

ББК 28.081.4

УДК 581.5:633.11(571.150)

Е. Е. Петрова, Е. В. Райхерт

Влияние автотранспорта на накопление цинка и свинца в почвах и их биологическое поглощение пшеницей мягкой (*Triticum aestivum*) в придорожных агроценозах (в условиях Алейского района Алтайского края)

E. E. Petrova, E. V. Reikhert

Effect of Vehicles on the Accumulation of Lead and Zinc in Soils and their Biological Absorption by Soft Wheat (*Triticum aestivum*) in Roadside Agricultural Lands (in the Alei Zone, Altai Territory)

Изучено влияние автомобильного транспорта на накопление цинка и свинца в почвах и их биологическое поглощение пшеницей мягкой в придорожных агроценозах. Установлено, что максимальное содержание цинка и свинца наблюдается в 50-метровой зоне при разной мощности грузопотока. По мере удаления от дорожного полотна их концентрация снижается. Кроме того, рассмотрено распределение Zn и Pb в генеративных и вегетативных органах растений яровой пшеницы.

Ключевые слова: почва, загрязнение почв, тяжелые металлы, яровая пшеница, свинец, цинк, формы тяжелых металлов, выбросы автотранспорта, мощность грузопотока.

DOI 10.14258/izvasu(2013)3.2-07

Автотранспорт является необходимым условием функционирования современного индустриального общества. В настоящее время наибольший вклад в загрязнение окружающей среды и деградацию природных экосистем вносит дорожно-транспортная инфраструктура. Оказывая техногенное воздействие на почвенный покров, она трансформирует его, изменяет направления почвообразовательных процессов и свойства почв, загрязняет их поллютантами, в частности, тяжелыми металлами [1; 2, с. 63].

Загрязнение воздуха подвижными формами тяжелых металлов автотранспортом происходит в результате сжигания топлива, технологии производства, способа сжигания в двигателе и его технического состояния.

Одними из опасных загрязнителей окружающей среды являются цинк и свинец.

Цинк поступает в придорожное пространство в результате истирания различных деталей, эрозии оцинкованных поверхностей, износа шин, за счет использования в маслах присадок, содержащих этот металл. Так, в качестве антиокислительных присадок к моторным маслам применяют диалкил- и ди-

This article is devoted to the study of the effect of motor transport on the lead and zinc accumulation in soils and their biological absorption by soft wheat in roadside agricultural lands. It is found that the maximum content of lead and zinc is observed in the 50-meter zone at different power traffic. With increasing distance from the roadway, their concentration decreases. The distribution of Zn and Pb in the vegetative and generative organs of plants of spring wheat is also discussed.

Key words: soil, soil pollution, heavy metals, spring wheat, lead, zinc, forms of heavy metal emissions from motor vehicles, power traffic.

арилдитиофосфаты цинка, которые улучшают также антикоррозионные свойства и уменьшают износ деталей. Массовая доля цинка в моторных маслах для бензиновых двигателей составляет 0,09–0,12%, в маслах для дизельных двигателей — 0,05–0,1%. После отказа от использования соединений кадмия в процессах вулканизации резины и замены их соединениями цинка истирание автомобильных шин также стало одним из источников накопления этого металла вдоль дорог. В последнее время для борьбы с коррозией широко используется за рубежом и интенсивно внедряется у нас оцинковка кузовных деталей автомобилей, прежде всего днища, что влечет за собой дополнительное поступление цинка в придорожное пространство.

В результате этих процессов вдоль автомобильных дорог формируются геохимические аномалии цинка [3, с. 83].

К числу приоритетных загрязнителей, поступающих в атмосферу с отработавшими газами автомобилей, относится свинец. При сгорании этилированных бензинов около половины содержащегося свинца выбрасывается с выхлопными газами в ат-

мосферу. В результате сжигания жидкого топлива в воздух ежегодно выбрасывается, по разным оценкам, от 180 до 260 тыс. т свинцовых частиц, что в 60–130 раз превосходит естественное поступление свинца в атмосферу при вулканических извержениях (2–3 тыс. т/год) [4].

В связи с этим целью наших исследований явилось изучение влияния автомобильного транспорта на накопление цинка и свинца в почвах и их биологическое поглощение пшеницей мягкой в придорожных агроценозах.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- изучить содержание цинка и свинца в почве в зависимости от мощности грузопотока и удаленности от автомагистрали;
- установить закономерности накопления цинка и свинца в растениях яровой пшеницы.

Исследования проводились на территории Алейского района Алтайского края в течение трех лет. Объектами исследования послужили почвы придорожных агроценозов.

Почвы исследуемых участков представлены черноземами обыкновенными и среднесильными малогумусными среднесуглинистыми слабосвеянными. Реакция почвенного раствора нейтральная (рНв=6,4). Почвы обладают хорошими водно-физическими свойствами. Однако расчлененность рельефа и наличие ветровых склонов вызывает в районе развитие как ветровой, так и водной эрозии [5].

Исследования проводились в агроценозах мягкой яровой пшеницы (*Triticum aestivum*) сорта Алтайская 530.

Для оценки загрязнения почв и растений яровой пшеницы цинком и свинцом были отобраны почвенные и растительные образцы. Отбор почвенных образцов проводился на глубину пахотного горизонта в 3-кратной повторности. Сбор растительных образцов проводился на пробных площадках размером 1x1 м в фазу полной спелости пшеницы мягкой в 3-кратной повторности.

Определение свойств почв проводилось с применением общепринятых методов [6].

Содержание тяжелых металлов в почвенных и растительных образцах определяли на атомно-абсорбционном спектрофотометре «Спектр-5» [7].

Материалы аналитических исследований и результаты опытов обработаны статистически с использованием статистического пакета Microsoft Excel.

За все время наблюдений содержание цинка в районе с мощностью грузопотока 9 тыс. авт./сут. (как подвижной формы, так и валовой) не превышает установленные ПДК и фоновый уровень. Однако отмечается увеличение Zn валового с 50 до 68,9 мг/кг и Zn подвижного с 1,7 до 5,37 мг/кг (рис. 1А).

Наибольшие концентрации данного металла наблюдаются в 50-метровой полосе агроценоза.

Аналогичные результаты и с подвижной формой цинка (рис. 1Б). По мере удаления от автомобильной трассы содержание подвижной формы цинка снижается.

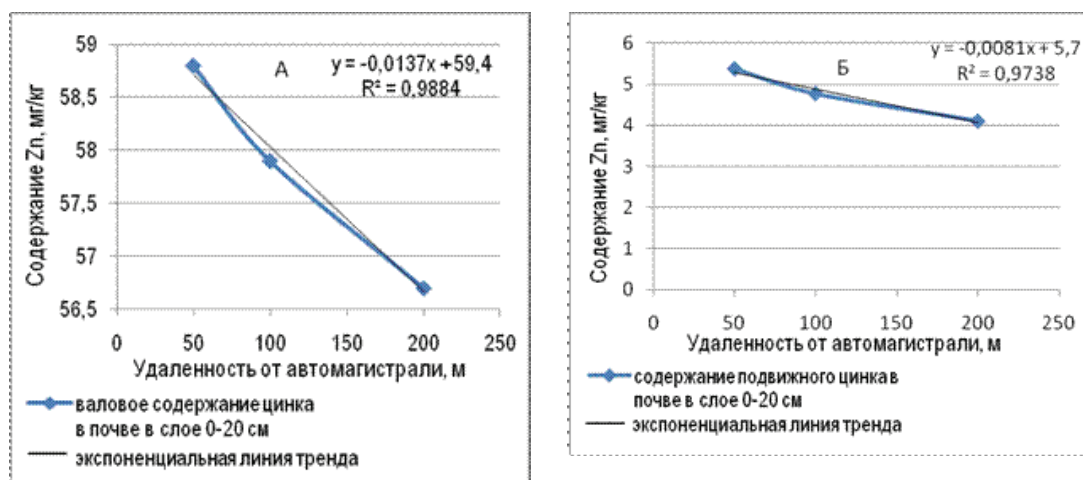


Рис. 1. Содержание цинка в почвах придорожных агроценозов в зависимости от удаленности автомагистрали при мощности грузопотока 9 тыс. авт./сут. (трасса А322): А — валовой цинк; Б — подвижная форма цинка

При мощности грузопотока 4 тыс. авт./сут. отмечаются меньшие концентрации цинка (валовой и подвижной формы), чем на участках с мощностью грузопотока 9 тыс. авт./сут. в 1,5 раза (рис. 2А и 2Б).

До недавнего времени (конец 1990-х гг.) в нашей стране использовался бензин с добавлением этиловой жидкости, в состав которой входят антидетонатор — тетраэтилсвинец $Pb(C_2H_5)_4$, выноситель — бромистый этил $(BrC_2H_5)_4$ и др.

При сгорании этилированного бензина выноситель способствует удалению свинца и его оксидов из камеры сгорания, превращая их в парообраз-

ное состояние. Они вместе с отработавшими газами выбрасываются в окружающее пространство и оседают вблизи дорог.

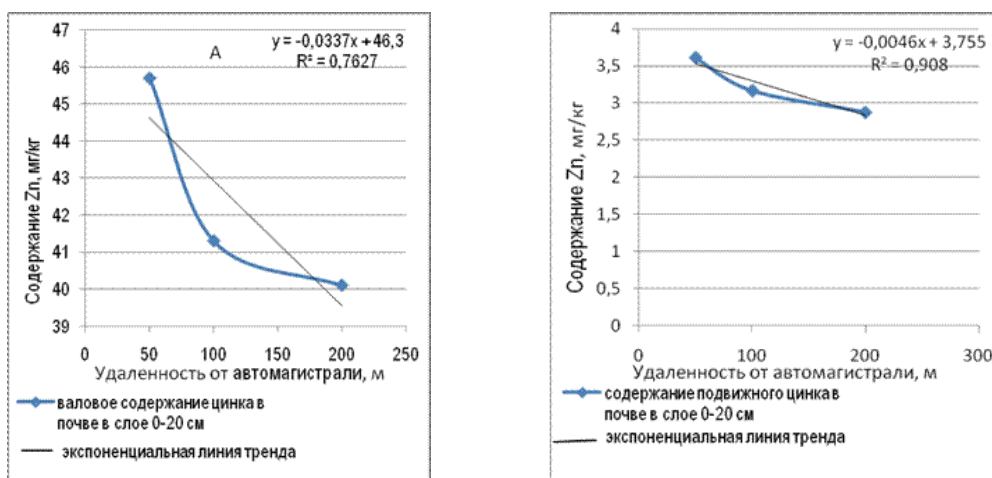


Рис. 2. Содержание валового цинка в почве стационарных участков в зависимости от удаленности автомагистрали при мощности грузопотока 4 тыс. авт./сут. (трасса Р371): А — валовой цинк; Б — подвижная форма цинка

В придорожном пространстве примерно 50% выбросов Pb в виде микрочастиц сразу распределяются на прилегающей поверхности. Остальное количество в течение нескольких часов находится в воздухе в виде аэрозолей, а затем также осаждается на землю вблизи дорог. Накопление Pb в придорожной полосе приводит к загрязнению экосистем и делает близлежащие почвы непригодными к сельскохозяйственному использованию. Добавление к бензину присадки Р-9 делает его высокотоксичным. Разные марки бензина имеют различное процентное содержание присадки, а тип автотранспорта — определенный выброс Pb.

При мощности грузопотока 9 тыс. авт./сут. на расстоянии от 50 до 100 м от автомагистрали обнару-

жены валовые количества свинца, превышающие существующие нормативы 32,0 мг/кг (рис. 3А). С удалением от магистрали на 150–200 м содержание валового Pb находится на уровне, незначительно превышающем фоновый (30,0 мг/кг), и составляет 33,8–30,7 мг/кг.

Содержание подвижных форм Pb в почве при мощности грузопотока 9 тыс. авт./сут. при удалении от 50 до 100 м от автомагистрали составляет 1,56–1,53 мг/кг сухой почвы (рис. 3Б). Основная часть Pb оседает на расстоянии до 100 м от дороги. В 200-метровой зоне происходит постепенное 2-кратное снижение подвижных форм свинца в почве до 0,73 мг.

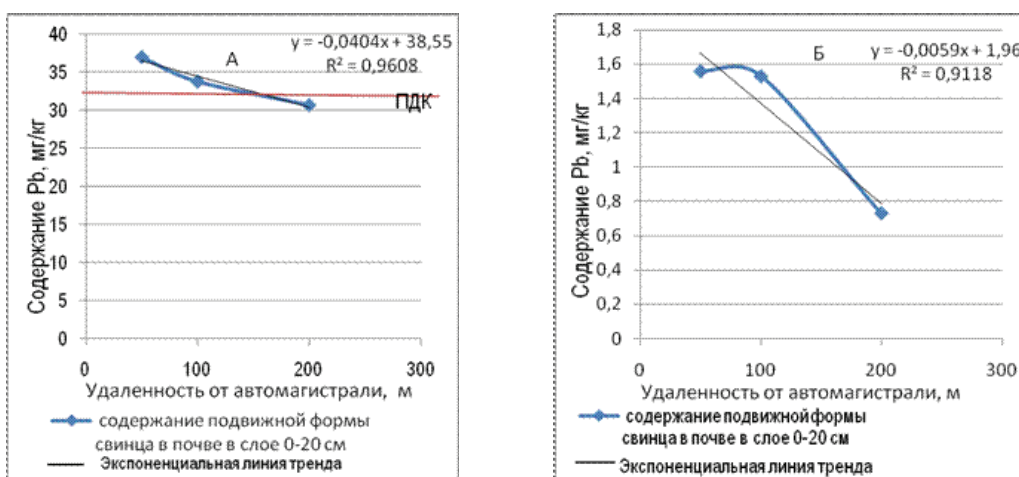


Рис. 3. Содержание свинца в почве стационарных участков в зависимости от удаленности автомагистрали при мощности грузопотока 9 тыс. авт./сут. (трасса А322): А — валовой свинец; Б — подвижная форма свинца

При мощности грузопотока более 4 тыс. авт./сут. концентрация валовых форм Pb в почве варьирует от 18,3 мг/кг сухой почвы в 50-метровой зоне до 16,0 мг/кг свинца в почве на расстоянии 100 м от автострады (рис. 4А). На данном участке превышений ПДК не отмечается.

Содержание подвижных форм Pb в почве при удалений 50–200 м от автомагистрали составляет 0,65–1,0 мг/кг сухой почвы (рис. 4Б). Максимум отмечается в 50-метровой зоне.

Зависимость содержания валовых и подвижных форм свинца от удаленности автомагистрали имеет высокую обратную корреляционную зависимость ($r^2 = -0,98; -0,95$). Это говорит о том, что с увеличе-

нием расстояния от источника загрязнения (автомагистрали) происходит уменьшение содержания количества Pb в почве.

Таким образом, при мощности грузопотока 9 тыс. авт./сут. наибольшей концентрацией валовых форм свинца в почве, превышающей существующие ПДК, характеризуется 100-метровая полоса почвы вдоль автострады, с удалением от автомагистрали на расстояние от 150 до 200 м содержание валового Pb находится на уровне фонового или немного превышает его. При мощности грузопотока 4 тыс. авт./сут. также наибольшая концентрация свинца как в валовой, так и в подвижной формах отмечается в 50-метровой зоне. Превышение ПДК в данном случае не отмечается.

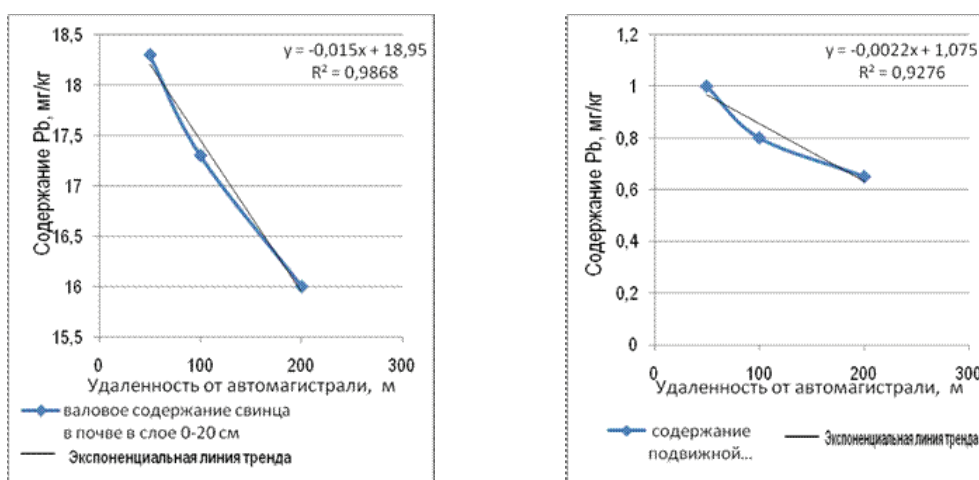


Рис. 4. Содержание свинца в почве стационарных участков в зависимости от удаленности автомагистрали при мощности грузопотока 4 тыс. авт./сут. (трасса Р371): А — валовой свинец; Б — подвижная форма свинца

Наряду с изучением содержания свинца и цинка в почвах придорожных агроценозов нами было рассмотрено содержание подвижных форм этих тяжелых металлов в растениях пшеницы мягкой (см. таблицу).

Зависимость содержания цинка и свинца в растениях пшеницы мягкой от их содержания в почве

Форма содержания ТМ в почве	Корреляционная зависимость накопления ТМ в растениях			
	Zn		Pb	
	зерно	зерно	зерно	зерно
Подвижная	0,94	0,94	0,80	0,80

Оценивая степень связи между содержанием подвижных форм свинца и цинка в почвах и их содержанием в растениях яровой пшеницы, следует отметить, что более высокая степень связи характерна для цинка, кроме того, было выявлено, что генеративные органы растений (зерно пшени-

цы) являются лучшими концентраторами цинка, чем их вегетативная масса. Такая закономерность более высокого содержания цинка в генеративных органах пшеницы мягкой обусловлена тем, что именно в зерно идет ток питательных и запасяющих веществ и, как следствие, происходит накопление ими цинка.

Что же касается свинца, то его подвижная форма в почве оказывает одинаковое влияние на накопление как в генеративных, так и в вегетативных органах. Это подтверждается исследованиями ряда авторов, которые отмечают, что биологическая роль свинца очень мала [8–10]. Невысокая фитотоксичность свинца, видимо, объясняется наличием хорошо действующей в растении системы инактивации элемента, проникающего в корневую систему [11]. Из корневой же системы в надземную часть растений поступает незначительное количество свинца.

Таким образом, можно сделать вывод, что при увеличении содержания тяжелых металлов в почве увеличивается их содержание в пшенице мягкой.

Библиографический список

1. Ложкин В.Н. Загрязнение атмосферы автомобильным транспортом. — СПб., 2001.
2. Коровина Е.В., Сатаров Г.А. Вклад автотранспорта в трансформацию почвенного покрова придорожных зон // Современные наукоемкие технологии. — 2009. — № 3.
3. Пшенин В.Н. Актуальные вопросы оценки загрязнения почвенного покрова вблизи автомагистралей // Экологизация автомобильного транспорта : труды Всероссийского научно-практического семинара. — СПб., 2003.
4. Парфенова Е.А., Полянскова Е.А., Шаркова С.Ю. Влияние выбросов автотранспорта на загрязнение серых лесных почв тяжелыми металлами // Молодежь. Наука. Инновации : материалы международной научно-практической конференции. — Пенза, 2013.
5. Почвы Алтайского края. — М., 1959.
6. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. — М., 1970.
7. Обухов А.И., Плеханова И.О. Атомно-абсорбционный анализ в почвенно-биологических исследованиях. — М., 1991.
8. Ковда В.А. Биогеохимия почвенного покрова. — М., 1985.
9. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. — М., 1989.
10. Эмсли Д. Элементы. — М., 1993.
11. Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях. — Л., 1987.