, А.А. Касацкий, Т.А. Парамонова // Картофель и овощи. 2023. №2. С. 28–31. <https://doi.org/10.25630/PAV.2023.12.65.003>

For citing: Compliance with quality standards for the content of ^{137}Cs in potatoes grown on chernozems of the Plavsky radioactive spot. O.L. Komissarova, V.I. Derbenskii, A.A. Kasatskii, T.A. Paramonova. Potato and vegetables. 2023. No2. Pp. 28–31. <https://doi.org/10.25630/PAV.2023.12.65.003> (In Russ.).

Чернобыльская радиоактивная авария 1986 года стала одной из крупнейших техногенных катастроф и значительно сказалась на сельском хозяйстве пострадавших территорий. Площадь земель, подвергшихся радиоактивным выпадениям техногенных радионуклидов (прежде все-

го, ^{137}Cs) на территории европейской части России, составила более 2,7 млн га. Один из наиболее загрязненных участков черноземов сформировался в Плавском районе Тульской области в пределах полузасушливой лесостепной зоны Среднерусской возвышенности. Площадь района со-

ставляет 1024,6 км² (приблизительно 4% от территории Тульской области) [1]. Большая часть Плавского радиоактивного пятна приходится на Плавский район, соответственно основное загрязнение конденсационными чернобыльскими выпадениями пришло именно на эту террито-



Плотность загрязнения Плавского района Тульской области цезием-137 [2]

рию. Изначальные уровни содержания ^{137}Cs в почвах района сразу после аварии превышали нормативы радиационной безопасности в 5–15 раз и достигали 555 кБк/м² (рис.) [2]. Тем не менее в связи с высоким плодородием черноземов рассматриваемой территории продолжалось с.- х. использование земель при строгом контроле содержания ^{137}Cs в овощеводческой и прочей продукции. Поэтому получение экологически приемлемых и безопасных урожаев с.- х. культур было главной проблемой сельхозобласти.

Картофель – одна из основных с.- х. культур на обрабатываемых землях Плавского радиоактивного пятна, широко выращиваемая в коммерческих целях, а также используемая в питании местного населения. Кроме того, картофель имеет подземную съедобную часть, которая растет в непосредственном контакте с загрязненной почвой – в таких условиях может происходить не только поглощение корнями, но и диффузия ^{137}Cs в клубни.

Цель исследования: выявить современный уровень загрязнения почв Плавского радиоактивного пятна и определить соответствие стандартам качества картофеля, выращива-

емого на этой территории, по содержанию ^{137}Cs .

Условия, материалы и методы исследований

Исследования выполняли в центральной части Плавского района Тульской области. Работы проводили с 2014 по 2022 год с учетом изменений в структуре посевных площадей хозяйства [3]. Отбор проб для настоящего исследования проводили в 2017–2018 году. Непосредственными объектами исследований послужили почвы обследуемой территории и растения картофеля. Пробы отбирали в конце августа в период полной спелости. На участке производили пробоо-

тбор монолитов почв ненарушенного сложения с помощью кольцевого пробоотборника ПГ-450 с площади 300 см², послойно с шагом по 10 см до глубины 30 см в трехкратной повторности с расстоянием между точками 15–20 м.

Климат исследуемой территории – умеренно континентальный со среднегодовыми температурами от 3,6 до 4,2 °С. Продолжительность теплого периода года – 210–218 дней. Сумма среднесуточных температур за период активной вегетации растений составляет порядка 2250 °С. Срок вегетации на территории области длится 173–182 дня (с середины апреля до середины октября) [4]. Годовое количество осадков составляет 555–665 мм, при этом за вегетационный период выпадает 65–435 мм. В безморозный период выпадает 70% осадков (максимум в июле – 85 мм) [5].

Исследования, проведенные в пределах территории Плавского радиоактивного пятна, показали, что трехкратная повторность пробоотбора почв с плотностью загрязнения более 100 кБк/м² достаточна для оценки содержания ^{137}Cs со значением погрешности 25% и степенью достоверности более 95% [7].

Надземную часть растительности отбирали методом сплошного укоса с площади 2500 см². Пробоотбор подземной части растительности исследуемых площадок производили с такой же площади и до глубины 30 см. Повторность трехкратная. Подземную фитомассу тщательно отмывали от примесей почвенного мелкодзема. Качество отмывки проверяли с применением оптических приборов.

Образцы почвы и растительности высушивали до воздушно-сухого состояния в сушильном шкафу при температуре 105 и 75 °С соответственно, а затем в целях гомогенизации размельчали с помощью лабораторной мельницы. Измельченную почву после этого просеивали че-

Таблица 1. Варьирование содержания ^{137}Cs в черноземе при возделывании картофеля, среднее за 2017–2018 годы

Содержание ^{137}Cs	Гребень*		0–10 см		10–20 см		20–30 см	
	Бк/кг	кБк/м ²	Бк/кг	кБк/м ²	Бк/кг	кБк/м ²	Бк/кг	кБк/м ²
Среднее	438	39	399	36	428	45	373	34
Минимум	413	30	315	27	383	36	288	24
Максимум	443	45	457	41	453	53	430	43
Коэффициент вариации, %	3	20	19	23	9	20	20	27

* По периметру

Таблица 2. Варьирование содержания ^{137}Cs в структурных компонентах растений картофеля, среднее за 2017–2018 годы

Содержание ^{137}Cs	Активность, Бк/кг					
	ботва	корни	клубни			
			общая	мезга	сок	крахмал
Среднее	20	6	4,5	0,4	2,2	1,7
Минимум	13	5,2	4,2	0,2	2	1,2
Максимум	27	6,8	4,8	0,6	2,4	2,2
Коэффициент вариации, %	35	13	7	50	9	12

рез сито с ячейкой диаметром 1 мм. Надземную и подземную части растений картофеля в лабораторных условиях разделяли на фракции биомассы: надземная часть, корни, клубни. Все компоненты высушивали и тщательно измельчали. Клубни дополнительно делили на сок и мезгу, также получали крахмал.

Измерения удельной активности ^{137}Cs в почве проводили в геометрии Дента методом гамма-спектрометрии с помощью сцинтилляционного гамма-спектрометра «Мультирад» с блоком детектирования БДКС-63–01А (производства НТЦ «Амплитуда», Россия). Использовали программу обработки спектров «Прогресс 5.1».

Измерения удельной активности ^{137}Cs в растительности проводились в геометрии Дента методом гамма-спектрометрии на полупроводниковом гамма-спектрометре «Canberra GR 3818» с детектором из особо чистого германия HPGe (США).

Плотность радиоактивного загрязнения почв ^{137}Cs в профиле черноземов (кБк/м²) рассчитывали с учетом удельной активности радионуклида, толщины слоя почвы и плотности сложения (с учетом фиксированной площади пробоотборника). Коэффициент накопления (КН) рассчитывали через отношение удельной активности радионуклида в растительных компонентах к удельной активности в почве [6, 7]. Соответствие стандартам качества картофеля по содержанию ^{137}Cs сверяли с СанПиН 2.3.2.1078–01 [8].

Почвы исследуемой территории были классифицированы как чер-

ноземы выщелоченные [9] или агрочерноземы глинисто-иллювиальные [10]. По гранулометрическому составу почва не дифференцирована и относится к легкоглинистым. Содержание органического углерода (по методу Тюрина) составляет 4,9–7,3%, рН_{водн.} – 6,2–6,7, плотность сложения варьирует от 1,1 до 1,2 г/см³ [3].

Результаты исследований

Распределение ^{137}Cs в тридцатисантиметровом слое черноземов практически равномерное (в среднем от 288 до 457 Бк/кг), что обусловлено интенсивным ведением сельскохозяйственной и применением глубокой обработки почвы при возделывании картофеля (табл. 1). Плотность загрязнения верхнего слоя почв (30 см) исследуемой территории в настоящее время достигает 155 кБк/м², что более чем в четыре раза превышает норму безопасности. Это подтверждает отнесение данной территории к зоне с высокой радиационной нагрузкой [2].

Содержание ^{137}Cs в структурных компонентах растений картофеля на один-два порядка ниже и отличается значительной неоднородностью по структурным компонентам (табл. 2). Наиболее интенсивно радионуклид накапливается в надземной фитомассе (КН – 0,05), а в подземную (корни и клубни) поступает в пять раз меньше (КН – 0,01). При этом мезга картофеля характеризуется наименьшим содержанием ^{137}Cs по сравнению с крахмалом и соком.

На поступление ^{137}Cs в биомассу картофеля, по-видимому, больше всего влияет процесс поглощения радионуклидов корнями, а диффузионный механизм их перехода из загрязненной почвы в подземные части не играет какой-либо существенной роли.

В настоящее время требование к содержанию ^{137}Cs в сыром картофеле установлено на уровне 80 Бк/кг [7]. При этом не только товарные компоненты (клубни), но и в побочные продукты производства (надземная фитомасса и корни) картофеля имеют незначительные уровни содержания радионуклида (в среднем от 0,2 до 4,5 Бк/кг) при фактическом высоком загрязнении территории. Это может быть обусловлено прочной фиксацией ^{137}Cs в составе недоступных растениям фракций почвы, низкой интенсивностью его биологической миграции, а также высоким уровнем агротехнологий, применяемых в хозяйстве: внесение минеральных и органических удобрений (300–500 кг/га KCl и 3–5 т/га Фертисафа) и периодическая глубокая обработка почвы (до 30 см).

Выводы

Спустя 30 лет после аварии на Чернобыльской АЭС черноземы Плавского радиоактивного пятна все еще загрязнены техногенным ^{137}Cs со значительным превышением допустимых уровней его содержания в почве. Распределение ^{137}Cs в тридцатисантиметровом слое черноземов практически равномерное (в среднем от 288 до 457 Бк/кг). В то же время перенос ^{137}Cs из черноземов в клубни картофеля и другие компоненты урожая не является интенсивным, а современные уровни накопления радионуклида в клубнях (в среднем от 0,2 до 4,5 Бк/кг), что значительно ниже заявленных требований санитарно-гигиенической безопасности продуктов питания человека и не превышает порогового значения 80 Бк/кг (для сырого картофеля).

Библиографический список

1. Израэль Ю. А. и др. Атлас загрязнения Европы цезием после Чернобыльской аварии. Люксембург, 1998. 71 с.
2. Атлас современных и прогнозных аспектов последствий аварии на Чернобыльской АЭС на пострадавших территориях России и Беларуси (АСПА Россия – Беларусь) / под ред. Ю.А. Израэля и И.М. Богдевича. Москва–Минск: Фонд “Инфосфера” – НИА-Природа, 2009. 140 с.
3. Комиссарова О.Л. и др. Сравнительный анализ биологической миграции цезия-137 и стабильного калия в агроценозах черноземной зоны // Вестник Московского университета.

Серия 17: Почвоведение. 2022. №4. С. 20–30.

4. Агроклиматический справочник по Тульской области. М., 2012. 128 с.

5. Доклад об экологической ситуации в Тульской области за 2020 год // Сборник правовых актов Тульской области и иной официальной информации. Тула, 2021. 117 с.

6. Иванов М.М. Методики оценки аккумуляции Cs137 на малых водосборах в зоне чернобыльского загрязнения // Эрозионные и русловые процессы и современные методы их исследования: материалы X семинара молодых ученых вузов, объединяемых советом по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов. Белгород: ЛитКараВан, 2014. С. 80–86.

7. IAEA-TECDOC-1497 // Classification of soil systems on the basis of transfer factors of radionuclides from soil to reference plants. Vienna. IAEA. 2006. 260 p.

8. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов: СанПиН 2.3.2.1078-01; утв. постановлением главного санитарного врача РФ от 14 ноября 2001 года [Электронный ресурс] URL: <https://meganorm.ru/Index2/1/4293855/4293855259.htm>. Дата обращения: 20.01.2023.

9. Егоров В.В., Иванова Е.Н., Фридланд В.М. Классификация и диагностика почв СССР. М.: Колос, 1977. 225 с.

10. Классификация и диагностика почв России / под ред. Л.Л. Шишова. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.

References

1. Izrael Yu.A. et al. Atlas of European pollution by cesium after the Chernobyl accident. Luxembourg. 1998. 71 p. (In Russ.).

2. Atlas of modern and predictive aspects of the consequences of the accident at the Chernobyl nuclear power plant in the affected territories of Russia and Belarus (ASPA Russia – Belarus). Ed. Yu.A. Izrael and I.M. Bogdevich. Moscow–Minsk. Infosphere Foundation. NIA–Priroda. 2009. 140 p. (In Russ.).

3. Komissarova O.L. et al. Comparative analysis of the biological migration of cesium-137 and stable potassium in agrocenoses of the chernozem zone. Moscow University Bulletin. Series 17: Soil

science. 2022. No4. Pp. 20–30 (In Russ.).

4. Agro-climatic guide for the Tula region. Moscow. 2012. 128 p. (In Russ.).

5. Report on the environmental situation in the Tula region for 2020. Collection of legal acts of the Tula region and other official information. Tula. 2021. 115 p. (In Russ.).

6. Ivanov M.M. Methods for assessing the accumulation of ¹³⁷Cs in small watersheds in the zone of Chernobyl pollution. Erosion and channel processes and modern methods of their study: materials of the X seminar of young scientists of universities united by the council on the problem of erosion, channel and estuarine processes. Belgorod. LitKaraVan. 2014. Pp. 80–86 (In Russ.).

7. IAEA-TECDOC-1497. Classification of soil systems on the basis of transfer factors of radionuclides from soil to reference plants. Vienna. IAEA. 2006. 260 p.

8. Hygienic requirements for the safety and nutritional value of food products: SanPiN 2.3.2.1078-01. approved Decree of the chief sanitary doctor of the Russian Federation of November 14, 2001 [Web resource] <https://meganorm.ru/Index2/1/4293855/4293855259.htm> Access date: 22.12.19 (In Russ.).

9. Egorov V.V., Ivanova E.N., Fridland V.M. Classification and diagnostics of soils of the USSR. Moscow. Kolos. 1977. 225 p. (In Russ.).

10. Classification and Diagnostics of Soils in Russia. Ed. L.L. Shishov. Smolensk. Oikumena. 2004. 342 p. (In Russ.).

Об авторах

Комиссарова Ольга Леонидовна, аспирант кафедры радиэкологии и экотоксикологии, МГУ им. М.В. Ломоносова

Дербенский Владимир Иванович, канд. с.-х. наук, исполнительный директор АНРСК. E-mail: anrsk@mail.ru

Касацкий Андрей Александрович (ответственный за переписку), канд. биол. наук, член аттестационной комиссии факультета почвоведения, МГУ им. М.В. Ломоносова. E-mail: andkasat@gmail.com

Парамонова Татьяна Александровна, канд. биол. наук, старший преподаватель кафедры радиэкологии и экотоксикологии МГУ им. М.В. Ломоносова

Author details

Komissarova O.L., post-graduate student of the Department of Radioecology and Ecotoxicology of LMSU

Derbenskii V.I., Cand. Sci. (Agr.), executive director of ANRSK. E-mail: anrsk@mail.ru

Kasatskii A.A. (author for correspondence), Cand. Sci. (Biol.), Member of the Attestation Commission of the Faculty of Soil Science of Lomonosov Moscow State University (LMSU). E-mail: andkasat@gmail.com

Paramonova T.A., Senior Lecturer of the Department of Radioecology and Ecotoxicology of LMSU

Производители картофеля и овощей получают поддержку

В Минсельхозе России приступили к реализации федерального проекта по стимулированию производства картофеля и овощей. В этом году его финансирование составит 5 млрд р. Поддержка будет оказана 76 регионам, при этом субъекты будут авансировать средства для получателей.

Субсидии на единицу произведенной продукции смогут получать как крупные, так и малые формы хозяйствования. Кроме того, для фермеров сохранится и погектарная поддержка на товарное производство.

Особое внимание уделяют регионам Дальнего Востока. Расчет средств для субъектов ДФО произведен с коэффи-

циентом 2, в том числе по направлениям семеноводства и тепличного овощеводства. Повышающий коэффициент предусмотрен и для Калининградской области – 1,2.

Одним из важных нововведений станет поддержка личных подсобных хозяйств, применяющих специальный

налоговый режим при реализации продукции. Она будет оказана с.-х. товаропроизводителям в 32 регионах страны. В целом на данное направление предусмотрено порядка 500 млн рублей, что составляет 10% от общего лимита.

С 2024 года в рамках федерального проекта будет увеличено возмещение прямых понесенных затрат на создание и модернизацию овоще- и картофелехранилищ. Компенсация вырастет с 20 до 25% стоимости проекта.

Правительством РФ уже утверждены правила предоставления субсидий. Минсельхоз ожидает, что реализация всего комплекса мероприятий позволит к 2025 году нарастить объем производства картофеля в организованном секторе до 7,5 млн т, овощей открытого грунта – до 5,9 млн т.

Стоит отметить, что во многих регионах уже определены суммы поддержки. Так, на производство картофеля и овощей Ингушетия получит 25,2 млн р., а в Кабардино-Балкарию в 2023 году направят 72,87 млн р.

Источники: пресс-служба Минсельхоза РФ, ИНТЕРФАКС-ЮГ

