

Научная статья
УДК 504.05
<https://doi.org/10.24412/1992-2582-2026-3-74-79>

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВЕННОГО СОДЕРЖАНИЯ КАДМИЯ, РТУТИ, СВИНЦА И МЫШЬЯКА В СИСТЕМЕ ПОЧВА – ЗЕРНО ПШЕНИЦЫ ЛИПЕЦКОЙ ОБЛАСТИ

Анна Сергеевна Шатских¹, Наталья Анатольевна Копеева^{2✉}, Галина Николаевна Никонова³

¹Федеральный центр охраны здоровья животных, Липецк, Россия

^{2,3}Липецкий государственный педагогический университет имени П.П. Семенова-Тян-Шанского, Липецк, Россия

¹tatyana.shatskikh.75@mail.ru

²kopnaan@mail.ru✉

³nikonova_gn@mail.ru

Аннотация. Целью данной статьи является определение массового содержания Cd, Pb, Hg и As методом атомно-абсорбционной спектроскопии в почве полей до посева пшеницы и после процесса ее сбора, возделываемой в наиболее крупных районах Липецкой области, имеющих важное промышленное и рекреационное значения для населения, а также количественное определение данных катионов в зерне яровой и озимой пшеницы. Содержание определяемых токсичных элементов во всех отобранных почвенных пробах находится ниже максимально допустимых уровней, так, валовое количество Cd колеблется от менее 0,001 до 0,44±0,17 мг/кг; Pb – от 1,60±0,54 до 3,05±1,04 мг/кг; Hg – от менее 0,002 до 0,0052±0,0020 мг/кг; As – от 0,014±0,004 до 0,051±0,018 мг/кг. Результаты исследования показали качество сельскохозяйственной продукции и её соответствие требованиям технического регламента «О безопасности зерна», содержание Cd в зерне яровой и озимой пшеницы менее 0,03±0,01 мг/кг; Pb – от 0,14±0,03 до 0,31±0,07 мг/кг; Hg – менее 0,011±0,004 мг/кг; As – менее 0,027±0,006 мг/кг. Данные исследования позволяют контролировать содержание тяжёлых металлов в системе почва – зерновая культура и, следовательно, своевременно предпринимать меры для предотвращения негативного влияния металлов на окружающую среду и здоровье населения.

Ключевые слова: экология, мониторинг, тяжёлые металлы, пшеница, почва

Для цитирования: Шатских А.С., Копеева Н.А., Никонова Г.Н. Определение количественного содержания кадмия, ртути, свинца и мышьяка в системе почва – зерно пшеницы Липецкой области // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2026. № 3(86). С. 74-79. <https://doi.org/10.24412/1992-2582-2026-3-74-79>.

Original article

DETERMINATION OF THE QUANTITATIVE CONTENT OF CADMIUM, MERCURY, LEAD AND ARSENIC IN THE SYSTEM SOIL – WHEAT GRAIN OF THE LIPETSK REGION

Anna S. Shatskikh¹, Natalia A. Kopaeva^{2✉}, Galina N. Nikonova³

¹Federal Center for Animal Health, Lipetsk, Russia

^{2,3}Institution of Higher Education Lipetsk State Pedagogical University named after P.P. Semenov-Tyan-Shansky, Lipetsk, Russia

¹tatyana.shatskikh.75@mail.ru

²kopnaan@mail.ru✉

³nikonova_gn@mail.ru

Abstract. The purpose of this article is to determine the mass content of Cd, Pb, Hg and As by atomic absorption spectroscopy in the soil of fields before sowing wheat and after the harvesting process, cultivated in the largest areas of the Lipetsk region, which are of important industrial and recreational importance for the population, as well as the quantitative determination of these cations in the grain of spring and winter wheat. The content of detectable toxic elements in all selected soil samples is below the maximum allowable levels, so the gross amount of Cd ranges from less than 0,001 to 0,44±0,17 mg/kg; Pb – from 1,60±0,54 to 3,05±1,04 mg/kg; Hg – from less than 0,002 to 0,0052±0,0020 mg/kg; As – from 0,0145±0,004 to 0,051±0,018 mg/kg. The results of the study showed the quality of agricultural products and their compliance with the requirements of the technical regulations "On Grain Safety", the Cd content in spring and winter wheat grain is less than 0,03±0,01 mg/kg; Pb – from 0,14±0,03 to 0,31±0,07 mg/kg; Hg – less than 0,011±0,004 mg/kg; As – less than 0,027±0,006 mg/kg. These studies make it possible to control the content of heavy metals in the soil–grain crop system and, consequently, take timely measures to prevent the negative effects of metals on the environment and public health.

Keywords: ecology, monitoring, heavy metals, wheat, soil

For citation: Shatskikh A.S., Kopaeva N.A., Nikonova G.N. Determination of the quantitative content of cadmium, mercury, lead and arsenic in the system soil – wheat grain of the Lipetsk region. Bulletin of Michurinsk State Agrarian University, 2026, no. 3(86), pp. 74-79. <https://doi.org/10.24412/1992-2582-2026-3-74-79>.

Введение. Липецкая область является промышленно развитым регионом и по состоянию на 2025 год считается одним из крупнейших центров Черноземья, на территории которой функционируют ПАО «НЛМК» и особая экономическая зона промышленно-производственного типа –

ОЭЗ «Липецк», расположенная на территории трех участков в г. Липецк, г. Грязи и в Елецком районе, общей площадью 2422 гектара. В результате выбросов промышленных предприятий, автомобильного транспорта, примене-

ния удобрений и пестицидов в почве накапливаются тяжёлые металлы, что приводит не только к снижению качества сельскохозяйственной продукции, но и нарушению функционирования экосистем. Из почвы катионы металлов переходят в сельскохозяйственные растения и дальше по пищевой цепи могут попадать в организм человека, поэтому очень важно знать содержание катионов металлов в системе почва – растение.

Основной зерновой культурой для Липецкой области является пшеница. По данным министерства сельского хозяйства Липецкой области на 1 декабря 2025 года, валовой сбор пшеницы в регионе составил 2 645,1 тыс. т, а посевная площадь – 526,8 тыс. га [1]. В связи с этим важным остаётся поиск способов уменьшения накопления тяжёлых металлов и их токсичного воздействия на сельскохозяйственные растения, в том числе на озимую и яровую пшеницу. А методы контроля содержания этих элементов в зерновых культурах и почвах, на которых их возделывают, позволяют своевременно оценить экологическую ситуацию, выявить зоны повышенной концентрации и принять меры по рекультивации территорий. В культурном ландшафте наибольшее распространение имеют цинк, свинец, ртуть, кадмий и хром. Набор металлов, поступающих в ландшафт, зависит прежде всего от характера человеческой деятельности в данном регионе [2].

Поэтому цель данной работы – определение массового содержания кадмия, свинца, ртути и мышьяка в системе почва – зерно пшеницы отдельных районов Липецкой области методом атомно-абсорбционной спектроскопии.

Материалы и методы исследований. Предмет исследования – содержание ртути, свинца, кадмия и мышьяка в системе почва – зерно пшеницы на территории отдельных районов Липецкой области.

Объекты исследования – почва, зерно пшеницы (яровой и озимой).

При выполнении работы нами использовались полевые и лабораторные методы исследования. Определение количественного содержания основных агрохимических показателей почвы и содержание катионов металлов осуществляли химическими и инструментальными методами анализа.

Для исследования были отобраны методом конверта согласно ГОСТ 58595-2019 [3] образцы почв на каждом поле произрастания яровой и озимой пшеницы в Елецком, Добровском, Усманском и Задонском районах Липецкой области и зерно озимой и яровой пшеницы с тех же полей.

Определение содержания в почве подвижных форм фосфора проводили методом фотоколориметрии на фотометре «КФК-3-01», колориметрируя раствор почвенной вытяжки при длине волны для фосфора 650 нм с толщиной поглощающего слоя 1 см по методу Кирсанова [4].

Определение содержания в почве подвижных форм калия осуществляли методом атомно-абсорбционной спектроскопии на атомно-абсорбционном спектрофотометре «iCE 3500», используя светофильтр с максимумом пропускания в области 770 нм [4].

Значение величины pH определяли методом потенциометрии на иономере «Эксперт-001».

Органическое вещество в почве определяли окислительно-восстановительным титрованием по методу Тюрина [4].

Определение содержания катионов кадмия, свинца, ртути и мышьяка в почве и в зерне пшеницы осуществляли методом атомно-абсорбционной спектроскопии на атомно-абсорбционном спектрофотометре «iCE 3500».

Для определения содержания свинца и кадмия использовали наиболее чувствительные линии поглощения, значения длины волны для свинца и кадмия составляют 217,0 нм и 228,8 нм соответственно согласно ГОСТ 30178-96 [5]. Определение ртути осуществляли методом атомно-абсорбционной спектроскопии холодного пара в соответствии с ГОСТ Р 53183-2008 при резонансной длине волны 253,7 нм на приборе «iCE 3500» с использованием приставки генерации летучих гидридов VP100 [6]. Для определения мышьяка использовали ГОСТ Р 51766-2001, согласно которому проводили реакции гидрирования мышьяка в растворе с помощью боргидрида натрия, отгонки летучего гидрида мышьяка потоком аргона в разогретую кварцевую кювету – атомизатор и измерении доли мышьяка атомно-абсорбционным методом по величине атомного поглощения на резонансной длине волны 193,7 нм [7].

Подготовку контрольных образцов зерна яровой и озимой пшеницы к анализу для определения массового содержания свинца и кадмия проводили согласно ГОСТ 26929-94 с применением сухой минерализации [8]. При определении массового содержания ртути и мышьяка опирались на ГОСТ 31671-2012 (EN 13805:2002) с мокрой минерализации [9].

Результаты исследований и их обсуждение. В таблице 1 представлены некоторые агрохимические характеристики почвы полей исследуемых районов Липецкой области. Анализ полученных результатов показал, что реакция почвенной среды в пахотном горизонте, варьирует от слабокислой до близкой к нейтральной (Елецкий район – 5,96-6,12; Добровский район – 5,68-5,76; Задонский – 5,22-5,28; Усманский район – 5,34-5,38), выступая важным фактором, регулирующим подвижность и биодоступность микроэлементов.

Массовое содержание катионов металлов свинца, кадмия, ртути и мышьяка в почве полей до посева яровой и озимой пшеницы на территории Елецкого, Добровского, Усманского и Задонского районов Липецкой области представлены в таблице 2.

Таблица 1
Table 1

Агрохимические показатели почвы исследуемых полей пшеницы
Agrochemical indicators of the soil in the studied wheat fields

Наименование показателя	Районы Липецкой области							
	Елецкий район		Добровский район		Задонский район		Усманский район	
	Я	О	Я	О	Я	О	Я	О
Подвижный калий, мг/кг	130	146	179	187	188	183	103	115
Подвижный фосфор, мг/кг	114	108	105	109	129	136	127	118
pH	6,12	5,96	5,76	5,68	5,22	5,28	5,38	5,34
Органическое вещество (гумус), %	3,1	3,3	4,1	4,4	5,1	4,5	4,1	4,7

* Примечание: Я – поле яровой пшеницы; О – поле озимой пшеницы

Таблица 2
Table 2

Валовое содержание кадмия, свинца, ртути и мышьяка в почве полей до посева пшеницы
Total content of cadmium, lead, mercury, and arsenic in the soil of fields before sowing wheat

Место отбора почвы	Содержание элементов в почве до посева пшеницы, мг/кг							
	Cd		Pb		Hg		As	
	Я	О	Я	О	Я	О	Я	О
Елецкий район	менее 0,01	менее 0,01	2,30 ± 0,78	2,20 ± 0,82	0,0143 ± 0,0040	0,0140 ± 0,0040	0,052 ± 0,018	0,051 ± 0,017
Добровский район	0,18 ± 0,07	0,17 ± 0,07	2,53 ± 0,87	2,43 ± 0,84	менее 0,0020	менее 0,0020	0,047 ± 0,016	0,046 ± 0,015
Задонский район	0,24 ± 0,09	0,22 ± 0,08	1,76 ± 0,60	1,75 ± 0,60	0,0052 ± 0,0020	0,0047 ± 0,0180	0,037 ± 0,013	0,035 ± 0,012
Усманский район	0,44 ± 0,17	0,43 ± 0,17	2,82 ± 0,96	2,72 ± 0,92	менее 0,0020	менее 0,0020	0,017 ± 0,014	0,015 ± 0,012
ПДК катионов	2,00		32,00		2,100		2,000	

* Примечание: Я – поле яровой пшеницы; О – поле озимой пшеницы.

Полученные экспериментальные данные свидетельствуют о том, что уровень накопления кадмия, свинца, ртути и мышьяка в почвах полей обследованных территорий Елецкого (поле яровой пшеницы: менее 0,01 мг/кг, 2,3 мг/кг, 0,0143 мг/кг, 0,052 мг/кг соответственно; поле озимой пшеницы: менее 0,01 мг/кг, 2,2 мг/кг, 0,0140 мг/кг, 0,051 мг/кг соответственно), Добровского (поле яровой пшеницы: 0,18 мг/кг, 2,53 мг/кг, менее 0,002 мг/кг, 0,047 мг/кг; поле озимой пшеницы: 0,17 мг/кг, 2,43 мг/кг, менее 0,002 мг/кг, 0,046 мг/кг соответственно), Усманского (поле яровой пшеницы: 0,44 мг/кг, 2,82 мг/кг, менее 0,002 мг/кг, 0,017 мг/кг; поле озимой пшеницы: 0,43 мг/кг, 2,72 мг/кг, менее 0,002 мг/кг, 0,015 мг/кг соответственно) и Задонского (поле яровой пшеницы: 0,24 мг/кг, 1,76 мг/кг, 0,0052 мг/кг, 0,037 мг/кг; поле озимой пшеницы: 0,22 мг/кг, 1,75 мг/кг, 0,0047 мг/кг, 0,035 мг/кг соответственно) районов Липецкой области перед посевом яровой и озимой пшеницы не выходят за пределы установленных нормативов

ПДК. Массовое содержание кадмия в почве Задонского и Усманского районах относительно Елецкого и Добровского до посева пшеницы больше в 1,3-2,5 раза соответственно. Мы связываем эти значения с величиной pH (Задонский – 5,22-5,28; Усманский район – 5,34-5,38), так как закисление почвы способствует увеличению растворимости соединений кадмия и способности мигрировать в составе почвенного раствора. Содержание мышьяка в почве Усманского района до посева пшеницы и после сбора урожая меньше его содержания относительно почв других районов исследования в 1,5-3 раза. Возможно, в данном случае ведущее значение играет способность мышьяка образовывать соединения с оксидами железа (III), алюминия (III) и марганца (III), которые обладают низкой миграционной способностью в кислых почвах.

Количественное содержание свинца, кадмия, ртути и мышьяка в зерне яровой и озимой пшеницы представлены в таблице 3.

Таблица 3
Table 3

Массовое содержание свинца, кадмия, ртути и мышьяка в зерне пшеницы
Mass content of lead, cadmium, mercury, and arsenic in wheat grain

Место отбора	Зерно пше- ницы	Массовое содержание элементов в зерне, мг/кг			
		Cd	Pb	Hg	As
Елецкий район	О	менее 0,01	0,31 ± 0,07	0,011 ± 0,004	0,027 ± 0,006
	Я	0,02 ± 0,01	0,28 ± 0,07	0,009 ± 0,003	0,025 ± 0,006
Добровский район	О	менее 0,01	0,16 ± 0,04	менее 0,002	0,013 ± 0,003
	Я	менее 0,01	0,18 ± 0,04	менее 0,002	0,015 ± 0,003
Задонский район	О	менее 0,01	0,16 ± 0,04	0,004 ± 0,001	0,021 ± 0,005
	Я	0,02 ± 0,01	0,14 ± 0,03	менее 0,002	0,019 ± 0,004
Усманский район	О	0,03 ± 0,01	0,27 ± 0,06	менее 0,002	менее 0,008
	Я	0,03 ± 0,01	0,22 ± 0,05	менее 0,002	менее 0,008
ПДК	-	0,10	0,50	0,030	0,200

* Примечание: Я – зерно яровой пшеницы; О – зерно озимой пшеницы.

В период вегетации растений пшеницы наблюдалось незначительное поступление тяжелых металлов и мышьяка из внешних источников. Так, зерно озимой пшеницы содержало в Елецком районе (кадмия – менее 0,01 мг/кг, свинца – 0,31 мг/кг, ртути – 0,011 мг/кг и мышьяка – 0,027 мг/кг), в Добровском районе (кадмия – менее 0,01 мг/кг, свинца – 0,16 мг/кг, ртути – менее 0,002 мг/кг и мышьяка – 0,013 мг/кг), в Задонском районе (кадмия – менее 0,01 мг/кг, свинца – 0,16 мг/кг, ртути – 0,004 мг/кг

и мышьяка – 0,021 мг/кг) и в Усманском районе (кадмия – 0,03 мг/кг, свинца – 0,27 мг/кг, ртути – менее 0,002 мг/кг и мышьяка – менее 0,008 мг/кг). Зерно яровой пшеницы содержало в Елецком районе (кадмия – 0,02 мг/кг, свинца – 0,28 мг/кг, ртути – 0,009 мг/кг и мышьяка – 0,025 мг/кг), в Добровском районе (кадмия – менее 0,01 мг/кг, свинца – 0,18 мг/кг, ртути – менее 0,002 мг/кг и мышьяка – 0,015 мг/кг), в Задонском районе (кадмия – 0,02 мг/кг, свинца – 0,14 мг/кг, ртути – менее 0,002 мг/кг, мышьяка –

0,019 мг/кг) и в Усманском районе (кадмия – 0,03 мг/кг, свинца – 0,22 мг/кг, ртути – менее 0,002 мг/кг, мышьяка – менее 0,008 мг/кг). Полученные результаты не противоречат литературным по которым мышьяк и свинец относятся к группе элементов слабого и очень слабого захвата, и растения не позволяют им свободно проникать в протопласт через ткани клеточной стенки [2].

Анализируя данные таблицы, 3 видно, что содержания кадмия, свинца, ртути и мышьяка в зерне яровой и озимой пшеницы находится ниже ПДК во всех районах произрастания в соответствии с ТР ТС 015/2011 «О безопасности зерна» [10]. В Елецком и Задонских районах содержание кадмия составляет 0,02 мг/кг для яровой пшеницы,

в Усманском районе 0,03 мг/кг как для яровой, так и озимой пшеницы. В Елецком и Задонских районах содержание ртути составляет для озимой пшеницы 0,011 мг/кг и 0,004 мг/кг соответственно. В зерне яровой пшеницы Елецкого района 0,009 мг/кг, содержание мышьяка в Елецком, Добровском и Задонском районах составляет более 0,008 мг/кг как для яровой, так и для озимой пшеницы, относительно значений, полученных для зерна пшеницы возделываемой в Усманском районе. В связи с вышеизложенным была произведена статистическая обработка данных для проверки достоверности и приемлемости полученных результатов, представленная в таблице 4.

Таблица 4
Table 4Статистическая обработка данных содержания кадмия, ртути и мышьяка в зерне пшеницы
Statistical processing of data on the content of cadmium, mercury, and arsenic in wheat grain

Элементы	Критерии повторяемости	Районы Липецкой области							
		Елецкий район		Добровский район		Задонский район		Усманский район	
		Я	О	Я	О	Я	О	Я	О
Cd	Повторяемость, Г _{кр}	0,0005	-	-	-	0,0013	-	0,0009	0,0029
	Норматив контроля повторяемости, г	0,0023	-	-	-	0,0055	-	0,0066	0,0057
Hg	Повторяемость, Г _{кр}	0,0015	0,0018	-	-	-	0,0015	-	-
	Норматив контроля повторяемости, г	0,0034	0,0028	-	-	-	0,0012	-	-
As	Повторяемость, Г _{кр}	0,0018	0,0004	0,0013	0,0011	0,0008	0,0021	-	-
	Норматив контроля повторяемости, г	0,0110	0,0110	0,0090	0,0075	0,0040	0,0080	-	-

* Примечание: Я – зерно яровой пшеницы; О – зерно озимой пшеницы.

Результаты измерений, выполненные в условиях повторяемости, считаются приемлемыми, Г_{кр} < Г.

Массовое содержание катионов свинца, кадмия, ртути и мышьяка в почве полей после посева яровой и озимой пшеницы на территории Елецкого, Добровского, Усманского и Задонского районов Липецкой области представлены в таблице 5. Так, содержание кадмия, свинца, ртути, мышьяка в почве полей яровой пшеницы в Елецком районе составил менее 0,01 мг/кг, 2,37 мг/кг, 0,0146 мг/кг, 0,051 мг/кг соответственно, в Добровском районе 0,19 мг/кг, 2,53 мг/кг, менее 0,002 мг/кг, 0,043 мг/кг,

в Усманском – 0,41 мг/кг, 3,05 мг/кг, менее 0,002 мг/кг, 0,015 мг/кг, в Задонском – 0,26 мг/кг, 1,62 мг/кг, 0,0048 мг/кг, 0,041 мг/кг соответственно. В почве полей озимой пшеницы в Елецком районе составил менее 0,01 мг/кг, 2,35 мг/кг, 0,0144 мг/кг, 0,049 мг/кг соответственно, в Добровском районе 0,18 мг/кг, 2,50 мг/кг, менее 0,002 мг/кг, 0,041 мг/кг, в Усманском – 0,40 мг/кг, 3,01 мг/кг, менее 0,002 мг/кг, 0,014 мг/кг и в Задонском – 0,25 мг/кг, 1,60 мг/кг, 0,0046 мг/кг, 0,039 мг/кг соответственно.

Таблица 5
Table 5Валовое содержание кадмия, свинца, ртути и мышьяка в почве полей после процесса сбора пшеницы
Total content of cadmium, lead, mercury, and arsenic in field soil after the wheat harvesting process

Место отбора	Содержание элементов в почве после уборки пшеницы, мг/кг							
	Cd		Pb		Hg		As	
	Я	О	Я	О	Я	О	Я	О
Елецкий район	менее 0,01	менее 0,01	2,37 ± 0,78	2,35 ± 0,77	0,0146 ± 0,0040	0,0144 ± 0,0039	0,051 ± 0,018	0,049 ± 0,017
Добровский район	0,19 ± 0,07	0,18 ± 0,07	2,53 ± 0,86	2,50 ± 0,85	менее 0,0020	менее 0,0020	0,043 ± 0,015	0,041 ± 0,014
Задонский район	0,26 ± 0,10	0,25 ± 0,10	1,62 ± 0,55	1,60 ± 0,54	0,0048 ± 0,0010	0,0046 ± 0,0009	0,041 ± 0,014	0,039 ± 0,013
Усманский район	0,41 ± 0,16	0,40 ± 0,16	3,05 ± 1,04	3,01 ± 1,03	менее 0,0020	менее 0,0020	0,015 ± 0,005	0,014 ± 0,004
ПДК катионов	2,00		32,00		2,100		2,000	

* Примечание: Я – поле яровой пшеницы; О – поле озимой пшеницы.

Сравнительный анализ проб показал, что массовое содержание катионов кадмия, свинца, ртути и мышьяка в почвах полей исследуемых районов после сбора яровой и озимой

пшеницы с фоновыми значениями (до посева) не выявил статистически значимых изменений с доверительной вероятностью 95%. Также анализ результатов свидетель-

ствует о том, что уровень накопления определяемых металлов в почве полей исследуемых районов после уборки яровой и озимой пшеницы не выходит за пределы установленных нормативов ПДК и его можно охарактеризовать как очень слабый, несмотря на то, что большинство посевных площадей, отведенных под пшеницу во время исследования, располагались в непосредственной близости от автомобильных магистралей.

Заключение. Содержание определяемых токсичных элементов во всех отобранных почвенных пробах находится ниже максимально допустимых уровней, так, валовое количество Cd колеблется от менее 0,001 до $0,44 \pm 0,17$ мг/кг; Pb – от $1,60 \pm 0,54$ до $3,05 \pm 1,04$ мг/кг; Hg – от менее 0,002 до $0,0052 \pm 0,0020$ мг/кг; As – от $0,014 \pm 0,004$ до $0,051 \pm 0,018$ мг/кг. Результаты исследования показали качество сельскохозяйственной продукции и её соответствие требованиям технического регламента «О безопасности зерна», содержание Cd в зерне яровой и озимой

пшеницы менее $0,03 \pm 0,01$ мг/кг; Pb – от $0,14 \pm 0,03$ до $0,31 \pm 0,07$ мг/кг; Hg – менее $0,011 \pm 0,004$ мг/кг; As – менее $0,027 \pm 0,006$ мг/кг.

Таким образом, в ходе проведенного исследования нами была осуществлена комплексная оценка эколого-геохимического состояния системы «почва – зерно пшеницы» на территории отдельных районов Липецкой области с акцентом на содержание свинца, кадмия, ртути и мышьяка. Итоговая оценка качества сельскохозяйственной продукции подтвердила её соответствие требованиям технического регламента «О безопасности зерна». Содержание токсичных элементов во всех отобранных пробах находится ниже максимально допустимых уровней, что позволяет сделать вывод об экологической безопасности зерна яровой и озимой пшеницы, производимого в исследуемых хозяйствах Липецкой области, и отсутствии существенных рисков для здоровья потребителей.

Список источников

1. Центр Агроаналитики [Электронный ресурс]. – URL: <https://specagro.ru/news/202412/valovyy-sbor-zerna-v-lipetskoy-oblasti-sostavil-31-mln-t> (дата обращения: 10.03.2026).
2. Алексеев Ю.В. Тяжёлые металлы в почвах и растениях. Л.: Агропромиздат, 1987. 142 с.
3. ГОСТ Р 58595-2019. Почвы. Отбор проб. Разработан Федеральным государственным бюджетным научным учреждением «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова» (ФГБНУ «ВНИИ агрохимии»); внесен Техническим комитетом по стандартизации ТК 025 «Качество почв, грунтов и органических удобрений»: утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 10 октября 2019 г. № 954-ст. М.: Стандартинформ, 2019. 10 с.
4. Муха В.Д., Муха Д.В., Ачкасов А.Л. Практикум по агрономическому почвоведению. Учебное пособие. М.: Лань, 2013. 480 с.
5. ГОСТ 30178-96. Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов: Межгосударственный стандарт: дата введения 1998-01-01. Москва: Стандартинформ, 2010. 7 с. – Текст: непосредственный.
6. ГОСТ Р 53183–2008. Продукты пищевые. Определение следовых элементов. Определение ртути методом атомно-абсорбционной спектроскопии холодного пара с предварительной минерализацией пробы под давлением: Национальный стандарт Российской Федерации: дата введения 2010-01-01. Москва: Стандартинформ, 2009. 11 с. – Текст: непосредственный.
7. ГОСТ Р 51766-2001 Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения мышьяка: введен в действие Постановлением Госстандарта России от 27 июня 2001 г. № 249-ст. Москва: Стандартинформ, 2011. 11 с. – Текст: непосредственный.
8. ГОСТ 26929-94 Сырье и продукты пищевые. Подготовка проб. Минерализация для определения содержания токсичных элементов: введен в действие непосредственно в качестве государственного стандарта Российской Федерации с 1 января 1996 г. Москва: Стандартинформ, 2010. 12 с. – Текст: непосредственный.
9. ГОСТ 31671-2012 (EN 13805:2002) Продукты пищевые. Определение следовых элементов. Подготовка проб методом минерализации при повышенном давлении: принят Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 1 октября 2012 г. № 51). Москва: Стандартинформ, 2011. 11 с. – Текст: непосредственный.
10. Технический регламент таможенного союза о безопасности зерна ТР ТС 015 2011 «О безопасности зерна» утвержден решением Комиссии Таможенного союза от 9.12.2011 г № 874. 36 с.

References

1. Center for Agro-Analytics [Electronic resource]. – URL: <https://specagro.ru/news/202412/valovyy-sbor-zerna-v-lipetskoy-oblasti-sostavil-31-mln-t> (accessed 10 March 2026).
2. Alekseev U.V. Heavy metals in soils and plants. L.: Agropromizdat, 1987. 142 p.
3. State Standart R 58595-2019. Soils. Sampling. Moscow: Standartinform, 2019. 10 p.
4. Muha V.D., Muha D.V., Achkasov A.L. Practical Course on Agronomic Soil Science: A Textbook. M.: Lan, 2013. 480 p.
5. State Standart 30178–96. Raw materials and food products. Atomic absorption method for the determination of toxic elements. Moscow: Standartinform, 2010. 7 p.
6. State Standart R 53183–2008. Food products. Determination of trace elements. Determination of mercury by cold vapor atomic absorption spectrometry with pre-mineralization of the sample under pressure. Moscow: Standartinform, 2009. 11 p.
7. State Standart R 51766-2001 Raw materials and food products. Atomic absorption method for determining arsenic. Moscow: Standartinform, 2011. 11 p.
8. State Standart 26929-94 Raw materials and food products. Sample preparation. Mineralization for determination of toxic elements content. Moscow: Standartinform, 2010. 12 p.

9. State Standart 31671-2012 (EN 13805:2002) Food products. Determination of trace elements. Preparation of samples by mineralization under elevated pressure. Moscow: Standartinform, 2014. 11 p.
10. The Technical Regulations of the Customs Union TR CU 015/2011 «On Grain safety» were approved by the decision of the Customs Union Commission dated December 9, 2011, no. 874, pp. 36.

Информация об авторах

А.С. Шатских – магистр 3 курса;

Н.А. Копаева – кандидат химических наук, доцент кафедры географии, биологии и химии, заведующий кафедрой географии, биологии и химии, СПИН-код 2290-1600, <https://orcid.org/0000-0003-4999-5865>;

Г.Н. Никонова – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры географии, биологии и химии, СПИН-код 1539-3576, <https://orcid.org/0000-0002-6134-3790>.

Information about the authors

A.S. Shatskikh – Master of the 3rd year;

N.A. Kopayeva – Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of the Department of Geography, Biology and Chemistry, Head of the Department of Geography, Biology and Chemistry, SPIN code 2290-1600, <https://orcid.org/0000-0003-4999-5865>;

G.N. Nikonova – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Geography, Biology and Chemistry, SPIN code 1539-3576, <https://orcid.org/0000-0002-6134-3790>.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Contribution of the Authors: all the authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 05.08.2026; одобрена после рецензирования 01.09.2026; принята к публикации 18.09.2026
The article was submitted 05.08.2026; approved after reviewing 01.09.2026; accepted for publication 18.09.2026

