

УДК: 632.122:630.266:633

Панин С.И., Колесниченко Е.Ю., Морозова Т.С., Соловьева В.И.
Белгородская государственная сельскохозяйственная академия им. В.Я. Горина

ОЦЕНКА АККУМУЛЯЦИИ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ ДРЕВЕСНЫМИ РАСТЕНИЯМИ ПОЛЕЗАЩИТНОЙ ЛЕСОПОЛОСЫ И ПОЛЕВЫМИ КУЛЬТУРАМИ

Аннотация. Представлены результаты эколого-биогеохимических исследований, проведенных в условиях стационара лаборатории земледелия им. Н.Р. Асыки, позволившие дать оценку биоаккумуляции свинца и кадмия древесными растениями придорожной полезащитной лесополосы и полевыми культурами примыкающих к ней агроценозов. Установлено, что почва полезащитной лесополосы в наибольшей степени аккумулирует свинец, в то время как уровень кадмия в почвах как лесополосы, так и примыкающих к ней агроценозов отличался стабильностью. Анализ содержания свинца и кадмия в листьях древесной растительности полезащитной лесополосы и в полевых культурах свидетельствует о сопоставимой аккумулирующей способности растений. При этом клен американский и ясень ланцетный обладают более высокой аккумулирующей способностью к этим металлам по сравнению с акацией белой.

Ключевые слова: биоаккумуляция, тяжелые металлы, загрязнение почвы, древесные растения, полевые культуры.

S. Panin, E. Kolesnitchenko, T. Morozova, V. Solovieva
V.Ya. Gorin Belgorod State Agricultural Academy

EVALUATION OF ACCUMULATION OF HEAVY METALS BY WOODY PLANTS SHELTER BELTS AND FIELD CROPS

Abstract. We present the results of ecological and biogeochemical studies at the N.R. Asyka regional experimental agricultural station, which made it possible to assess the bioaccumulation of lead and cadmium in woody plants of roadside shelter belts and in field crops adjacent to roadsides and agricultural lands. It is found that the soil of shelter belts accumulates mostly lead, while the level of cadmium in soils of both the shelterbelt and adjoining agricultural lands is characterized by stability. Analysis of lead and cadmium content in the leaves of woody plants of the shelter belts and in field crops shows a comparable accumulation capacity of plants. It is found that American maple and ash have a higher accumulation capacity as compared with acacia.

Keywords: bioaccumulation, heavy metals, soil contamination, woody plants, field crops.

Экологические проблемы, связанные с производственно-хозяйствен-

© Панин С.И., Колесниченко Е.Ю., Морозова Т.С., Соловьева В.И., 2014.

ной деятельностью человека, имеют комплексный характер и охватывают широкий спектр уровней воздействия на естественные и искусственные эко-

системы. В значительной степени эти проблемы обусловлены включением в миграционные потоки всех основных трофических цепей техногенных токсикантов, в том числе и тяжелых металлов [4; 7].

Среди множества видов деятельности эксплуатация автомобильного транспорта является мощным источником загрязнения окружающей среды. На его долю приходится не менее 55 % общей массы газообразных загрязнителей воздуха. В состав выхлопных газов карбюраторных и дизельных двигателей входит около 200 химических соединений, из которых наиболее токсичны оксиды углерода, азота, углеводороды, в т.ч. полициклические ароматические углеводороды [3]. Несмотря на отказ от добавления тетраэтилсвинца в топливо, завершившийся в 2000-е гг., автомобильный транспорт остается источником поступления тяжелых металлов в окружающую среду. Поступление этих токсикантов при эксплуатации автомобиля связано с изнашиванием тормозных накладок и автомобильных шин, разрушением дорожного полотна и использованием противогололедных смесей. Кроме того, количественное увеличение транспортного потока на автомагистралях значительно увеличивает антропогенную нагрузку в виде бытового и техногенного мусора на придорожную полосу и полевые защитные лесонасаждения [1; 2; 6]. Основной целью настоящей работы является исследование биоаккумуляции свинца и кадмия древесными растениями придорожной полевой защитной лесополосы и полевыми культурами примыкающих к ней агроценозов.

Материалы и методика

Исследования проводились в 2013 г. в условиях стационара лаборатории земледелия им. Н.Р. Асыки, территориально расположенного вдоль федеральной трассы М-2 «Крым» (Москва – Симферополь). Для исследования были отобраны 34 растительных и 36 почвенных образцов. Объектами исследований были древесные растения, наиболее широко представленные в полевых защитных лесонасаждениях: ясень ланцетный (*Fraxinus lanceolata* Borkh.), вяз мелколистный (*Ulmus parvifolia* Jacq.), клен американский (*Acer negundo* L.), акация белая (*Robinia pseudoacacia* L.). Из полевых культур в качестве объектов исследования использовали озимую пшеницу, ячмень, горох и люцерну.

Сбор растительного материала проводился в июле и августе – в период максимального развития и физиологической активности фотосинтетического аппарата древесных растений. Листья собирали с нижней трети крон по периметру с 10 деревьев среднеговозрастного генеративного состояния. Растительные образцы надземных частей полевых культур отбирали в те же сроки на расстояниях от полевой защитной лесополосы: 20 м (буферная зона), 100 и 200 м [5].

Для оценки содержания в почвах тяжелых металлов отбор образцов проводится согласно требованиям соответствующих ГОСТов и на указанных выше расстояниях от лесополосы. Содержание свинца и кадмия определяли атомно-абсорбционным методом ГОСТ 30178-96 и МУ ЦИНАО в аккредитованной испытательной лаборатории почв, кормов, пищевой и сельско-

хозяйственной продукции ФГОУ ВПО «БелГСХА им. В.Я. Горина».

Результаты и обсуждение

Пространственный анализ распределения тяжелых металлов в почве, в зависимости от расстояния до полевая защитной лесополосы, показал значительную вариабельность концентрации свинца и относительную стабильность содержания кадмия (табл. 1). Наибольшее количество свинца было обнаружено в почвенных образцах лесополосы.

Минимальная концентрация свинца была установлена в почве буферной зоны на 3,05 мг/кг или в 3,6 ($p < 0,001$) раза меньше по отношению к полевая защитной лесополосе (рис. 1). С увеличением расстояния количество свинца в почве возрастало: на 100-метровой

отметке на 0,95 мг/кг или на 45,2%; на 200-метровой – на 1,13 мг/кг или почти в 2 раза ($p < 0,01$) по сравнению с почвенными образцами буферной полосы. Размах колебаний кадмия в почвенных образцах составил незначительную величину – 0,02 мг/кг.

По результатам сравнительной оценки интенсивности аккумуляции тяжелых металлов древесной растительностью полевая защитной лесополосы, была установлена следующая последовательность снижения этой способности: клен американский > ясень ланцетный > вяз мелколистный > акация белая (табл. 2). Содержание свинца в листьях клена американского на 2,31 мг/кг или в 2,5 раза; в ясеневом ланцетном – на 2,17 мг/кг или в 2,4 раза и в вязе мелколистном на 1,36 мг/кг или на 46,7% ($p < 0,01$) было выше

Таблица 1

Содержание тяжелых металлов в почве в зависимости удалённости от полевая защитной лесополосы

Объект исследования	Содержание, мг/кг	
	Свинец	Кадмий
Полевая защитная лесополоса	4,20±0,14	0,08±0,02
20 м (буферная зона)	1,15±0,12	0,08±0,03
100 м	2,10±0,05	0,09±0,04
200 м	2,28±0,13	0,07±0,03

Таблица 2

Содержание и коэффициенты накопления тяжелых металлов в листьях древесных растений полевая защитной лесополосы

Вид растений	Свинец		Кадмий	
	Содержание, мг/кг	Кн	Содержание, мг/кг	Кн
Клен американский	3,86±0,13	0,92	0,28±0,05	3,50
Ясень ланцетный	3,72±0,12	0,89	0,27±0,05	3,37
Вяз мелколистный	2,91±0,14	0,69	0,21±0,06	2,62
Акация белая	1,55±0,12	0,37	0,21±0,04	2,62

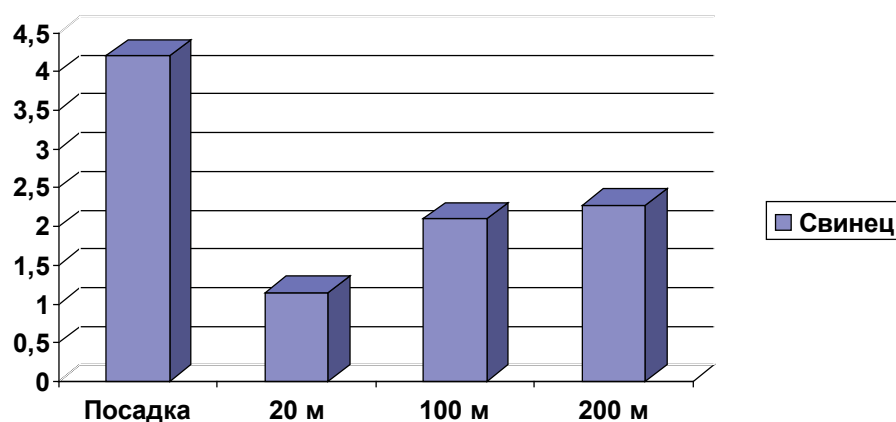


Рис. 1. Содержание свинца в почвах полегающей лесополосы и агроценозах, мг/кг

по сравнению с акацией белой. Содержание кадмия в листьях клена американского и ясеня ланцетного также на незначительную величину было выше по отношению к вязу мелколистному и акации белой. Анализ коэффициентов накопления тяжелых металлов подтвердил выявленную закономерность – самые высокие значения этого показателя наблюдались для клена американского и ясеня мелколистного, а самые низкие – у акации белой. Коэффициенты накопления кадмия листьями древесных растений были существенно выше по сравнению со свинцом.

Общая тенденция аккумуляции свинца и кадмия злаковыми полевыми культурами заключалась в повышении концентрации этих токсикантов по мере увеличения расстояния от полегающей лесополосы (табл. 3). Для озимой пшеницы этот прирост свинца на 100 м составил 1,10 мг/кг или 47,8% и для 200 метров – 1,38 мг/кг или в 2,1 раза ($p < 0,01$) по сравнению с растениями буферной зоны (20 м). Ячмень более интенсивно накапливал свинец, и растения буферной зоны содержали на 1,18 мг/кг или на 49,4% ($p < 0,01$) больше этого металла по сравнению с озимой пшеницей. С увеличением расстояния

Таблица 3

Содержание тяжелых металлов в зеленой массе полевых культур в зависимости от расстояния до полегающей лесополосы, мг/кг

Культура	Расстояния от посадки, м					
	20		100		200	
	Свинец	Кадмий	Свинец	Кадмий	Свинец	Кадмий
Озимая пшеница	1,20±0,08	0,11±0,03	2,30±0,07	0,12±0,02	2,58±0,06	0,12±0,04
Ячмень	2,38±0,10	0,16±0,04	2,45±0,09	0,19±0,04	3,20±0,09	0,32±0,03
Горох	-	-	3,73±0,11	0,12±0,03	3,73±0,08	0,11±0,05
Люцерна	-	-	3,82±0,09	0,29±0,05	3,68±0,09	0,25±0,04

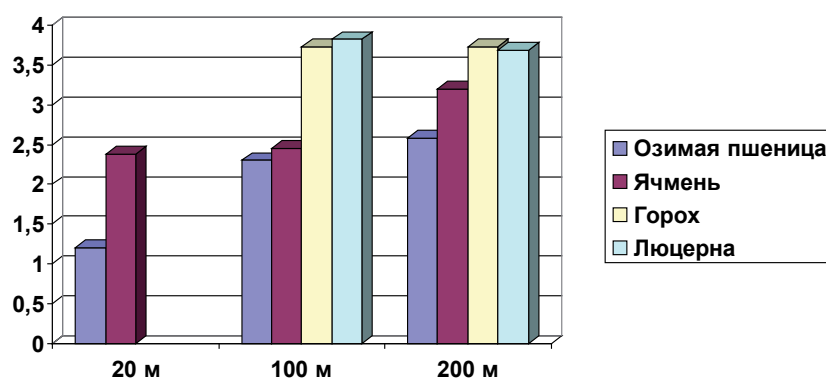


Рис. 2. Содержание свинца в полевых культурах в зависимости от расстояния до полевосащитной лесополосы, мг/кг

от полевосащитной лесополосы также наблюдалось увеличение концентрации свинца в ячмене (рис. 2), но статистически это различие подтвердилось для расстояния 200 м и составило 0,82 мг/кг или 25,6% ($p < 0,01$).

Размах колебаний кадмия в озимой пшенице был незначительным. В случае с ячменем наблюдалось увеличение его концентрации, которое статистическим анализом подтвердилось лишь на расстоянии 200 м от лесополосы и составило 0,16 мг/кг или 50,0% ($p < 0,05$). Для бобовых культур содержание как свинца, так и кадмия не зависело от расстояния до лесополосы и отличалось относительной стабильностью.

Кoeffициенты накопления свинца бобовыми культурами превышали уровень этого показателя по сравнению со злаками, и самые высокие значения были установлены для люцерны – 1,81 мг/кг (табл. 4). В то же время аккумуляция кадмия ячменем возрастала с увеличением расстояния от полевосащитной лесополосы, и на расстоянии 200 м коэффициент накопления этого металла увеличился в 2,2 раза по сравнению с ячменем буферной зоны.

Таким образом, в результате проведенных исследований установлено,

Таблица 4

Кoeffициенты накопления тяжелых металлов сельскохозяйственными культурами

Культура	Расстояния от посадки, м					
	20		100		200	
	Свинец	Кадмий	Свинец	Кадмий	Свинец	Кадмий
Озимая пшеница	1,04	1,37	1,09	1,33	1,13	1,71
Ячмень	2,06	2,0	1,16	2,11	1,40	4,57
Горох	-	-	1,77	1,33	1,63	1,57
Люцерна	-	-	1,81	3,22	1,61	3,57

что почва полезащитной лесополосы в наибольшей степени аккумулирует свинец. С увеличением расстояния от лесополосы сначала наблюдалось снижение концентрации свинца в почвенных образцах, достигающее минимальных значений на расстоянии 20 м, но далее опять отмечен рост содержания металла. Уровень кадмия в почвах как лесополосы, так и примыкающих к ней агроценозов, отличался стабильностью. Оценка содержания свинца и кадмия в листьях древесных растений лесополосы показала, что клен американский и ясень ланцетный обладают более высокой аккумулирующей способностью к этим металлам по сравнению с акацией белой. Анализ аккумуляции металлов полевыми культурами выявил повышение концентрации свинца в озимой пшенице и ячмене с увеличением расстояния от полезащитной лесополосы. Для бобовых культур уровень токсикантов оставался стабильным. В целом, сравнительный анализ содержания свинца и кадмия в листьях древесной растительности полезащитной лесополосы и в полевых культурах свидетельствует о сопоставимости аккумулирующей способности этих растений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Денисов В.Н., Роголев В.А. Проблемы экологизации автомобильного транспорта. – СПб.: МАНЭБ, 2003. – 213 с.
2. Колесников С.П. Оценка влияния динамических характеристик транспортного потока на выбросы загрязняющих веществ автомобилем: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Тюмень, 2003. – 23 с.
3. Луканин В.Н., Трофименко Ю.В. Экологические воздействия автомобильных двигателей на окружающую среду. – М.: ВИНТИ, 1993. – 136 с.
4. Матвеев Н.М., Павловский В.А., Прохорова Н.В. Экологические основы аккумуляции тяжелых металлов сельскохозяйственными растениями в лесостепном и степном Поволжье. – Самара: Самарский университет, 1997. – 215 с.
5. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельскохозяйственных и продукции растениеводства / 2-е изд., доп. и перераб. – М.: ЦИНАО, 1992. – 40 с.
6. Основы экологии автотранспортного комплекса / И.Д. Грабовой, А.Н. Бодров, С.В. Власов и др. – М.: Центр инноваций в педагогике, 1999. – 240 с.
7. Панфилов А.А. Влияние сезонных условий на выбросы тяжелых металлов при эксплуатации автомобилей: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Тюмень, 2009. – 23 с.