

УДК [504.53+504.73].05:633.11(045)

*А.Ю. Токарева, Г.С. Алимова***РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВАЛОВЫХ ФОРМ ЭЛЕМЕНТОВ В ПОЧВАХ И ДОМИНАНТНЫХ РАСТЕНИЯХ ПРИДОРОЖНОГО АГРОЦЕНОЗА *TRITICUM AESTIVUM* L.¹**

В работе исследовано распределение валовых форм элементов – Ca, Mg, Sr, Ni, Cr, Zn, Mn, Cu, Fe, Pb, Cd, Co, As в почве и растениях придорожного агроценоза. Агроценоз *Triticum aestivum* L. расположен вдоль федеральной автодороги Р-404. *Sonchus arvensis* L. и *Cirsium setosum* (Willd) Bess. – доминантные сорные виды агроценоза имеют сходный элементный состав. Фитомасса данных растений не накапливает As, Cd, Co, Ni, Cr, Zn, Cu, Mn, Pb. Содержание Ca, Mg, Sr, Fe не зависит от удаления придорожного полотна. *Triticum aestivum* L. – основная культура агроценоза не аккумулирует в своей фитомассе As, Cd, Co, Ni, Cr, Zn. Концентрации Ca, Mg, Sr, Mn, Cu, Fe, Pb в фитомассе *Triticum aestivum* L. не зависят от расположения автодороги и находятся в одном диапазоне по всей площади поля. Приближение к придорожному полотну на расстоянии 15–200 м не отразилось на солевом составе почвы. рН проб почвы, отобранных на всей площади поля, нейтрален. As, Cd, Co в почве не обнаружены. Значение валовых форм Cr, Cu, Sr, Zn, Fe в почве не превышает значение их кларков в литосфере. Содержание валовых форм Pb и Mn в почве не превышает предельно допустимые концентрации. Приближение автодороги не оказало критического влияния на элементный состав в компонентах придорожного агроценоза.

Ключевые слова: агроценоз, автодорога, тяжелые металлы, сорные растения, *Triticum aestivum* L.

DOI: 10.35634/2412-9518-2022-32-3-294-302

Транспорт долгое время являлся одним из главных источников загрязнения почв и растений тяжелыми металлами. В частности, около 60–70 % всех выбросов в атмосферу Pb связано с использованием свинецсодержащего бензина. В России этилированный бензин был запрещен с 15 ноября 2002 г. Вдоль дорог с активным движением автотранспорта Pb загрязняется полоса земли шириной 50–100, реже 300 м [1-7]. Ранними исследованиями также установлено, что содержание Pb в почвах вблизи автомагистралей в десятки, а иногда и в сотни раз, превышает фоновое значение. Помимо Pb с выхлопными газами автотранспорта, попадают в почву такие тяжелые металлы, как Cd, Co, Cr, Cu, Zn, Fe, Mo, Sr [8-10].

Почва не только геохимически аккумулирует компоненты загрязнений, но и выступает как природный буфер, контролирующий перенос химических элементов и соединений в атмосферу, гидросферу и живое вещество. Тяжелые металлы, поступающие из различных источников, попадают в конечном итоге на поверхность почвы, и их дальнейшая судьба зависит от ее физико-химического состава. Установлено, что загрязнение почв тяжелыми металлами практически вечно, т. к. они очень медленно удаляются при выщелачивании, потреблении растениями, эрозии, дефляции. Первый период полужизни металлов варьирует: для Zn – от 70 до 510 лет; для Cd – от 13 до 1 100 лет; для Cu – от 310 до 1 500 лет; для Pb – от 740 до 5 900 лет [10-12].

Цель данной работы – исследование распределения валовых форм химических элементов (Ca, Mg, Sr, Ni, Cr, Zn, Mn, Cu, Fe, Pb, Cd, Co, As) в почве и растениях придорожного агроценоза.

Материалы и методы исследований

В настоящей работе представлены результаты изучения химического состава верхнего пахотного горизонта почвы, доминантных видов сорных растений и *Triticum aestivum* L. сорта Ирень агроценоза, расположенного вдоль автомобильной дороги. В посевах зерновых культур гербициды для уничтожения сорных растений не применялись. Почвенный покров исследуемой территории площадью 7 га, представлен освоенной аллювиальной луговой насыщенной маломощной почвой. Исследуемый агроценоз расположен вдоль 228 километра автодороги Р-404 – Тюмень – Тобольск – Ханты-Мансийск. Эта трасса несет большую автомобильную нагрузку, т. к. является единственной федеральной автодорогой, соединяющей юг Тюменской области с Ханты-Мансийским автономным окру-

¹ Работа выполнена в рамках НИР «Региональные особенности пространственно-временной дифференциации почв юга Тюменской области» (Регистрационный номер НИОКТР: 122011900105-8).

гом. По данным Федерального дорожного агентства, средняя интенсивность движения по трассе составляет 10–25 тыс. автомобилей в сутки [13].

В рамках данного исследования можно выделить два этапа: первый – определение видового состава и выделение доминантных видов сорных растений и второй – определение содержания химических элементов в почве, пшенице и доминантных видах сорных растений на разном расстоянии от автодороги.

Количественно-весовым методом определены фитомасса (г) и численность (шт.) флористического спектра на 1 м² фитоценоза. Для количественного химического анализа был произведен отбор проб почвы, фитомассы *Triticum aestivum* L., как основной культуры агроценоза, и выявленных доминантных видов сорных растений (*Sonchus arvensis* L., *Cirsium setosum* (Willd) Bess.). Отбор объединенных проб почвы и растительных образцов проводился на учетных площадках площадью 1 м², на различной удаленности от дорожного полотна (15, 100 и 200 м) (рис. 1).

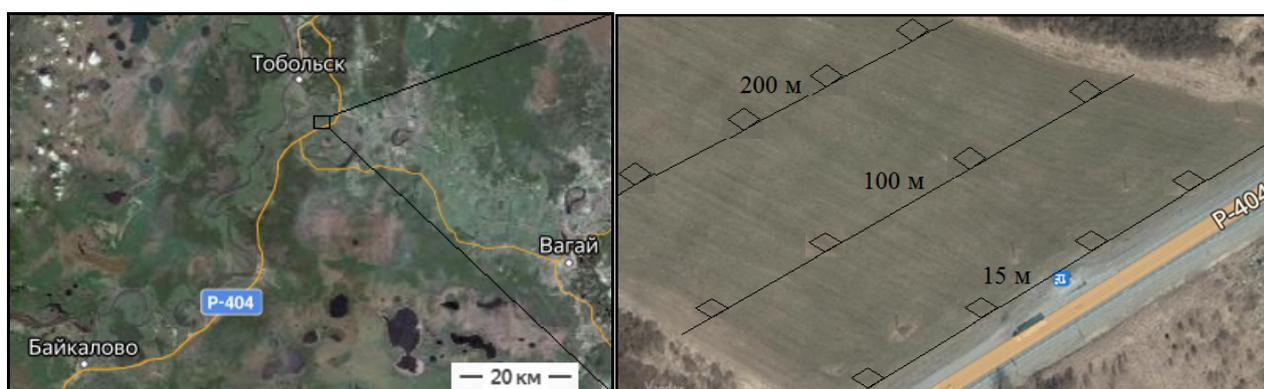


Рис. 1. Карта-схема расположения учетных площадок

Химический анализ проводился на базе химико-экологической лаборатории ФГБУН Тобольской комплексной научной станции Уральского отделения Российской академии наук. В образцах почвы и сухой фитомассы растений определено валовое содержание элементов (As, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mg, Ni, Pb, Sr, Zn) атомно-эмиссионным методом на спектрометре с индуктивно-связанной плазмой OPTIMA 7000 DV (PerkinElmer, США). Предварительно осуществляли пробоподготовку с использованием системы микроволнового разложения проб speedwave MWS-2 (BERGHOF Products + Instruments GmbH, Германия) в соответствии с руководством по эксплуатации к прибору. Относительная суммарная погрешность методики измерения металлов $\pm 5\%$. Также в почве определены потенциометрическим методом водородный показатель; спектрофотометрическим методом – аммоний обменный, сульфат-ион, нитраты, азот нитритный; титриметрическим методом – хлорид-ион, карбонат-ион, бикарбонат-ион, кальций обменный, магний обменный.

Статистический анализ данных проводили с использованием пакета программ Microsoft Excel.

Результаты и их обсуждение

За время проведения наблюдений в агроценозе зафиксировано 27 видов сорных растений (табл. 1). Численность и фитомасса растений определялись в июне, июле, августе. Их значения изменялись в соответствии со сменой фенологических фаз. Тип засоренности данного агроценоза – малолетний (семенной). По 4-х балльной шкале А.И. Мальцева [14] характер засоренности средний, соответствует 2-3 баллам.

Формообразование сегетального сообщества характеризуется активными динамическими процессами, обусловленными множеством факторов (почвенно-климатическими условиями региона, видовым составом растений, фенологическими фазами развития, антропогенной нагрузкой и др.) В исследуемом агроценозе количественный анализ выявил доминантные виды сорных растений, на протяжении вегетационного периода численность которых достигала: *Echinochloa crusgalli* L. – 69,8 экз./м²; *Erodium cicularium* L. – 13,8 экз./м²; *Galium aparine* L. – 7,2 экз./м².

Установлено, что для данного сообщества характерно преобладание в структуре фитомассы двух видов: *Sonchus arvensis* L. и *Cirsium setosum* (Willd) Bess., между которыми значительных коли-

чественных различий не обнаружено (до 36 % и 34 % от общей сырой массы сорного компонента соответственно). В исследованиях, проведенных ранее, анализ численности, формирования фитомассы и относительной скорости роста сорных растений в зависимости от удаления автодороги четкой зависимости не выявил [15].

Таблица 1

Видовой состав сорной растительности агроценоза за период наблюдений

№	Вид	Численность (экз./м ²)	Фитомасса (г/м ²)
1	<i>Cirsium arvense</i> L.	1,3–4,4*	6,7–11,5
2	<i>Sonchus arvensis</i> L.	0,8–3,7	1,0–10,6
3	<i>Erodium cicutarium</i> L.	11,6–13,8	3,8–4,7
4	<i>Galium aparine</i> L.	2,4–7,2	0,2–0,8
5	<i>Fumaria officinalis</i> L.	0–1,5	0–0,7
6	<i>Аvéна sátiva</i> L.	0–0,1	0–0,2
7	<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medic.	5,3–7,9	0,6–1,9
8	<i>Raphanus raphanistrum</i> L.	0,2–0,4	0,9–1,2
9	<i>Matricária suaveolens</i> (Pursh) Nutt.	0,3–2,8	0–0,2
10	<i>Polygonum convolvulus</i> L.	0,7–1,6	0,4–0,4
11	<i>Vicia cracca</i> L.	0,1–1,3	0–5,8
12	<i>Láthyрус praténsis</i> L.	0–0,3	0–0,4
13	<i>Chenopodium album</i> L.	2,1–2,4	0,2–0,7
14	<i>Echinochloa crusgalli</i> L.	0–69,8	0–6,7
15	<i>Plantago major</i> L.	0–17,9	0–3,6
16	<i>Equisetum arvense</i> L.	0–1,7	0–1,2
17	<i>Spergula arvensis</i> L.	1,1–2,2	0,1–1,2
18	<i>Polygonum aviculare</i> L.	0–0,1	0,1–1,3
19	<i>Trifolium repens</i> L.	0,3–1,1	0–0,7
20	<i>Galeopsis bifida</i> Boenn.	0,2–0,7	0–0,1
21	<i>Arctium lappa</i> L.	0–0,1	0,1–0,2
22	<i>Vicia sativa</i> L.	0–0,1	0–0,8
23	<i>Avena fatua</i> L.	0–13,5	0–10,5
24	<i>Trifolium pratense</i> L.	0–0,3	0–0,2
25	<i>Viola arvensis</i> Murray	0–0,2	0,1–0,1
26	<i>Tripleurospermum inodorum</i> (L.) Sch. Bip.	0–4,7	0–0,8
27	<i>Stellaria media</i> (L.) Vill.	0–0,2	0–0,1

Примечание: * – минимальное–максимальное значение параметра.

Солевой и биогенный состав верхнего пахотного горизонта почвы на различной удаленности от автодороги приведен в табл. 2.

Величина плотного остатка водной вытяжки соответствует слабому засолению почвы, реакция среды водной вытяжки почвы нейтральная на всем удалении от автодороги. Приближение к автодорожному полотну незначительно отразилось на содержании биогенных элементов и солевом составе (табл. 2). На всей площади поля отмечено низкое содержание фосфора (23–48 мг/кг). Оптимальное содержание подвижного фосфора для большинства сельскохозяйственных культур составляет 90... 150 мг/кг, для зерновых культур оно соответствует уровню 151... 200 мг/кг [16–18]. В соответствии со шкалой обеспеченности растений легкоусвояемыми формами азота для почв Западной Сибири, снабжение растений исследуемого агроценоза азотом (нитратным, аммонийным) очень низкое. Не-высокие основные агрохимические показатели свидетельствует о технологических недостатках возделывания почвы [19; 20].

Количество микроэлементов в почвах зависит от химического состава почвообразующей породы и влияния почвообразовательного процесса на их перераспределение по профилю почвы, оно может изменяться при систематическом внесении минеральных и органических удобрений и в результате длительной эксплуатации почвы в сельскохозяйственных целях. Концентрации химических эле-

ментов в растениях и верхнем пахотном горизонте почвы на различной удаленности от автодороги приведены на рис. 2.

Таблица 2

**Солевой и биогенный состав верхнего пахотного горизонта почвы
на различной удаленности от автодороги**

Показатель	Единица измерения	Удаленность от автодороги, м		
		15	100	200
Водородный показатель	ед. рН	6,8±0,1	6,7±0,1	7,0±0,1
Плотный остаток водной вытяжки	%	0,3±0,1	0,3±0,1	0,3±0,1
Хлорид – ион	ммоль в 100 г почвы	0,70±0,1	0,79±0,13	0,65±0,10
Сульфат – ион		менее 0,5	менее 0,5	менее 0,5
Бикарбонат – ион		менее 1,0	менее 1,0	менее 1,0
Магний обменный		4,78±0,36	4,44±0,33	4,99±0,37
Кальций обменный		13±1	14±1	13±1
Аммоний обменный	мг/кг	5,0±0,8	5,1±0,8	5,9±0,9
Азот нитритный	мг/кг	9,8±1,5	8,8±1,5	8,2±1,4
Азот нитратный	мг/кг	2,2±0,4	2,4±0,5	1,6±0,3
Фосфор (подвижная форма)	мг/кг	48±4	47±4	23±2

Примечание: ± суммарная относительная погрешность метода.

Содержание валовых форм Ca и Mg в почве исследованной территории находилось в пределах 669–780 и 610–681 мг/кг, подвижных форм 13,3–14,3 и 4,4–5,0 моль в 100 г почвы соответственно. Близкое расположение автодороги не отразилось на концентрации данных металлов в исследованных растениях. Ca, также как и Mg, в близкородственных видах *S. arvensis* и *C. setosum* в несколько раз превышали содержание таковых в почве, вместе с тем в *T. aestivum* эти металлы аккумулированы в меньших количествах. Вероятно, это связано с видоспецифичностью данных растений, обусловленной типом корневой системы злаков, размещенной на небольшой глубине и слабо усваивающей питательные вещества из нижних горизонтов почвы, в отличие от стержневой корневой системы исследованных сорных видов, проникающей в почву на глубину до 6 метров.

Sr – металл по своим свойствам схож с Ca и четко отражает его характер накопления в почве и растениях, но в меньших количествах, что подтверждают другие исследователи [10]. Отношение средних концентраций металлов Ca/Sr (в мг/кг) в почве на всей площади поля составляет 15 единиц и не зависит от расстояния от автодорожного полотна. Коэффициент корреляции Спирмена содержания Ca и Sr в почве – 0,99; с Mg – 0,83. Определенные в ходе исследования концентрации Sr в растениях не превышают токсичный уровень – 30 мг/кг сухой массы и совпадают с данными других исследователей (среднее содержание Sr в пшенице 1,5 мг/кг сухой массы) [10; 21].

As, Cd, Co в исследованных образцах почв и растений обнаружены не были. Ni, Cr, Zn не выявлены в фитомассе исследованных растений, значение валовых форм в почве не превышает значение их кларков в литосфере.

Содержание Mn в исследуемой почве незначительно увеличивается при приближении к автодорожному полотну от 67,6 до 72,2 мг/кг, его предельно-допустимая концентрация в почве с учетом фона 1500 мг/кг. В сухой фитомассе *S. arvensis* и *C. setosum* Mn не обнаружен, в фитомассе *T. aestivum* содержание от 3,6 до 4,4 мг/кг.

Концентрация Cu в растениях зависит от уровня ее содержания в почве. Однако параметры этой связи различны для разных видов растений. Низкое валовое содержание Cu в почве 1,7–1,8 мг/кг отразилось на ее способности усваиваться растениями. По литературным данным отмечено, что ее содержание в зерновых культурах составляет 2,5–9,2 мг/кг. Растения испытывают недостаток Cu, когда содержание ее подвижных форм в кислых почвах меньше 2, а в нейтральных – меньше 3 мг/кг [19; 22–24]. В ходе данного исследования содержание Cu в сухой фитомассе *S. arvensis* и *C. setosum* не зафиксировано, а в *T. aestivum* чуть менее 2 мг/кг.

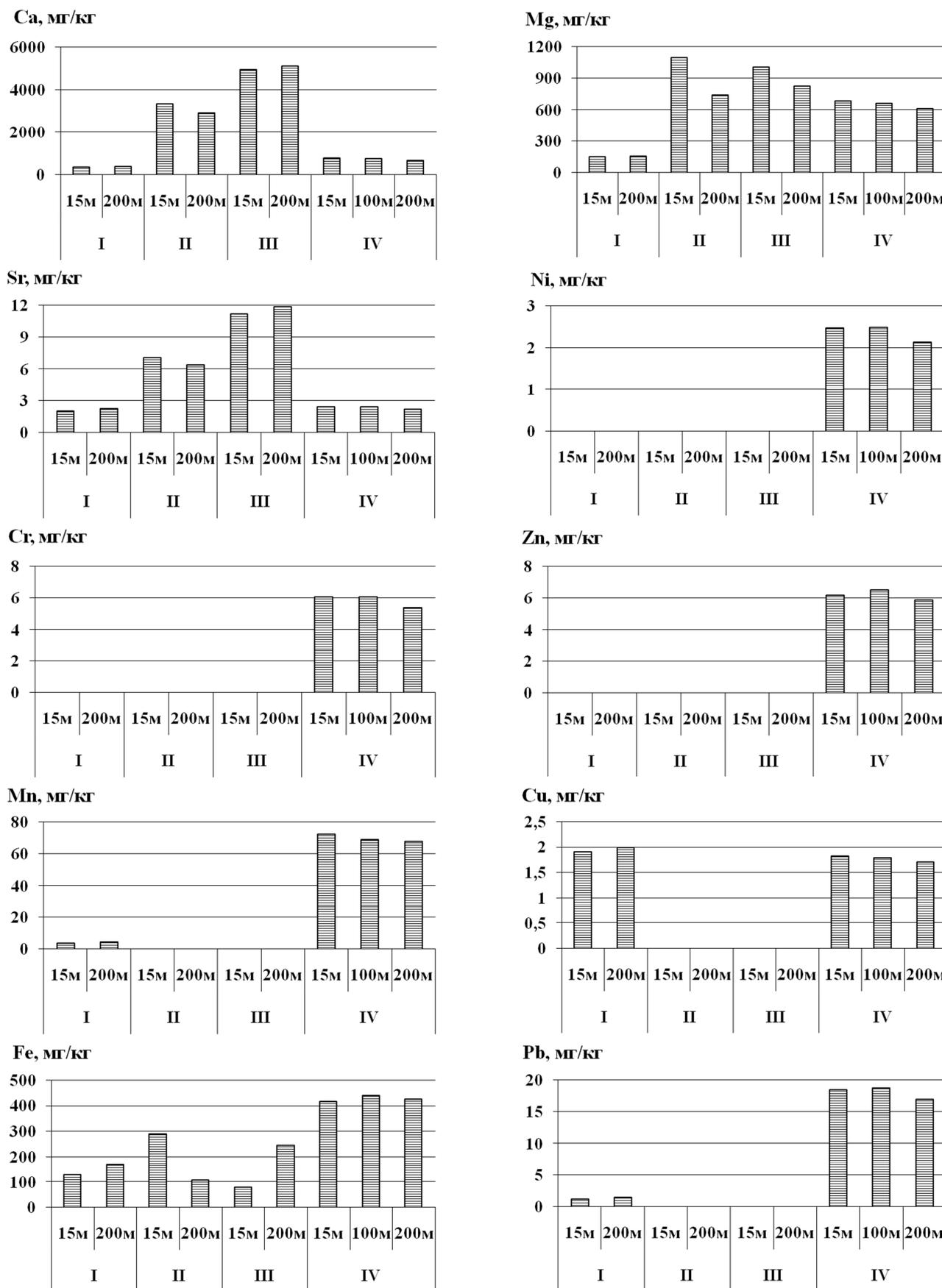


Рис. 2. Содержание химических элементов в растениях и верхнем пахотном горизонте почвы на различной удаленности от автодороги (I – *T. aestivum*, II – *S. arvensis*, III – *C. setosum*, IV – Почва)

Fe – микроэлемент, который усваивается растениями в наибольшем количестве. В сухой фитомассе *S. arvensis* и *C. setosum* его содержалось 78–290 мг/кг, в *T. aestivum* 128–168 мг/кг. Содержание валовых форм Fe в почве находилось в диапазоне 417–440 мг/кг. В распределении Fe в почве и растениях не наблюдалось четкой взаимосвязи с удаленностью автодорожного полотна, можно предположить, что широкий диапазон концентраций связан с особенностями микрорельефа поля.

В сухой фитомассе *T. aestivum* в условиях данного агроценоза отмечено равномерное распределение Pb по всей площади поля в концентрации 1,2–1,5 мг/кг, в фитомассе *S. arvensis* и *C. setosum* Pb не обнаружен. В исследованиях, проведенных ранее, установлено, что содержание Pb в почвах поймы р. Иртыш в исследуемом регионе находится в диапазоне 20–64 мг/кг, в зависимости от гранулометрического состава, а в биомассе близкородственного вида *Cirsium arvense* L. – 10 мг/кг [22; 25; 26].

В табл. 3 представлены сравнительные данные по средним значениям валовых форм элементов в почвах агроценоза и поймы нижнего течения реки Иртыш в исследуемом регионе.

Таблица 3

Среднее содержание валовых форм элементов в почвах поймы нижнего течения реки Иртыш и придорожном агроценозе *Triticum aestivum* L., мг/кг

Элемент	Почва поймы реки Иртыш (Токарева и др., 2016) [22]	Почва агроценоза в 15 м от автодороги	ПДК в соответствии с ГН 2.1.7.2041–06	Кларк литосферы (Panin, 2002) [26]
As	2,8	0	2	1,7
Co	4	0	–	12
Cr	18	6,1	–	70
Cu	6,2	1,8	–	30
Mn	217	72	1500	690
Mo	0,3	0	–	1
Ni	8,5	2,5	–	44
Pb	41,2	18,4	32	15
Sr	29	2,4	–	290
Zn	17,5	6,2	–	60
Fe	9056	416	–	35400

Примечание: «–» – значение для данного элемента не определено.

Сравнительный анализ средних значений валового содержания элементов в почвах придорожного агроценоза и поймы нижнего течения реки Иртыш в районе исследования (без учета гранулометрического состава) показал, что концентрации металлов в почвах агроценоза в разы меньше таковых в пойменных почвах исследуемого региона, не превышают кларки литосферы и ПДК в соответствии с ГН 2.1.7.2041–06², а, следовательно, не представляют опасности для сельскохозяйственной продукции по исследуемым показателям.

Выводы

1. Приближение к автодорожному полотну на расстоянии 15–200 метров не отразилось на солевом составе почвы и изменении кислотности почвы. Для всей площади поля характерна нейтральная реакция среды.

2. Значение валовых форм Cr, Cu, Sr, Zn, Fe в почве не превышает значение их кларков в литосфере. As, Cd, Co в исследованных образцах почв не обнаружены. Содержание валовых форм Pb и Mn в почве не превышает предельно-допустимые концентрации.

3. *S. arvensis* и *C. setosum* – доминантные сорные виды агроценоза, имеют сходный состав исследуемых элементов. Фитомасса этих растений не накапливает As, Cd, Co Ni, Cr, Zn, Cu, Mn, Pb. Содержание Ca, Mg, Sr, Fe не зависит от удаления автодорожного полотна. Корневая система данных видов обладает высокими барьерными свойствами, тем самым исполняют защитную функцию растений от токсического действия тяжелых металлов.

² ГН 2.1.7.2041-06 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2006. 15 с.

4. *T. aestivum* – основная культура агроценоза не аккумулирует в своей фитомассе As, Cd, Co, Ni, Cr, Zn. Концентрации Ca, Mg, Sr, Mn, Cu, Fe, Pb в фитомассе не зависят от расположения автодороги и находятся в одном диапазоне по всей площади поля.

5. Приближение автодороги Р-404 (Тюмень – Тобольск – Ханты-Мансийск) не оказывает критического влияния по исследуемым показателям на химический состав основных компонентов придорожного агроценоза. В результате регулярной обработкой почвы, механического перемешивания верхнего пахотного слоя, элементы, поступающие в почву агроценоза при эксплуатации автодороги, равномерно распределяются по всей площади поля.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ильин В.Б. Тяжелые металлы и неметаллы в системе почва-растение / Российская академия наук, Сибирское отделение, Институт почвоведения и агрохимии. Новосибирск: Изд-во Сибирского отделения Российской академии наук, 2012. 218 с.
2. Машкин Д.В., Извекова Т.В., Гушин А.А., Гриневиц В.И. Оценка уровня загрязнения почв г. Иваново тяжелыми металлами и нефтепродуктами // Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология. 2017. Т. 60. Вып. 5. С. 94–99. DOI: 10.6060/tcct.2017605.5565
3. Касимов Н.С., Безбердая Л.А., Власов Д.В., Лычагин М.Ю. Металлы, металлоиды и бенз(а)пирен в микрочастицах почв и дорожной пыли Алушты // Почвоведение. 2019. № 12. С. 1524–1538. DOI: 10.1134/S0032180X19120062
4. Acosta J.A., Faz C.A., Arocena J.M., Debela F., Martinez-Martinez S. Distribution of metals in soil particle size fraction and its implication to risk assessment of playgrounds in Murcia City (Spain) // Geoderma. 2009. Vol. 149. P. 101–109. DOI: 10.1016/j.geoderma.2008.11.034
5. Grigoratos T., Martini G. Brake wear particle emissions: a review // Environ. Sci. Pollut. Res. 2015. Vol. 22., № 4. P. 2491–2504. DOI: 10.1007/s11356-014-3696-8
6. Ляшенко Г.М., Калинин В.П. Техногенное загрязнение почв свинцом в катене автомагистрали в Приазовской зоне Ростовской области // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2012. № 2 (6). С. 60–74.
7. Popova E.I. Accumulation of heavy metals in birch and pine forest roadside phytocenoses in the south of Tyumen region // Biosystems Diversity. 2018. № 3. P. 233–238.
8. Минкина Т.М., Мотузова Г.В., Мирошниченко Н.Н., Фатеев А.И., Манджиева С.С., Чаплыгин В.А. Накопление и распределение тяжелых металлов в растениях зоны техногенеза. // Агрохимия. 2013. № 9. С. 65–75.
9. Бондаренко Е.В., Дворников Г.П. Дорожно-транспортная экология: Учебное пособие для ВУЗов / Под ред. А.А. Цыцур. Оренбург: ГОУ ОГУ, 2004. 113 с.
10. Kabata-Pendias A. Trace Elements in Soils and Plants. 4th Edition. Boca Raton, FL: Crc Press, 2010. 548с.
11. Кошелева Н.Е., Дорохова М.Ф., Кузьминская Н.Ю., Рыжов А.В., Касимов Н.С. Влияние автотранспорта на экологическое состояние почв в Западном административном округе Москвы // Вестник московского университета. Серия 5. География. 2018. № 2. С. 16–27.
12. Limbeck A., Puls C. Particulate emissions from on-road vehicles // Urban airborne particulate matter: origin, chemistry, fate and health impacts / Ed. by F. Zereini, C.L.S. Wiseman. Heidelberg: Springer-Verlag Berlin, 2011. P. 63–79.
13. Новости. 102 мостовых сооружения и 600 км федеральных дорог будут отремонтированы за счет средств от госсистемы «Платон» до 2022 года // Федеральное дорожное агентство. URL: <https://rosavtodor.gov.ru/press-center/news/319121> (дата обращения: 06.06.2022).
14. Шептухов В.Н. Атлас основных видов сорных растений России / В.Н. Шептухов, Р.М. Гафуров, Т.В. Папаскири, Л.А. Ушакова, Н.В. Скороходова. М.: КолосС, 2009. 192 с.
15. Токарева А.Ю., Боме Н.А. Особенности формирования сорного компонента агроценоза *Triticum aestivum* L. // Естественные и технические науки. 2012. № 6 (62). С. 145–149.
16. Каретин Л.Н. Почвы Тюменской области. Новосибирск: Наука, 1990. 286 с.
17. Сычев В.Г., Шафран С.А., Духанина Т.М. Диагностика минерального питания полевых культур и определение потребности в удобрениях. М.: ВНИИА, 2017. 220 с.
18. Мищенко Л.Н., Мельников А.Л., Аксенова Ю.В. Почвы Западной Сибири: учебное пособие. 2-е изд., дополненное. Омск: ФГБОУ ВО Омский ГАУ, 2018. 284 с.
19. Сергеева Е.А., Пашаян С.А. Анализ химических веществ в зерне яровой пшеницы юга Тюменской области // Вестник Государственного аграрного университета Северного Зауралья. 2016. № 1 (32). С. 99–103.
20. Кашин В.К. Жизненно необходимые микроэлементы в лекарственных растениях Забайкалья // Химия в интересах устойчивого развития. 2009. № 17. С. 379–388.
21. Медведев И.Ф., Деревягин С.С., Панасов М.Н., Ефимова В.И. Эколого-ландшафтные закономерности распределения валового стронция (Sr) в системе почва – вода – растение // Аграрный научный журнал. 2015. № 3. С. 14–18.

22. Токарева А.Ю., Алимова Г.С., Дударева И.А., Земцова Е.С., Кайгородов Р.В. Валовое содержание металлов в почвах поймы и растениях в нижнем течении р. Иртыш // Современные проблемы науки и образования. 2016. № 5. С. 131–139.
23. Мотузова Г.В., Макарычев И.П., Петров М.И. Влияние алюминия, цинка, меди и свинца на кислотно-основные свойства водных вытяжек из почв // Почвоведение. 2021. № 1. С. 48–55.
24. Азаренко Ю.А. Содержание меди в почвах агроландшафтов Омского Прииртышья // Вестник Омского ГАУ. 2021. № 4 (44). С. 7–18.
25. Chuparina E.V., Aisueva T.S. Determination of heavy metal levels in medicinal plant *Hemerocallis minor* Miller by x-ray fluorescence spectrometry // Environ. Chem. Letters. 2011. № 9 (1). С. 19–23.
26. Panin M.S Anthropogenic heavy metal pollution of Irtysh River basin // Geochemistry International. 2002. Vol. 40, № 7. P. 685–693.

Поступила в редакцию 02.08.2022

Токарева Алена Юрьевна, научный сотрудник

E-mail: aytokareva@list.ru

Алимова Гульсем Салимовна, кандидат технических наук, заведующий химико-экологической лабораторией

E-mail: gulsem76@mail.ru

ФГБУН Тобольская комплексная научная станция Уральского отделения Российской академии наук
626152, Россия, Тобольск, ул. имени академика Юрия Осипова, 15

A.Yu. Tokareva, G.S. Alimova

DISTRIBUTION OF GROSS FORMS OF ELEMENTS IN SOILS AND DOMINANT PLANTS OF AGROCENOSIS *TRITICUM AESTIVUM* L.

DOI: 10.35634/2412-9518-2022-32-3-294-302

The aim of this work was to study the distribution of gross forms of elements – Ca, Mg, Sr, Ni, Cr, Zn, Mn, Cu, Fe, Pb, Cd, Co, As in the soil and plants of roadside agrocenosis. Agrocenosis *Triticum aestivum* L. is located along the Federal highway P-404. *Sonchus arvensis* L. and *Cirsium setosum* (Willd) Bess. are dominant weed species of agrocenosis, have a similar elemental composition. Phytomass of these plants does not accumulate As, Cd, Co, Ni, Cr, Zn, Cu, Mn, Pb. The content of Ca, Mg, Sr, Fe does not depend on the removal of the roadbed. *Triticum aestivum* L. - the main crop of agrocenosis, does not accumulate in its phytomass As, Cd, Co, Ni, Cr, Zn. The concentrations of Ca, Mg, Sr, Mn, Cu, Fe, Pb in the phytomass of *Triticum aestivum* L. are not dependent on the location of the road and are in the same range over the entire area of the field. The approach to the roadbed at a distance of 15-200 m did not affect the salt composition of the soil; the pH of soil samples taken over the entire field area is neutral. As, Cd, Co in soil are not detected. The value of the gross forms of Cr, Cu, Sr, Zn, Fe in soil does not exceed the value of their clarkes in the lithosphere. The content of gross forms of Pb and Mn in soil does not exceed the maximum allowable concentration. The approach of the road did not have a critical impact on the elemental composition in the components of the roadside agrocenosis.

Keywords: agrocenosis, road, heavy metals, weeds, *Triticum aestivum* L.

REFERENCES

1. Il'in V.B. *Tyazhelye metally i nemetally v sisteme pochva-rastenie* [Heavy metals and non-metals in the soil-plant system / Rossiyskaya akad. nauk, Sibirskoe otd-nie, In-t pochvovedeniya i agrokhimii. Novosibirsk: Sibirsk. otd-nie Rossiyskoy akad. nauk, 2012, 218 p. (in Russ.).
2. Mashkin D.V., Izvekova T.V., Gushchin A.A., Grinevich V.I. [Assessment of level pollution of Ivanovo city with heavy metals and oil products], in *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy Seriya: Khimiya khimicheskaya*, 2017, Vol. 60, iss. 5, pp. 94–99. DOI: 10.6060/tcct.2017605.5565 (in Russ.).
3. Kasimov N. S., Bezberdaya L. A., Vlasova D. V., Lychagina M. Yu. [Metals, metalloids, and benzo[a]pyrene in PM10 particles of soils and road dust of Alushta city], in *Pochvovedenie* [Eurasian Soil Science], 2019, no. 12, pp. 1608–1621. DOI: 10.1134/S0032180X19120062 (in Russ.).
4. Acosta J.A., Faz C.A., Arocena J.M., Debela F., Martinez-Martinez S. Distribution of metals in soil particle size fraction and its implication to risk assessment of playgrounds in Murcia City (Spain), in *Geoderma*, 2009, vol. 149, pp. 101–109. DOI: 10.1016/j.geoderma.2008.11.034
5. Grigoratos T., Martini G. Brake wear particle emissions: a review, in *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 2015, vol. 22, no. 4, pp. 2491–2504. DOI: 10.1007/s11356-014-3696-8

6. Lyashenko G.M., Kalinichenko V.P. [Technogenic pollution of soils by lead in catena of highway in the Priazovsky zone of the Rostov region], in *Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii*, 2012, no. 2 (6), pp. 60–74 (in Russ.).
7. Popova E.I. Accumulation of heavy metals in birch and pine forest roadside phytocenoses in the south of Tyumen region, in *Biosystems Diversity*, 2018, no. 3, pp. 233–238.
8. Minkina T.M., Motuzova G.V., Miroshnichenko N.N., Fateev A.I., Mandzhieva S.S., Chaplygin V.A. [Accumulation and distribution of heavy metals in plants in the technogenesis zone], in *Agrohimiya [Agrochemistry]*, 2013, no. 9, pp. 65–75 (in Russ.).
9. Bondarenko E.V., Dvornikov G.P. *Dorozhno-transportnaya ekologiya [Road transport ecology]*, Tsytura A.A. (ed), Orenburg: Orenburg. Gos. Univ., 2004, 113 p. (in Russ.).
10. Kabata-Pendias A. Trace Elements in Soils and Plants. 4th Edition. Boca Raton, FL: Crc Press, 2010, 548 p.
11. Kosheleva N. E., Dorokhova M. F., Kuzminskaya N. Yu., Ryzhov A. V., Kasimov N. S. [Impact of motor vehicles on the ecological state of soils in the western district of Moscow], in *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5. Geografiya [Bulletin of Moscow University. Series 5. Geography]*, 2018, no. 2, pp. 16–27 (in Russ.).
12. Limbeck A., Puls C. Particulate emissions from on-road vehicles. Urban airborne particulate matter: origin, chemistry, fate and health impacts. Ed. by F. Zereini, C.L.S. Wiseman. Heidelberg: Springer-Verlag Berlin, 2011, pp. 63–79.
13. Novosti. 102 mostovykh sooruzheniya i 600 km federal'nykh dorog budut otremonirovany za schet sredstv ot gossistemy «Platon» do 2022 goda, Sayt Federal'nogo dorozhnogo agentstva [News. 102 bridge structures and 600 km of federal roads will be repaired at the expense of funds from the state system "Platon" until 2022 / Website of Federal Road Agency], Available at: <https://rosavtdor.gov.ru/press-center/news/319121> (accessed: 06.06.2022) (in Russ.).
14. Sheptuhov V.N. Gafurov R.M., Papaskiri T.V., Ushakova L.A., Skorokhodova N.V. *Atlas osnovnykh vidov sornykh rasteniy Rossii [Atlas of the main types of weeds in Russia]*, Moscow: KolosS Publ., 2009, 192 p. (in Russ.).
15. Tokareva A.Yu., Bome N.A. *Osobennosti formirovaniya sornogo komponenta agrocenoza Triticum aestivum L. [Features of the formation of the weed component of the agrocenosis Triticum aestivum L.]*, in *Estestvennye i tekhnicheskie nauki*, 2012, no. 6(62), pp. 145–149 (in Russ.).
16. Karetin L.N. *Pochvy Tyumenskoy oblasti [Soils of the Tyumen region]*, Novosibirsk: Nauka Publ., 1990, 286 p. (in Russ.).
17. Sychev V.G., Shafran S.A., Dukhanina T.M. *Diagnostika mineral'nogo pitaniya polevykh kul'tur i opredelenie potrebnosti v udobreniyakh [Diagnostics of the mineral nutrition of field crops and determination of the need for fertilizers]*, Moscow: VNIIA Publ., 2017, 220 p. (in Russ.).
18. Mishchenko L.N., Mel'nikov A.L., Aksenova Yu.V. *Pochvy Zapadnoy Sibiri [Soils of Western Siberia]*, 2-nd ed., Omsk: Omskii GAU, 2018, 284 p. (in Russ.).
19. Sergeeva E.A., Pashayan S.A. [The analysis of chemicals in spring wheat the south of the Tyumen region], in *Vestnik Gos. Agrar. Univ. Severnogo Zauralya [Bulletin of Northern Trans-Ural State Agricultural University]*, 2016, no. 1(32), pp. 99–103 (in Russ.).
20. Kashin V.K. [Vitally necessary microelements in herbs in Transbaikalia], in *Khimiya v interesakh ustoychivogo razvitiya [Chemistry for Sustainable Development]*, 2009, no. 1, pp. 379–388 (in Russ.).
21. Medvedev I.F., Derevyagin S.S., Panasov M.N., Efimova V.I. [Ecological and landscape regularities of distribution of gross strontium (Sr) in the system the soil - the water - the plant], in *Agrarnyy nauchnyy zhurnal [The Agrarian Scientific Journal]*, 2015, no. 3, pp. 14–18 (in Russ.).
22. Tokareva A.Yu., Alimova G.S., Dudareva I.A., Zemtsova E.S., Kaygorodov R.V. [The total contents of metals in floodplain soils and plants in the lower reaches of the Irtysh river], in *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya [Modern problems of science and education]*, 2016, no. 5, pp. 131–139 (in Russ.).
23. Motuzova G.V., Makarychev I.P., Petrov M.I. [Effect of aluminum, zinc, copper, and lead on the acid-base properties of water extracts from soils], in *Pochvovedenie [Eurasian Soil Science]*, 2013, vol. 46, no. 1, pp. 44–50 (in Russ.).
24. Azarenko Yu.A. [Copper content in soils of agrarian landscapes of Omsk Irtysh region], in *Vestnik Omskogo Gos. Agrar. Univ.*, 2021, no. 4 (44), pp. 7–18 (in Russ.).
25. Chuparina E.V., Aisueva T.S. Determination of heavy metal levels in medicinal plant *Hemerocallis minor* Miller by x-ray fluorescence spectrometry, in *Environ. Chem. Letters*, 2011, no. 9(1), pp. 19–23.
26. Panin M.S. Anthropogenic heavy metal pollution of Irtysh River basin, in *Geochemistry International*, 2002, vol. 40, no. 7, pp. 685–693.

Received 02.08.2022

Tokareva A.Yu., Researcher

E-mail: aytokareva@list.ru

Alimova G.S., Candidate of Technical Sciences, head of the laboratory

E-mail: gulsem76@mail.ru

Tobolsk complex scientific station of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences
Academician Yuri Osipov st., 15, Tobolsk, Russia, 626152