

DOI

УДК 502.052

**РЕЗУЛЬТАТЫ МОНИТОРИНГА СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВЕ, РАСТЕНИЯХ И СНЕЖНОМ ПОКРОВЕ ВБЛИЗИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ТРАСС НА РАЗЛИЧНОМ УДАЛЕНИИ ОТ ГОРОДА УЛЬЯНОВСКА**

**Г.В. Сайдяшева, С.А. Захаров**

**Реферат.** Исследования с целью изучения загрязнения агроландшафтов тяжелыми металлами (ТМ) проводили в Ульяновской области. Материалами для исследований послужили почвы, растения и снежный покров, отбор образцов которых проводили около автомобильных трасс в разных направлениях и расстоянии (5 км, 10 км и 15 км) от города Ульяновска. В восточном направлении от города прослеживалась закономерность повышения содержания Zn, Cu, Pb, Cd, Ni в почве (валовая и подвижная форма), растениях и снежном покрове. В почвенных образцах наибольшей подвижностью отличался Zn, количество которого (подвижная форма) изменялось от 7,0 до 10,7 мг/кг, содержание подвижных соединений Cu, Pb, Cd, Ni изменялось не существенно. В 5 км (восточное направление от г. Ульяновск) максимальные значения по содержанию ТМ в растениях выявлены по Cu – 18,9 мг/кг; Zn – 27,8 мг/кг; Cd – 0,30 мг/кг; Pb – 0,62 мг/кг; Ni – 0,87 мг/кг сухого вещества, превышение МДУ не было установлено ни в одном из мест наблюдений. Выявлена прямая зависимость количества кадмия в растениях от его количества в почве, с увеличением содержания в почве (5,9 мг/кг), увеличивалось его содержание в растениях до 0,30 мг/кг. Содержание Cu, Zn, Ni на всех пунктах отбора снега значительно ниже ПДК. Превышение ПДК зафиксировано практически на всех пунктах отбора проб по содержанию Pb и Cd почти в 2,0...7,0 раза.

**Ключевые слова:** Ульяновск, тяжелые металлы (ТМ), мониторинг, почва, растения, снежный покров.

**Введение.** Одной из важнейших проблем экологии, является загрязнение агроценозов тяжелыми металлами (ТМ). Основной причиной этого является то, что с каждым годом количество автотранспорта увеличивается на дорогах общего пользования [1, 2, 3]. В связи с этим происходит усиление процессов загрязнения окружающей среды опасными веществами и поэтому приобретает все большее значение определения его уровня в почвах сельскохозяйственного назначения и растениях, для разработки природоохранных мероприятий. [1, 4]. Данная проблема вызывает интерес у многих экологов [5, 6, 7].

Увеличение содержания тяжелых металлов в растениях, произрастающих на загрязненных почвах, в большей степени обуславливается уровнем загрязнения. Нужно отметить, что не всегда наблюдается прямая корреляционная связь между величинами этих показателей, так как поток тяжелых металлов из почвы в растения показывает не только валовое содержание, но и концентрацию в почве их подвижных форм, что естественным образом связано с химическим составом техногенных выбросов и буферными возможностями почвы [7, 8, 9].

Поступление тяжелых металлов в почву может быть вследствие процесса эрозии, ветрирования минералов, а также в результате переработки полезных ископаемых, воздействия транспортных средств и сельского хозяйства [10, 11].

Мониторинг – это важнейшая часть системы контроля, которая представляет собой комплекс наблюдений за изменением состояния окружающей среды, вызванным антропогенными воздействиями [12, 13, 14]. Констатация фактов, прогнозирование процессов в природе, выдача данных руководящим органам

для своевременного вмешательства и исключения негативных воздействий на городскую среду и природу выступает основной целью мониторинга, который служит начальным этапом системы обеспечения экологической безопасности.

Цель исследований – в рамках агроэкологического мониторинга получить информацию о загрязнении агроландшафтов тяжелыми металлами (Zn, Cu, Pb, Cd, Ni) вблизи автомобильных трасс в разных направлениях и расстоянии от города Ульяновска.

**Условия, материалы и методы.** Исследуемая в опыте территория находится в пределах Ульяновской области. Город расположен на Приволжской возвышенности, на берегах рек Волги и Свияги в лесостепной зоне на холмистой равнине на высоте 80...160 м над уровнем моря.

Климат области преимущественно умеренно континентальный. Зимы длительные и умеренно холодные. Снежный покров (средняя высота 25,0...50,0 см) держится с конца ноября до начала апреля. Средняя температура в зимний период составляет от -8 до -11°C. Летом часты засухи, средняя температура составляет от +19 до +22°C. Среднегодовое количество осадков, которое уменьшается с севера на юг и с запада на восток, составляет 400...450 мм [11].

В целом в пределах Ульяновской области преобладают черноземы (выщелоченные, типичные, оподзоленные), а также серые лесные, солонцеватые, пойменные и болотистые почвы. Леса занимают ¼ территории. Ульяновская область крупный транспортный узел. Через регион проходят важные авиационные, железнодорожные и автомобильные коммуникации. Промышленность (электроэнергетика,

производство стройматериалов, пищевая и легкая промышленность) являются основной отраслью экономики Ульяновской области. Данные предприятия являются главными загрязнителями окружающей среды, воздействуя на все ее сферы. Такая ситуация вызвана тем, что промышленность региона охватывает все стадии ресурсного цикла от извлечения природного сырья, до его переработки производства конечного продукта и возвращения в окружающую среду отходов, которые при современных технологиях как правило во много раз превосходят по объему извлекаемые полезные компоненты сырья.

Мониторинг по оценке уровня загрязнения тяжелыми металлами растительных, почвенных образцов и снежного покрова проводили

вблизи существующих источников эмиссии ТМ (город, автомагистраль). Материалом для исследований на наличие тяжелых металлов, таких как Cu, Cd, Zn, Pb, Ni служили почвенные и растительные образцы, а так же талая вода после отбора снега. Отбор проб проводили на реперных участках с разной удаленности (5, 10, 15 км), по 4 направлениям от г. Ульяновск (север, юг, восток, запад). Каждому реперному участку был присвоен порядковый номер, который в дальнейшем оставался постоянным на все время исследований, всего было заложено 12 реперных точек. Из трех взятых проб на удалении 5, 10, 20 метров от полотна дороги формировали один объединенный образец. Схематический план отбора проб представлен на рисунке 1.

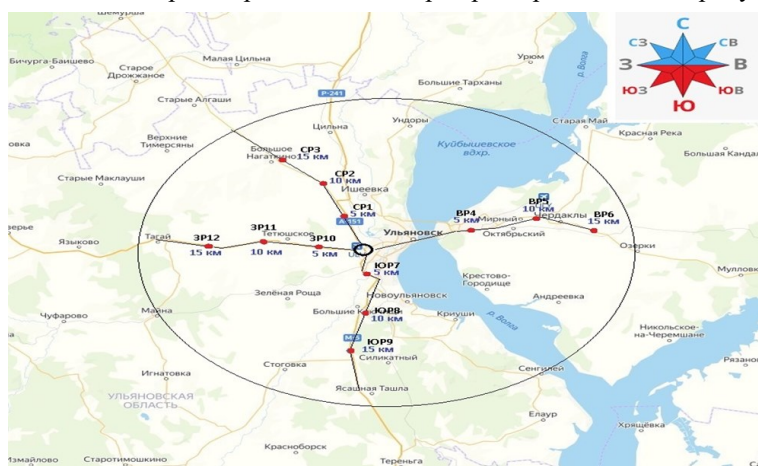


Рис. 1 – Карта-схема расположения точек отбора проб

Таблица 1 – Расположение точек отбора проб

№ п/п	Направление	Удаление, км		
		5	10	15
Присвоение номера реперному участку	Северное	CP1	CP2	CP3
	Восточное	BP4	BP5	BP6
	Южное	YP7	YP8	YP9
	Западное	ZP10	ZP11	ZP12
Итого				12

Почвенные образцы отбирали в слое 0...30 см с использованием почвенного бура (ГОСТ 23707-95); растительные образцы (наземная часть) срезали ножом или ножницами; пробы снега отбирали с использованием снегомера весового ВС-43. Почвенные и растительные образцы отбирали в период уборки урожая сельскохозяйственных культур,

снега – в начале весны, в период массового снеготаяния. Перевод снега в жидкое состояние осуществляли путем оттаивания при комнатной температуре 20...22 °С.

Агрохимический анализ на содержание тяжелых металлов проводили в аккредитованной агрохимической лаборатории ФГБУ САС «Ульяновская» (№ РОСС. RU. 0001. 510. 251)



Рис. 2– Спектрофотометромно-абсорбционный ААС

методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии (МУ РД 25.13191-89) (рис 2). Отбор почвенных образцов проводили согласно ГОСТ 26168–89, растительных – ГОСТ 30178–96, снеговой воды – ГОСТ 31861[12, 13].

**Результаты и обсуждение.** Повышенное содержание ТМ в почвах (валовая форма) (Zn – 48,1 мг/кг, Cu – 27,1 мг/кг, Pb – 25,0 мг/кг, Cd – 2,5 мг/кг, Ni– 29,5 мг/кг почвы) выявлено в восточном направлении в 5 км от города (табл. 1). Тем не менее, оно не превышало предельно-допустимых концентраций (ПДК). Содержание тяжелых металлов

(подвижная форма) так же не выходило за границы ПДК. По Cu превышение предельно-допустимой концентрации выявлено во всех точках отбора образцов в 1,5...2,0 раза, где значения варьируют от 3,4 до 5,9 мг/кг почвы, причем максимальное содержание этого элемента восточнее Ульяновска, где его содержание варьировало от 5,3 до 5,9 мг/кг почвы. В этом же направлении на расстоянии 5 км от города Ульяновск, выявлено максимальное количество подвижных форм Zn – 10,7мг/кг, Cu – 5,9мг/кг, Pb– 4,6 мг/кг, Cd –1,3мг/кг, Ni – 3,5 мг/кг [14, 15].

Таблица 1 – Содержание тяжелых металлов в почвах (валовая форма) реперных участках, мг/кг

Реперный участок		Содержание, мг/кг				
направление	удаление, км	Zn	Cu	Pb	Cd	Ni
Северное	5	39,6	21,7	19,1	1,8	24,6
	10	30,4	16,4	14,2	0,9	18,5
	15	48,0	25,8	23,6	2,4	28,0
	Среднее	39,4	21,3	19,0	1,7	23,7
Южное	5	34,6	18,3	16,1	1,2	20,9
	10	37,3	19,6	17,4	1,6	21,6
	15	30,9	14,0	12,8	1,0	16,0
	Среднее	34,3	17,3	15,4	1,3	19,5
Западное	5	30,1	14,0	11,6	0,9	16,0
	10	31,7	15,3	13,0	1,2	17,4
	15	35,4	17,8	15,4	1,5	19,5
	Среднее	32,4	15,7	13,3	1,2	17,6
Восточное	5	48,1	27,1	25,0	2,5	29,5
	10	43,2	22,1	19,8	2,0	24,6
	15	40,0	20,6	18,4	1,7	22,7
	Среднее	43,7	23,3	21,1	2,1	25,6
ПДК, мг/кг		100	55	32	3	85
Превышение ПДК, раз		-	-	-	-	-
НСП <sub>05</sub>		0,2	0,2	0,1	0,3	0,5

Наибольшей подвижностью отличался Zn, содержание подвижных форм которого изменялось от 0,7 до 10,7 мг/кг.

При этом концентрация подвижных соединений Cu, Pb, Cd, Ni изменялась не существенно (табл. 2).

Таблица 2 – Содержание тяжелых металлов в почвах (подвижная форма), мг/кг

Реперный участок		Содержание, мг/кг				
направление	удаление, км	Zn	Cu	Pb	Cd	Ni
Северное	5	9,1	5,3	4,0	0,9	2,5
	10	8,1	4,7	3,5	0,4	1,9
	15	9,7	5,8	4,4	1,2	2,9
	Среднее	9,0	5,3	4,0	0,8	2,4
Южное	5	7,6	5,0	3,7	0,7	2,2
	10	7,9	5,2	3,8	0,8	2,3
	15	7,7	4,0	2,7	0,4	1,7
	Среднее	7,7	4,7	3,4	0,6	2,1
Западное	5	7,0	4,5	2,8	0,4	1,7
	10	7,2	4,6	3,0	0,7	1,9
	15	7,6	4,9	3,2	0,8	2,1
	Среднее	7,3	4,7	3,0	0,6	1,9
Восточное	5	10,7	5,9	4,6	1,3	3,5
	10	10,0	5,4	4,1	1,0	3,0
	15	9,5	5,3	3,9	0,8	3,3
	Среднее	10,1	5,5	4,2	1,0	3,3
ПДК, мг/кг		23	3	6	2	4
Превышение ПДК, раз		-	1–2	-	-	-
НСП <sub>05</sub>		0,2	0,3	0,4	0,1	1,0

**Выводы.** В восточном направлении от города Ульяновск отмечено повышение содержания Zn, Ni, Cu, Cd, Pb в почвенных (валовые и подвижные формы) и растительных образцах, так и в снежном покрове. В данном направлении в 5 км от г. Ульяновск отмечено максимальное содержание ТМ (подвижная форма) таких, как Zn (10,7 мг/кг), Cu (5,9 мг/кг), Pb (4,6 мг/кг), Cd (1,3 мг/кг), Ni (3,5 мг/кг).

Концентрация меди (3,4...5,9 мг/кг)

превышала ПДК в 1,5...2,0 раза. В этой же точке отмечено максимальное на обследованной территории содержание ТМ в растениях: Zn – 27,8 мг/кг, Cu – 18,9 мг/кг, Pb – 0,62 мг/кг, Cd – 0,30 мг/кг, Ni – 0,87мг/кг сухого вещества. Превышение МДУ не наблюдали ни в одной из точек. Содержание свинца и кадмия в снежном покрове превышало ПДК в 2,0...7,0 раз во всех точках отбора проб. Концентрация цинка, меди и никеля оставалась в границах предельно-допустимой.

#### Литература

1. Охрана окружающей среды / А.М. Владимиров, Ю.И. Ляхин, Л.Т. Матвееви др.М.: Гидрометеоздат, 1991. 423 с.
2. Стипановских А.С. Прикладная экология. М.: ЮНИТИ, 2005. 752 с.
3. Балина К.В. Влияние автотранспорта на содержание тяжелых металлов в почвах и растениях городов и поселков Амурской области // Вестник Брянского государственного университета. 2011. № 4. С. 95–97.
4. Кашин В.К. Особенности накопления микроэлементов степной растительности западного Забайкалья // Агрехимия. 2014. № 6. С. 69–76.
5. Кашулина Г.М. Кислотность почв в окрестностях медно-никелевого комбината «Североникель», Кольский полуостров // Почвоведение. 2015. № 4. С. 486–500.
6. Лянгузова И.В. Динамические тренды содержания тяжелых металлов в растениях и почвах при разном режиме азротехногенной нагрузки // Экология. 2017. № 4. С. 250–260.
7. Нестерова О.В., Трегубова В.Г., Семаль В.А. Использование нормативных документов для оценки степени загрязнения почв тяжелыми металлами // Почвоведение. 2014. №11. С. 1375-1380.
8. Laboratory Melting of Late-Winter Urban Snow Samples: The Magnitude and Dynamics of Releases of Heavy Metals and PAHs / A Vijayan, H. Osterlund, J. Marsalek, et al. //WaterAirSoilPollut. 2019. Vol. 230. P. 182–202. <https://doi.org/10.1007/s11270-019-4201-2>.
9. Heavy metal contamination and distribution in the urban environment of Jelgava / J.Pilecka, I.Grinfelde, K.Valujeva, et al. // Rural and environmental engineering, landscape architecture. 2017. Vol. 1. P. 173–179.
10. Присянников В.И. Эколого-геохимическая характеристика почв пашни Юго-востока западной Сибири по содержанию тяжелых металлов // Плодородие. 2014. №5 (80). С. 38-41.
11. Черкасов Е.А. Динамика изменения плодородия почв Ульяновской области за 1965–2015 гг. // Достижения науки и техники АПК. 2017. Т.31. № 4. С. 10–17.
12. Асылбаев И.Г. Тяжелые металлы второго класса опасности в почвах и породах Южного Урала: запасы и оценка загрязнения // Плодородие. 2015. № 5 (86). С. 58–66.
13. Водяницкий Ю.Н. Природные и техногенные соединения тяжелых металлов в почвах // Почвоведение. 2014. №4. с. 420–432.
14. Немцев С.Н. Влияние диатомита на содержание тяжелых металлов в почве и поступление их в зерно озимой пшеницы при применении удобрений // Земледелие. 2011. № 5. С. 11–12.
15. Implementation of government support measures for reclamation as an incentive for the development of the agricultural industry: Experience of the Republic of Tatarstan / M. M. Khismatullin, M. M. Khismatullin, F. N. Mukhametgaliev [et al.] // International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources” (FIES 2021) : Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources, Kazan, 28–29 мая 2021 года. – Kazan: EDP Sciences, 2021. – P. 00080. – DOI DOI:10.1051/bioconf/20213700080. – EDN OJLZCH.

#### Сведения об авторах:

Сайдяшева Галина Владимировна - кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник отдела земледелия и технологий возделывания сельскохозяйственных культур, e-mail: Galina\_83@list.ru

Захаров Сергей Александрович - научный сотрудник отдела земледелия и технологий возделывания сельскохозяйственных культур, e-mail: sergey.zaharov.87@list.ru

Ульяновский НИИСХ, филиал СамНЦ РАН. Ульяновск, Россия

#### THE RESULTS OF MONITORING THE CONTENT OF HEAVY METALS IN SOIL, PLANTS AND SNOW COVER NEAR HIGHWAYS SELECTED CAN BE REMOVED AT VARIOUS DISTANCES FROM THE CITY OF ULYANOVSK

G. V. Saydyasheva, S. A. Zakharov

**Abstract.** Studies to study the contamination of agricultural landscapes with heavy metals were carried out in Ulyanovsk region. The materials for the research were soils, plants and snow cover, sampling of which was carried out near highways in different directions and distances (5 km, 10 km and 15 km) from the city of Ulyanovsk. In the east direction from the city, a pattern of increasing the content of Zn, Cu, Pb, Cd, Ni in the soil (gross and mobile form), plants and snow cover was traced. In soil samples, Zn was the most mobile, the amount of which (mobile form) varied from 7.0 to 10.7 mg/kg, the content of mobile compounds Cu, Pb, Cd, Ni did not change significantly. In 5 km (east of Ulyanovsk), the maximum values for the content of heavy metals in plants were found for Zn – 27.8 mg/kg; Cu – 18.9 mg/kg; Pb – 0.62 mg/kg; Cd – 0.30 mg/kg, Ni – 0.87mg/kg of dry matter, there was no excess of MDU it was established in none of the observation sites. A direct dependence of the cadmium content in plants on its content in soils was noted, with an increase in the content in the soil (5.9 mg/kg), its content in plants increased to 0.30 mg/kg. The content of Zn, Cu, Ni at all snow collection points is significantly lower than the MPC. The excess of the MPC was recorded at almost all sampling points in terms of Pb and Cd content by 2.0...7.0 times.

**Key words:** Ulyanovsk, heavy metals, monitoring, soil, plants, snow cover.

## References

1. Environmental protection / A.M. Vladimirov, Yu.I. Lyakhin, L.T. Matveevy dr.M.: Gidrometeoizdat, 1991. 423 p.
2. Stipanovskikh A.S. Applied Ecology. M.: UNITI, 2005. 752 p.
3. Balina K.V. Influence of motor transport on the content of heavy metals in soils and plants of cities and towns of the Amur Region // Bulletin of the Bryansk State University. 2011. No. 4. P. 95–97.
4. Kashin V.K. Features of the accumulation of trace elements in the steppe vegetation of Western Transbaikalia // Agrochemistry. 2014. No. 6. S. 69–76.
5. G. M. Kashulina, “Acidity of soils in the vicinity of the Severonickel copper-nickel plant, Kola Peninsula,” Eurasian Soil Sci. 2015. No. 4. S. 486–500.
6. Lyanguzova I.V. Dynamic trends in the content of heavy metals in plants and soils under different conditions of aerotechnogenic load // Ecology. 2017. No. 4. P. 250–260.
7. Nesterova O.V., Tregubova V.G., Semal V.A. The use of regulatory documents to assess the degree of soil pollution with heavy metals // Eurasian Soil Sci. 2014. No. 11. S. 1375-1380.
8. Laboratory Melting of Late-Winter Urban Snow Samples: The Magnitude and Dynamics of Releases of Heavy Metals and PAHs / A Vijayan, H. Osterlund, J. Marsalek, et al. //WaterAirSoilPollut. 2019 Vol. 230. R. 182–202. <https://doi.org/10.1007/s11270-019-4201-2>.
9. Heavy metal contamination and distribution in the urban environment of Jelgava / J.Pilecka, I.Grinfelde, K.Valujeva, et al. // Rural and environmental engineering, landscape architecture. 2017 Vol. 1. R. 173-179.
10. Prosyannikov V.I. Ecological and geochemical characteristics of soils of arable land in the South-East of Western Siberia according to the content of heavy metals // Fertility. 2014. No. 5 (80). pp. 38-41.
11. Cherkasov E.A. Dynamics of changes in soil fertility in the Ulyanovsk region for 1965–20155 // Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. 2017. V.31. No. 4, pp. 10–17.
12. Asylbaev I.G. Heavy metals of the second hazard class in soils and rocks of the Southern Urals: reserves and pollution assessment // Fertility. 2015. No. 5 (86). pp. 58–66.
13. Vodyanitsky Yu.N. Natural and technogenic compounds of heavy metals in soils // Eurasian Soil Science. 2014. No. 4. With. 420–432.
14. Nemtsev S.N. Influence of diatomite on the content of heavy metals in the soil and their entry into winter wheat grain when applying fertilizers // Zemledelie. 2011. No. 5. P. 11–12.
15. Implementation of government support measures for reclamation as an incentive for the development of the agricultural industry: Experience of the Republic of Tatarstan / M. M. Khismatullin, M. M. Khismatullin, F. N. Mukhametgaliev [et al.] // International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources” (FIES 2021) : Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources, Kazan, May 28–29, 2021. – Kazan: EDP Sciences, 2021. – P. 00080. – DOI DOI:10.1051/bioconf/20213700080. – EDN OJLZCH.

## Authors:

Saydyasheva Galina Vladimirovna – Ph.D. of Agricultural sciences, researcher, Department of Agriculture and Crop Cultivation Technologies, e-mail: Galina\_83@list.ru  
 Zakharov Sergey Aleksandrovich - Researcher of the Department of Agriculture and Crop Cultivation Technologies, e-mail: sergey.zaharov.87@list.ru  
 Ulyanovsk Scientific Research Institute of Agriculture, branch of SamNTs RAS. Ulyanovsk, Russia.