

© Н. А. Дьякова

**СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ И МЫШЬЯКА В ПОЧВАХ НЕКОТОРЫХ АГРОЦЕНОЗОВ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ**

*ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»  
Россия, 394006, г. Воронеж, Университетская пл., д. 1*

**Дьякова Н. А. Содержание тяжелых металлов и мышьяка в почвах некоторых агроценозов Воронежской области.** – В работе представлены результаты аналитического анализа содержания некоторых тяжелых металлов и мышьяка в почвах агроценозов Воронежской области. Концентрации валовых и подвижных форм элементов оказались соответствующими требованиям нормативной документации в большинстве исследованных образцов почв. Сравнительный анализ полученных результатов с кларками селитебных почв также свидетельствует об относительном экологическом благополучии почв агроценозов региона.

*Ключевые слова:* почва, агроценозы, тяжелые металлы, мышьяк, валовые формы, подвижные формы, кларки.

**Введение**

Возрастание техногенной нагрузки на окружающую среду обуславливает необходимость постоянного мониторинга экологического состояния как естественных, так и искусственно созданных экосистем [24, 26]. В таких условиях почва, а особенно верхние ее слои, является ключевым депонирующим компонентом ряда экотоксикантов, выделяющихся в результате хозяйственной деятельности человека [4, 11, 17].

Воронежская область относится к важным агропромышленным субъектам Российской Федерации. Регион обладает ежегодным приростом индекса промышленного производства, составляющим на 2023 г. 107 % [7, 9]. Однако разработки месторождений полезных ископаемых, активное применение пестицидов и удобрений, расширение производств и транспортной инфраструктуры, последствия Чернобыльской катастрофы актуализировали вопрос безопасности растительной продукции [3, 12, 14, 15].

Основными источниками загрязнения биосферы токсичными элементами являются автотранспорт (50–80 % антропогенной нагрузки), промышленные предприятия, применение удобрений и ядохимикатов [10, 20, 22]. Выхлопные газы автомобилей выбрасываются преимущественно низко над почвой, при этом концентрация токсичных веществ и дальность рассеивания выхлопных газов во многом зависит от режима работы двигателя, интенсивности движения, наличия естественных и искусственных заграждений вдоль дорог [5, 17, 22]. В условиях сельской местности высокие концентрации токсичных элементов в почве и растениях преимущественно характеризуется расстоянием 100 м от обочины дороги [2, 23]. В зоне влияния промышленных предприятий распространение экотоксикантов зависит от розы ветров, климатических и погодных условий, особенностей очистных сооружений и высоты дымовых труб [6, 17, 19, 22].

Принимая во внимание ежегодно возрастающее воздействие на флору и фауну тяжелых металлов как наиболее приоритетных экотоксикантов в силу их распространенности, токсического эффекта и способности к кумуляции, необходимо исследование по оценке загрязнения почв Воронежской области тяжелыми металлами и мышьяком в традиционных агропромышленных районах.

Цель исследования – представить результаты аналитического контроля содержания некоторых тяжелых металлов и мышьяка в почвах агроценозов Воронежской области.

### Материал и методы исследования

Исследования проводили в 2018–2022 гг. для почв агроценозов Воронежской области, наиболее значимых для сельскохозяйственного сектора региона [13, 21]. Для анализа особенностей загрязнения почв экотоксикантами пробы также отбирали на территориях, лишенных антропогенного воздействия (заповедные зоны) [5, 8, 13].

Пробы почв отбирали согласно ГОСТ Р 58595-2019 методом конверта на удалении 0–100 м от края сельскохозяйственного угодья. Исследовали верхние слои почв (0–10 см), так как именно они подвергаются наибольшему антропогенному воздействию.

Таблица 1

#### Список учетных площадок для отбора проб почв

№ п/п	Территория отбора пробы	Тип почвы	Географические координаты
Контрольные территории			
1	Воронежский заповедник им. (Рамонский р-н)	дерновые лесные	51°53' с. ш. и 39°30' в. д.
2	Теллермановский лес (Борисоглебский район)	темно-серые лесные	51°22' с. ш. и 42°57' в. д.
3	Хоперский заповедник (Новохоперский р-н)	пойменно-лесные серые глееватые	51°15' с. ш. и 41°46' в. д.
Агроценозы (сельскохозяйственные поля)			
4	Верхнехавский р-н	черноземы обыкновенные	51°38' с. ш. и 40°06' в. д.
5	Воробьевский р-н		50°38' с. ш. и 40°57' в. д.
6	Грибановский р-н		51°26' с. ш. и 41°58' в. д.
7	Лискинский р-н		50°58' с. ш. и 39°28' в. д.
8	Новохоперский р-н		51°07' с. ш. и 41°37' в. д.
9	Ольховатский р-н		50°17' с. ш. и 39°16' в. д.
10	Панинский р-н		51°38' с. ш. и 40°06' в. д.
11	Петропавловский р-н		50°06' с. ш. и 40°54' в. д.
12	Подгоренский р-н		50°25' с. ш. и 39°41' в. д.
13	Репьевский р-н		51°05' с. ш. и 38°39' в. д.
14	Россошанский р-н		50°12' с. ш. и 39°35' в. д.
15	Хохольский р-н		51°34' с. ш. и 38°47' в. д.
16	Эртильский р-н		51°51' с. ш. и 40°48' в. д.

Определяли содержание валовых и подвижных форм элементов 1 класса опасности – мышьяка, кадмия, ртути, свинца, цинка, никеля, а также некоторых наиболее токсичных металлов 2 класса опасности – меди, хрома и кобальта [18]. Определение содержания в почвах валовых и подвижных форм элементов проводили в соответствии с «МУ по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства» на атомно-абсорбционном спектрометре МГА-915МД. Для количественного определения ртути и мышьяка использовали ртутно-гидридную приставку РГП-915. Анализ осуществлялся с тремя параллельными опытами, допускаемые расхождения определения определяли при доверительной вероятности 95 %.

### Результаты и обсуждение

Концентрация валовых форм свинца в почвах агроценозов не превышала 13,1 мг/кг (табл. 2), что на порядок меньше ОДК (130 мг/кг) [18]. Содержание подвижных форм элемента составило не более 1,38 мг/кг (табл. 3), что также менее ПДК (6,0 мг/кг) [18]. Для почв контрольных территорий отмечено содержание валовых форм свинца на более низком уровне, не превышающем 4,7 мг/кг, а концентрация подвижных форм элемента соответствовало таковым для сельскохозяйственных угодий.

**Концентрации валовых форм тяжелых металлов и мышьяка в почвах агроценозов Воронежской области, мг/кг**

№ п/п	Территория отбора пробы	Элемент								
		Pb	Cd	Hg	As	Co	Cr	Ni	Zn	Cu
Контрольные территории										
1	Воронежский заповедник (Рамонский р-н)	4,10	0,02	0,04	0,90	2,99	3,90	2,24	11,48	3,30
2	Теллермановский лес (Борисоглебский район)	4,74	0,04	0,01	0,55	1,84	2,86	2,86	25,61	6,85
3	Хоперский заповедник (Новохоперский р-н)	4,33	0,07	0,03	0,64	2,17	4,63	5,76	17,35	7,41
Агроценозы (сельскохозяйственные поля)										
4	Верхнехавский р-н	11,54	0,31	0,08	1,34	6,39	10,54	4,86	29,09	26,83
5	Воробьевский р-н	2,78	0,11	0,07	0,66	5,11	4,02	7,31	14,77	23,38
6	Грибановский р-н	6,21	0,07	0,02	1,28	4,04	4,18	11,82	35,72	18,01
7	Лискинский р-н	7,83	0,33	0,06	0,74	9,33	9,57	1,46	9,58	17,88
8	Новохоперский р-н	4,45	0,22	0,01	1,07	4,01	2,53	4,85	17,86	10,57
9	Ольховатский р-н	1,71	0,26	0,08	0,98	5,46	12,72	8,96	30,20	9,34
10	Панинский р-н	6,86	0,23	0,11	1,26	8,62	12,88	10,87	47,93	10,34
11	Петропавловский р-н	4,67	0,25	0,08	0,69	10,04	8,42	1,35	28,97	29,62
12	Подгоренский р-н	3,21	0,25	0,04	0,91	7,38	4,46	13,83	26,62	26,95
13	Репьевский р-н	3,21	0,18	0,08	1,19	9,91	7,26	6,21	21,08	9,37
14	Россошанский р-н	6,76	0,22	0,13	1,21	8,31	8,51	14,57	25,01	28,76
15	Хохольский р-н	3,51	0,18	0,04	0,82	7,01	6,62	12,12	41,82	15,41
16	Эртильский р-н	13,11	0,32	0,12	0,73	4,58	4,68	12,98	46,75	14,92
ОДК [18]		130,0	2,0	2,1	10,0	-	-	80,0	220,0	132,0
Мировой кларк почв по Д. П. Малога [16]		10,0	0,5	0,03	5,0	10,0	200,0	40,0	50,0	20,0
Кларк селитенных почв по В. А. Алексеенко [1]		54,5	0,9	0,88	15,9	14,1	80,0	33,0	158,0	39,0

Концентрация валовых и подвижных форм кадмия в почвах сельскохозяйственных угодий и контрольных зон не превышала установленных нормативов ОДК И ПДК соответственно, однако показано более высокий уровень содержания кадмия в почвах агроценозов региона, что может быть связано с применением кадмийсодержащих пестицидов [10, 25].

Концентрация валовых и подвижных форм ртути в почвах агроценозов Воронежской области составляла не более 0,13 мг/кг, содержание ее подвижных форм оценивалось на уровне, не превышающем 0,008 мг/кг, что является относительно невысокими показателями [5, 8, 14]. Значительные отличия валовых концентраций и содержания подвижных форм ртути (на порядок) объясняются высокой способностью элемента к образованию прочных комплексов с гуминовыми кислотами и низкой растворимости соединений металла в почвенном растворе [3, 4].

Содержание валовых и подвижных форм мышьяка в почвах сельскохозяйственных угодий Воронежской области варьировало на относительно невысоком уровне [5, 8, 14, 18] и сопоставимо с числовыми показателями элемента в почвах контрольных зон.

Содержание валовых форм хрома в почвах сельскохозяйственных земель региона не превышало 12,9 мг/кг, концентрация подвижных форм – 0,90 мг/кг, что является относительно невысоким уровнем [5, 8, 14], однако, значительно выше концентраций валовых и подвижных форм элемента в почвах контрольных зон.

Концентрации валовых и подвижных форм кобальта в почвах агроценозов также принимали более высокие значения в сравнении с образцами контрольных площадок. Для сельскохозяйственных угодий ряда районов (Лискинский, Петропавловский, Репьевский)

данные отличия отмечены более чем в 2 раза, что, вероятно, связано с высоким уровнем применения в данных районах минеральных удобрений, содержащих кобальт [10, 21].

Таблица 3

**Концентрации подвижных форм тяжелых металлов и мышьяка в почвах агроценозов Воронежской области, мг/кг**

№ п/п	Территория отбора пробы	Элемент								
		Pb	Cd	Hg	As	Co	Cr	Ni	Zn	Cu
Контрольные территории										
1	Воронежский заповедник (Рамонский р-н)	1,03	0,005	0,010	0,068	0,60	0,55	0,27	3,44	0,92
2	Теллермановский лес (Борисоглебский район)	1,90	0,010	0,001	0,050	0,33	0,49	0,47	5,63	1,05
3	Хоперский заповедник (Новохоперский р-н)	1,33	0,019	0,007	0,037	0,51	0,88	0,68	4,41	1,63
Агроценозы (сельскохозяйственные поля)										
4	Верхнехавский р-н	1,38	0,020	0,008	0,035	0,65	0,44	0,25	2,06	1,68
5	Воробьевский р-н	0,38	0,018	0,005	0,021	0,41	0,16	0,67	2,97	1,43
6	Грибановский р-н	0,51	0,006	0,001	0,051	0,55	0,25	0,48	5,33	1,81
7	Лискинский р-н	0,72	0,028	0,004	0,018	1,13	0,28	0,04	2,02	1,74
8	Новохоперский р-н	0,63	0,025	0,002	0,043	0,55	0,24	0,33	2,17	0,75
9	Ольховатский р-н	0,25	0,024	0,005	0,027	0,45	0,87	0,65	3,05	0,47
10	Панинский р-н	1,05	0,018	0,004	0,059	0,78	0,90	0,64	4,33	0,94
11	Петропавловский р-н	0,70	0,030	0,002	0,021	0,92	0,35	0,09	3,45	1,79
12	Подгоренский р-н	0,43	0,031	0,001	0,029	0,54	0,42	1,42	2,41	2,42
13	Репьевский р-н	0,23	0,025	0,005	0,054	1,19	0,47	1,38	1,90	0,89
14	Россошанский р-н	0,75	0,026	0,006	0,037	0,84	0,61	1,01	2,55	<b>3,45</b>
15	Хохольский р-н	0,47	0,019	0,002	0,028	0,72	0,22	0,99	7,11	1,71
16	Эртильский р-н	1,35	0,027	0,005	0,011	0,61	0,29	1,05	5,62	1,36
ПДК [18]		<b>6,0</b>	-	-	-	<b>5,0</b>	<b>6,0</b>	<b>4,0</b>	<b>23,0</b>	<b>3,0</b>

Результаты определения валовых концентраций и концентраций подвижных форм никеля позволили выявить значительно более высокий уровень его содержания в почвах сельскохозяйственных угодий ряда районов (Подгоренского, Россошанского, Хохольского, Эртильского и др.), что можно объяснить особенностями почв исследуемых агроценозов, представленных преимущественно черноземами, обладающими большей сорбционной емкостью в отношении тяжелых металлов по сравнению с лесными почвами [3, 23].

Валовая концентрация цинка и концентрация его подвижных форм в почвах агроценозов региона соответствовала требованиям нормативной документации [18]. При этом валовое содержание элемента в почвах сельскохозяйственных угодий некоторых районов (Панинского, Эртильского, Хохольского) в два и более раза превышала его концентрацию в почвах контрольных зон. Содержание подвижных форм цинка в почвах ряда сельскохозяйственных полей также была выше концентраций элемента в образцах контрольных площадок. Цинк входит в число добавляемых в удобрения микроэлементов, чем можно объяснить более высокий уровень его содержания в почвах агроценозов [9, 15, 20].

Валовое содержание меди в почвах сельскохозяйственных земель Воронежской области также соответствовало требованиям нормативной документации, не превышая и 25 % от ОДК [18]. Превышение ПДК подвижных форм меди выявлено агроценозе Россошанского района, что можно связать с недостаточной эффективностью очистки выбросов расположенного в непосредственной близости промышленного предприятия ОАО «Минудобрения», регионального производителя минеральных удобрений, в которые медь входит в качестве микроэлементной добавки [2, 7, 10].

Применение для интерпретации полученных результатов предельно и ориентировочно допустимых концентраций вызывает ряд затруднений в связи с их широким варьированием в зависимости от типа почв и др. Более точной эколого-геохимической характеристикой почв являются кларки, так как отражают содержание элементов при одновременном влиянии естественных и техногенных процессов, происходящих в период установления кларков. С течением времени числовые значения кларков изменяются, однако, их представляется возможным использовать в качестве сравнительных показателей для формирования выводов о загрязнении почв [1, 6, 16].

Для анализа экспериментальных результатов сравнивали валовые концентрации элементов в почвах сельскохозяйственных угодий и контрольных зон с кларками по Д. П. Малюга [16] (табл. 4) и по В. А. Алексеенко [1] (табл. 5).

При сопоставлении валовых концентраций токсичных элементов в почвах сельскохозяйственных угодий Воронежской области с мировыми кларками их по Д. П. Малюга (табл. 4) превышение было установлено преимущественно по содержанию ртути: в 1 образце контрольных зон и в 11 из 13 образцах агроценозов, что может быть связано с широким применением ртутьсодержащих пестицидов во второй половине XX века. По меди отмечено превышение кларков в 5 из 13 образцов почв агроценозов, по свинцу – в 2 образцах почв, по кобальту – в 1 образце. Концентрации хрома, цинка, никеля, мышьяка в изучаемых почвах сельскохозяйственных угодий региона не превышали мировых кларков по Д. П. Малюга.

Таблица 4

**Отношение валовых концентрации тяжелых металлов и мышьяка в почвах агроценозов Воронежской области к кларкам по Д. П. Малюга [16]**

№ п/п	Территория отбора пробы	Элемент								
		Pb	Cd	Hg	As	Co	Cr	Ni	Zn	Cu
Контрольные территории										
1	Воронежский заповедник (Рамонский р-н)	0,41	0,04	<b>1,33</b>	0,18	0,30	0,02	0,06	0,23	0,17
2	Теллермановский лес (Борисоглебский район)	0,47	0,06	0,33	0,11	0,18	0,01	0,07	0,51	0,34
3	Хоперский заповедник (Новохоперский р-н)	0,43	0,14	0,67	0,12	0,22	0,02	0,14	0,35	0,37
Агроценозы (сельскохозяйственные поля)										
4	Верхнехавский р-н	<b>1,15</b>	0,60	<b>3,00</b>	0,27	0,64	0,05	0,12	0,58	<b>1,34</b>
5	Воробьевский р-н	0,28	0,20	<b>2,00</b>	0,13	0,51	0,02	0,18	0,30	<b>1,17</b>
6	Грибановский р-н	0,62	0,14	0,67	0,26	0,40	0,02	0,30	0,71	0,90
7	Лискинский р-н	0,78	0,68	<b>1,67</b>	0,15	0,93	0,05	0,04	0,19	0,89
8	Новохоперский р-н	0,44	0,42	0,33	0,21	0,40	0,01	0,12	0,36	0,53
9	Ольховатский р-н	0,17	0,50	<b>2,33</b>	0,20	0,55	0,06	0,22	0,60	0,47
10	Панинский р-н	0,69	0,48	<b>3,33</b>	0,25	0,86	0,06	0,27	0,96	0,52
11	Петропавловский р-н	0,46	0,52	<b>2,33</b>	0,14	<b>1,04</b>	0,04	0,03	0,58	<b>1,48</b>
12	Подгоренский р-н	0,32	0,48	<b>1,33</b>	0,18	0,74	0,02	0,35	0,53	<b>1,35</b>
13	Репьевский р-н	0,32	0,34	<b>3,00</b>	0,24	0,99	0,04	0,16	0,42	0,47
14	Росошанский р-н	0,68	0,48	<b>4,33</b>	0,24	0,83	0,04	0,36	0,50	<b>1,44</b>
15	Хохольский р-н	0,35	0,36	<b>1,33</b>	0,16	0,70	0,03	0,30	0,84	0,77
16	Эртильский р-н	<b>1,31</b>	0,64	<b>3,67</b>	0,14	0,46	0,02	0,32	0,93	0,75

При сравнении полученных результатов с кларками селитебных почв по В. А. Алексеенко (табл. 5) превышений их не было выявлено, что свидетельствует об относительном экологическом благополучии почв сельскохозяйственных угодий Воронежской области [1, 2].

**Отношение валовых концентрации тяжелых металлов и мышьяка в почвах агроценозов Воронежской области к кларкам селитебных почв по В. А. Алексеенко [1]**

№ п/п	Территория отбора пробы	Элемент								
		Pb	Cd	Hg	As	Co	Cr	Ni	Zn	Cu
Контрольные территории										
1	Воронежский заповедник (Рамонский р-н)	0,08	0,02	0,05	0,06	0,21	0,05	0,07	0,07	0,08
2	Теллермановский лес (Борисоглебский район)	0,09	0,03	0,01	0,03	0,13	0,04	0,09	0,16	0,18
3	Хоперский заповедник (Новохоперский р-н)	0,08	0,08	0,02	0,04	0,15	0,06	0,17	0,11	0,19
Агроценозы (сельскохозяйственные поля)										
4	Верхнехавский р-н	0,21	0,33	0,10	0,08	0,45	0,13	0,15	0,18	0,69
5	Воробьевский р-н	0,05	0,11	0,07	0,04	0,36	0,05	0,22	0,09	0,60
6	Грибановский р-н	0,11	0,08	0,02	0,08	0,29	0,05	0,36	0,23	0,46
7	Лискинский р-н	0,14	0,38	0,06	0,05	0,66	0,12	0,04	0,06	0,46
8	Новохоперский р-н	0,08	0,23	0,01	0,07	0,29	0,03	0,15	0,11	0,27
9	Ольховатский р-н	0,03	0,28	0,08	0,06	0,39	0,16	0,27	0,19	0,24
10	Панинский р-н	0,13	0,27	0,11	0,08	0,61	0,16	0,33	0,30	0,26
11	Петропавловский р-н	0,08	0,29	0,08	0,04	0,71	0,11	0,04	0,18	0,76
12	Подгоренский р-н	0,06	0,27	0,03	0,06	0,52	0,06	0,42	0,17	0,69
13	Репьевский р-н	0,06	0,19	0,10	0,07	0,70	0,09	0,19	0,13	0,24
14	Россошанский р-н	0,12	0,27	0,15	0,08	0,59	0,11	0,44	0,16	0,74
15	Хохольский р-н	0,06	0,20	0,03	0,05	0,50	0,08	0,37	0,26	0,40
16	Эртильский р-н	0,24	0,36	0,13	0,05	0,33	0,06	0,39	0,30	0,38

### Выводы

Содержание валовых и подвижных форм тяжелых металлов и мышьяка оказалось соответствующим требованиям нормативной документации во всех контрольных образцах и в большинстве исследованных образцов почв агроценозов. Выявлено превышение предельно допустимой концентрации подвижных форм меди в образце, отобранном на территории сельскохозяйственного угодья Россошанского района, что может быть связано с недостаточной очисткой выбросов предприятий, расположенных в непосредственной близости. Полученные результаты исследований почв Воронежской области по содержанию тяжелых металлов и мышьяка демонстрируют в целом преимущественно их соответствие требованиям действующих нормативов, что открывает значительные перспективы дальнейшего развития сельскохозяйственной отрасли в регионе.

### Список литературы

1. Алексеенко В. А., Алексеенко А. В. Химические элементы в городских почвах. М.: Логос. 2014. 312 с.
2. Аристархов А., Лунев М., Павлихина А. Эколого-агрохимическая оценка состояния пахотных почв России по содержанию в них подвижных форм тяжелых металлов // Международный сельскохозяйственный журнал. 2016. № 6. С. 42–47.
3. Гречищева Н. Ю., Ярославцева Н. В., Котельникова А. Д., Остах О. С., Холодов В. А., Заворотный В. Л., Балаба В. И. Мобилизация почвенного органического вещества ультрапресными водами: его моделирование и оценка влияния на подвижность тяжелых металлов // Почвоведение. 2021. № 6. С. 675–685. DOI: 10.31857/S0032180X21060058.
4. Девятова Т. А., Гафар Г. Х. Г. Сорбционная способность почв Ирака к поглощению нефтепродуктов и тяжелых металлов // Сорбционные и хроматографические процессы. 2022. Т. 22. № 3. С. 327–334. DOI: 10.17308/sorpchrom.2022.22/9339.

5. Дьякова Н. А. Оценка загрязнения тяжелыми металлами верхних слоев почв урбо- и агроэкосистем Центрального Черноземья // Научно-практический журнал «Вестник ИрГСХА». 2019. № 95. С. 19–30. EDN: PHZWCV.
6. Дьякова Н. А. Экологическая оценка сырьевых ресурсов лекарственных растений Воронежской области. Воронеж: Цифровая полиграфия. 2022. 264 с.
7. Дьякова Н. А., Епринцев С. А., Клепиков О. В., Виноградов П. М. Эколого-гигиеническая оценка верхних слоев почв антропогенно нарушенных территорий средней полосы России по содержанию подвижных форм тяжелых металлов // Грозненский естественнонаучный бюллетень. 2024. Т. 9, № 2 (36). С. 19–26. DOI: 10.25744/genb.2024.10.32.003.
8. Дьякова Н. А., Сливкин А. И., Гапонов С. П. Эколого-гигиеническая оценка состояния почв антропогенных экосистем Воронежской области // Известия Калининградского государственного технического университета. 2020. № 59. С. 61–72. DOI 10.46845/1997-3071-2020-59-61-72.
9. Дьякова Н. А., Сливкин А. И., Гравель И. В. Эколого-фармакогностическая оценка качества лекарственного растительного сырья Центрального Черноземья. М.: РУСАЙНС. 2023. 238 с.
10. Заряева Е. В. Анализ данных регионального мониторинга содержания пестицидов в объектах окружающей среды Воронежской области // Вестник новых медицинских технологий. 2011. Т. 18, № 2. С. 476–478.
11. Копчик С. В., Копчик Г. Н. Оценка современных рисков избыточного накопления тяжелых металлов в почвах на основе концепции критических нагрузок (обзор) // Почвоведение. 2022. № 5. С. 615–630. DOI: 10.31857/S0032180X22050033.
12. Курбаков Д. Н., Кузнецов В. К., Сидорова Е. В., Новикова Н. В., Саруханов А. В., Дементьева Н. В. Содержание тяжелых металлов в почвах агроэкосистем зоны воздействия предприятий Липецкой промышленной агломерации // Экология промышленного производства. 2023. № 2 (122). С. 59–63. DOI: 10.52190/2073-2589\_2023\_2\_59.
13. Куролан С. А., Мамчик Н. П., Клепиков О. В. [и др.] Медико-экологический атлас Воронежской области: монография. Воронеж: ГУП ВО «Воронежская областная типография – издательство им. Е. А. Болховитинова», 2010. 167 с.
14. Лукин С. В. Экологическая оценка содержания тяжелых металлов и мышьяка в почвах и сельскохозяйственных растениях Центрального Черноземья // Почвоведение. 2024. № 10. С. 1414–1423. DOI: 10.31857/S0032180X24100101.
15. Лукин С. В., Жуйков Д. В. Мониторинг содержания марганца, цинка и меди в почвах и растениях Центрально-Черноземного района России // Почвоведение. 2021. № 1. С. 60–69. DOI: 10.31857/S0032180X21010093.
16. Малюга Д. П. Биогеохимический метод поисков рудных месторождений. Ленинград: Издательство АН СССР, 1963. 264 с.
17. Парамонова Т. А., Черногаева Г. М., Лукьянова Н. Н., Парамонов М. С. Тяжелые металлы в городских почвах Приволжского федерального округа: сопряженный анализ официальных данных // Почвоведение. 2023. № 11. С. 1472–1488. DOI: 10.31857/S0032180X23600300.
18. Постановление от 28.01.2021 г. № 2 об утверждении СанПин 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». М., 2021. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573500115> (дата обращения: 08.12.2024).
19. Седых В. А. Содержание тяжелых металлов в почвенном покрове города Липецка // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. 2022. № 4. С. 126–130. DOI: 10.17308/geo/1609-0683/2022/4/126-130.
20. Терехова В. А., Прудникова Е. В., Кирюшина А. П., Карпухин М. М., Плеханова И. О., Якименко О. С. Фитотоксичность тяжелых металлов в дерново-

подзолистых почвах разной степени окультуренности // Почвоведение. 2021. № 6. С. 757–768. DOI: 10.31857/S0032180X21060137.

21. Управление Роспотребнадзора по Воронежской области. URL: <http://36.rosпотребнадзор.ru/key-areas/sanitary/14645> (дата обращения: 26.11.2024).

22. Чаплыгин В. А., Бурачевская М. В., Минкина Т. М., Манджиева С. С., Сиромля Т. И., Черникова Н. П., Дудникова Т. С. Особенности накопления и распределения тяжелых металлов в почвах и лекарственных растениях импактной зоны Новочеркасской ГРЭС // Почвоведение. 2024. № 10. С. 1424–1438. DOI: 10.31857/S0032180X24100116.

23. Шабаев В. П., Остроумов В. Е. Почвенно-агрохимические аспекты ремедиации загрязненной никелем почвы при применении ростстимулирующих ризосферных бактерий // Почвоведение. 2023. № 2. С. 226–239. DOI: 10.31857/S0032180X22600925.

24. Cabata-Pendias A. Trase Elements in Soils and Plant. 4th. Boca Raton, FL: Crcs Press. 2010. 548 p.

25. Dziubanek C., Baranowska R., Cwielag-Drabek M., Spychala A., Piekut A., Rusin M., Hajok I. Cadmium in edible plants from Silesia, Poland, and its implications for health risk in populations // Ecotoxicology and Environmental Safety. 2017. Vol. 142. P. 8–13.

26. Dziubanek C., Piekut A., Rusin M., Baranowska R., Hajok I. Contamination of food crops grown on soils with elevated heavy metals content // Ecotoxicology and Environmental Safety. 2015. Vol. 118. P. 183–189.

*Поступила в редакцию 11.03.2025 г.*

**Dyakova N. A. Content of heavy metals and arsenic in soils of some agrocenoses of Voronezh region.** – The paper presents the results of an analytical analysis of the content of some heavy metals and arsenic in the soils of agrocenoses of the Voronezh region. The concentrations of gross and mobile forms of elements were found to meet the requirements of regulatory documentation in most of the soil samples studied. A comparative analysis of the results obtained with clars of residential soils also indicates the relative ecological well-being of the soils of agrocenoses in the region.

*Keywords:* soil, agrocenoses, heavy metals, arsenic, gross forms, movable forms, clarks.

**Дьякова Нина Алексеевна**

доктор фармацевтических наук, доцент,  
доцент кафедры фармацевтической технологии  
фармацевтического факультета  
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный  
университет», г. Воронеж, РФ.  
E-mail: [ninotchka\\_v89@mail.ru](mailto:ninotchka_v89@mail.ru)  
ORCID: 0000-0002-0766-3881  
AuthorID: 684554

**Dyakova Nina Alekseevna**

Doctor of Pharmaceutical Sciences, Associate Professor,  
Associate Professor of Department of Pharmaceutical  
Technology, Faculty of Pharmacy,  
Voronezh State University,  
Voronezh, Russian Federation.