

СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЕ И РАСТИТЕЛЬНОСТИ ЛЕСНОГО, ЛУГОВОГО И ПОЛЕВОГО ФИТОЦЕНОЗОВ

Н.Е. Завьялова, *Пермский научно-исследовательский институт сельского хозяйства*
К.Н. Корляков, *Пермский научно-исследовательский институт сельского хозяйства*

Содержание солей тяжелых металлов (меди, цинка, кадмия и свинца) определялось в почве и растительности лесного, лугового и полевого фитоценозов, расположенных на территории опытного поля Пермского НИИСХ. Исследования производились в течение 2012–2014 гг. Почва во всех изучаемых фитоценозах – дерново-подзолистая, с разной степенью выраженности подзолистого процесса. Изучаемый растительный материал: хвоя и листва деревьев, травостой естественного злаково-разнотравного луга, зеленая масса козлятника восточного.

Содержание тяжелых металлов в почве и растениях всех фитоценозов было значительно ниже ПДК, за исключением содержания меди в лесном фитоценозе, расположенном на расстоянии 100–200 м от федеральной автомобильной дороги. Концентрация меди и цинка возрастала со временем: в 2014 году содержание меди и цинка по сравнению с 2012 годом увеличилось соответственно в 3 и 2 раза. Содержание свинца существенно не изменилось и было значительно ниже ПДК для всех изучаемых фитоценозов. Тенденция к некоторому увеличению содержания тяжелых металлов в почве и растительности не может служить препятствием для проведения научных исследований на изучаемых участках.

Ключевые слова: *лесной фитоценоз, луговой фитоценоз, севооборот, содержание тяжелых металлов.*

Почва – главное средство сельскохозяйственного производства и основа агроэкосистем. Растения получают из почвы до 95% всех элементов питания, поэтому забота о сохранении почвенного плодородия является одной из приоритетных в сельском хозяйстве. Основным условием стабильного развития агроценозов и фитоценозов является сохранение, воспроизводство и рациональное использование плодородия земель.

Природные экологические системы

обладают свойством саморегуляции и являются стабилизаторами природной среды при условии отсутствия вмешательства человека. Искусственные агроэкосистемы, наоборот, нуждаются в постоянном контроле и поддержании их в стабильном состоянии. Анализ литературных источников указывает на то, что дерново-подзолистые почвы, формирующиеся в различных фитоценозах, существенно отличаются по кислотности среды, количеству и качеству гумуса, содержанию

элементов питания, а также интенсивностью протекания биологических процессов [1]. Поэтому антропогенное загрязнение почв в фитоценозах проявляется в различной степени в зависимости от перечисленных агрохимических параметров. Следует предположить, что содержание тяжелых металлов в дерново-подзолистой почве различных фитоценозов будет разным.

К основным факторам антропогенного загрязнения почвы и растений относят загрязнение тяжелыми металлами (ТМ) через промышленные выбросы, транспорт, органические отходы, сельскохозяйственные химикаты, удобрения и химические мелиоранты. Емкость поглощения почв ТМ закономерно возрастает в ряду: дерново-подзолистая супесчаная < дерново-подзолистая среднесуглинистая < чернозем выщелоченный среднесуглинистый [2, 3].

Степень подвижности тяжелых металлов (ТМ) в почвах определяется рядом почвенных характеристик: гранулометрическим составом, составом глинистых минералов, наличием полуторных оксидов, количеством и групповым составом органического вещества, окислительно-восстановительным потенциалом, биологической активностью, а также температурным и водным режимом. Каждое из этих свойств находится в определенных отношениях с содержанием различных форм ТМ в почве, изменение одного параметра оказывает воздействие и на остальные. Экспериментальные данные свидетельствуют о том, что группа наиболее распространенных тяжелых металлов – Cd, Pb, Zn, Cu, Ni – обладает значительной подвижностью в кислой среде и становится инертной при изменении реакции среды в сторону подщелачивания [6, 8, 9].

Тяжелые металлы поступают в наземные части растений через их корневые системы, проникают в клетки, вступают в различные биохимические реакции, аккумулируются в тканях. Если тяжелые металлы поступают в сельскохозяйственные растения, они могут отчуждаться с уро-

жаем. На незагрязненных почвах вынос свинца с урожаем невелик и составляет 3–4 г/га для зерновых культур и 6–10 г/га для корнеплодов. Техногенное воздействие на почву и растения значительно увеличивает эти цифры [9].

С 1991 года специалисты Федерального государственного учреждения Государственный центр агрохимической службы «Пермский» изучают влияние сельскохозяйственной деятельности и применяемых средств химизации на совокупность свойств почв, урожай сельскохозяйственных культур и его качество; исследования осуществляются на стационарных реперных участках в соответствии с Всероссийской программой мониторинга почв. Было заложено 16 реперных участков в разных районах края. Они размещены во всех природно-климатических районах края на наиболее типичных ландшафтах. По материалам Федерального государственного учреждения Государственный центр агрохимической службы «Пермский» (2013 г.), содержание кислоторастворимых форм меди изменяется по районам края от 2,5 до 8,9, цинка – от 3,5 до 12,2, свинца – от 1,4 до 6,8 мг/кг почвы; валовых форм меди – от 13,4 до 17,7, цинка – до 38,7, свинца – до 11,7 мг/кг. В почвах Пермского района содержание кислоторастворимых форм меди составляет 7,0–8,9 мг/кг, цинка – 9,9 мг/кг, свинца – 5,3 мг/кг [8].

Земельные участки, закрепленные за Пермским НИИСХ, на которых проводятся длительные стационарные агрохимические опыты, относятся к категории особо ценных сельхозугодий (Закон Пермского края от 11.08.2008 г. № 195-ПК). С учетом направления господствующих ветров данная территория подвергается длительному воздействию техногенных выбросов Осенцовского промышленного узла (Пермнефтеоргсинтез), поэтому объекты окружающей среды – почва, растительность и т.д. могут загрязняться нефтепродуктами и их производными. Кроме того, в непосредственной близости от опытных участков в 2013 г. после реконструкции

федеральной трассы Пермь–Екатеринбург было открыто движение автотранспорта. Транспорт является одним из основных источников загрязнения почв тяжелыми металлами. С учетом возросшей за последние годы техногенной нагрузки на опытные поля, являющиеся особо ценными сельхозугодиями, возникает вопрос о допустимости проведения научных исследований на потенциально загрязненных участках, в частности необходимо определить содержание тяжелых металлов в почве и растительности, установить их соотношение с предельно допустимыми нормами.

Цель исследований – дать агроэкологическую характеристику (включая концентрацию тяжелых металлов) дерново-подзолистой почвы различных фитоценозов, находящихся на территории опытного поля Пермского НИИСХ ПФИЦ УрО РАН и непосредственно примыкающих к нему.

Задачи исследований:

1. Изучить агрохимические свойства дерново-подзолистой почвы лесного, лугового и полевого фитоценозов.
2. Определить содержание подвижных и кислоторастворимых форм цинка,

меди и свинца в дерново-подзолистой почве различных фитоценозов.

Объекты и методы исследований. Исследования проводили на стационарных участках следующих фитоценозов: лесного, лугового, полевого на дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почве. Стационарные участки расположены на территории опытного поля Пермского НИИСХ ПФИЦ УрО РАН и территории, непосредственно прилегающей к нему (рис. 1). Опытные поля находятся к югу от села Лобаново и в 18 км от города Перми.

Объект №1 – Лес смешанный с богатым травяным покровом. В древостое широко представлены береза, осина, реже – клен, из хвойных – ель, пихта, сосна. Хорошо развит второй ярус и подлесок из рябины, липы, ольхи, черемухи и др. В напочвенном покрове преобладают кисличные, кислично-папоротниковые и разнотравно-злаково-папоротниковые ассоциации.

Объект №2 – Естественный злаково-разнотравный луг. Видовой состав травостоя: 62% – злаковые травы, 13,2% – бобовые, 24,5% – разнотравье. Травостой не отчуждается.



Рис. 1. Место проведения и объекты исследования: № 1 – смешанный лес, № 2 – естественный злаково-разнотравный луг, № 3 – козлятник восточный 1988 г. посева, № 4 – козлятник восточный 2000 г. посева, № 5 – севооборот (вариант б/уд)

Преобладают такие травы, как ежа сборная, пырей ползучий, овсяница луговая, среди разнотравья – хвощ полевой, щавель конский, подмаренник цепкий и др.

Объект № 3 – Козлятник восточный 1988 года посева. Травостой козлятника 1988 года посева используются для получения семян. После уборки семян солома отчуждается. Козлятник восточный за вегетационный период образует мощную вегетативную массу и корневую систему.

Объект № 4 – Козлятник восточный 2000 года посева.

Объект № 5 – Восемипольный севооборот (вариант без удобрений) со следующим чередованием культур: чистый пар, озимая рожь, картофель, пшеница яровая, клевер луговой 1 года пользования, клевер 2 года пользования, ячмень, овес.

Исследования проводили в почве под картофелем (2012 г.), под пшеницей с подсевом клевера (2013 г.), под клевером 1 года пользования.

Смешанный лес и естественный разнотравно-злаковый луг являются примерами естественных фитоценозов – два естественных природных контроля, с различными характеристиками и условиями формирования дерново-подзолистой почвы.

Козлятник восточный 1988 года посева, козлятник восточный 2000 года посева и восьмипольный севооборот – это при-

меры искусственных фитоценозов, создаваемых человеком с целью получения сельскохозяйственной продукции. Под посевы козлятника восточного удобрения не вносятся. Для проведения исследований использовали почвенные образцы, отбор которых проводили в 2012–2014 гг. в период массового цветения трав (в севообороте – после уборки урожая) на глубину 0–20 и 20–40 см (рис. 2–6).

Исследование агрохимических свойств почвы выполняли на базе аналитической лаборатории Пермского НИИСХ. В почвенных образцах определяли гумус по методу Тюрина в модификации ЦИНАО, подвижный фосфор – по Кирсанову, обменный кальций и обменный магний – комплексометрически по методам ЦИНАО, общий азот – по Кьельдалю.

Определение тяжелых металлов в почве и растительности проводили в лаборатории института технической химии ПФИЦ УрО РАН на атомно-абсорбционном спектрофотометре ice 3500. Содержание кислоторастворимых форм соединений тяжелых металлов в почве – атомно-абсорбционным методом. Кислоторастворимые формы соединений металлов извлекали 1 м раствором азотной кислоты, содержание подвижных форм соединений тяжелых металлов в почве – атомно-абсорбционным методом. Подвижные формы тя-



Рис. 2. Объект № 1. Смешанный лес



Рис. 3. Объект № 2. Естественный разнотравно-злаковый луг



Рис. 4. Объект № 3. Козлятник восточный 1988 года посева

желых металлов в почве извлекали ацетатно-аммонийным буферным раствором с $pH = 4,8$ [7].

Результаты исследований

Почва лесного фитоценоза характеризуется кислой реакцией среды ($pH_{KCl} = 4,2$ в верхнем слое и $pH_{KCl} = 3,8$ в слое 20–40 см). Реакция среды под естественным злаково-разнотравным лугом,

козлятником восточным 2000, 1988 годов посева – среднекислая ($pH_{KCl} = 4,6 \div 4,9$), почва под клевером 1 г.п. в севообороте – слабокислая ($pH_{KCl} = 5,2$). Сумма обменных оснований менялась незначительно в зависимости от фитоценоза. Наблюдается тенденция к повышению суммы оснований в подпахотном горизонте (табл. 1).

Почва под смешанным лесом характеризуется высоким содержанием азота



Рис. 5. Объект № 4. Козлятник восточный 2000 года посева



Рис. 6. Объект № 5. Севооборот

(2660 мг/кг) и гумуса (2,60%) в сравнении с другими фитоценозами, под естественным злаково-разнотравным лугом – отличается высоким содержанием фосфора (290 мг/кг). В исследуемой почве всех фитоценозов наибольшее содержание гумуса и азота сосредоточено в 20-сантиметровом слое. В слое 20–40 см их содержание существенно уменьшается.

Длительное возделывание бобовой культуры – козлятника восточного – способствовало повышению уровня гумуса до 2,49%, накоплению в почве фосфора и азота. Зеленая масса этой культуры и корни богаты азотом и зольными элемента-

ми. В почве севооборота на варианте без удобрений содержание гумуса ниже, чем в природных фитоценозах (1,72%), что связано с отсутствием минеральных и органических удобрений, расходом питательных веществ на формирование урожая и частой обработкой почвы. В почве длительного стационарного опыта наблюдается более низкое содержание азота в слое 0–20 см (1116 мг/кг) в отличие от других фитоценозов.

Важной характеристикой почвы является ее экологическое состояние, т.е. наличие в ней загрязняющих веществ. Соли тяжелых металлов на сегодняшний день

Таблица 1

Влияние типа фитоценоза на агрохимические свойства дерново-подзолистой почвы, 2014 г.

№ п/п	Фитоценозы	Слой почв, см	рН _{KCl}	S	Hг	Ca	Mg	N _{общ.} , мг/кг	P ₂ O ₅ , мг/кг	Гумус, %	C _{тк} :C _{фк}
				мг-экв./100 г							
1	Смешанный лес	3–20	4,2	20,0	6,4	12,0	3,2	2660	168	2,60	0,61
		20–40	3,8	22,7	4,42	17,9	4,5	1400	250	1,10	0,41
2	Злаково-разнотравный луг	0–20	4,8	21,2	2,2	13,9	2,5	1490	290	2,15	0,82
		20–40	5,2	22,3	3,47	15,6	3,5	1120	370	1,24	0,47
3	Козлятник восточный 1988 года посева	0–20	4,9	18,3	2,8	12,9	3,8	1940	160	2,49	0,95
		20–40	5,1	21,5	2,52	15,8	3,4	1380	215	1,30	0,81
4	Козлятник восточный 2000 года посева	0–20	4,8	19,6	2,6	14,6	2,6	1358	220	2,32	0,87
		20–40	4,5	23,4	3,24	19,7	4,4	868	247	1,25	0,80
5	Севооборот (вариант б/у)	0–20	5,2	21,4	2,40	12,0	1,8	1116	185	1,72	0,70
		20–40	5,3	21,4	2,49	12,7	2,0	951	179	1,42	0,57
	НСП ₀₅ (0–20 см)		0,2	1,3	0,2	0,4	0,14	120	16	0,07	-

являются одними из основных загрязнителей окружающей среды. Они могут привноситься из различных источников и надолго закрепляться в почве, переходить из почвы в растения, в конечном итоге накапливаться в организме человека. Фоновый уровень элементов изменяется под влиянием антропогенного фактора. Основные антропогенные источники – транспорт, промышленные выбросы, агрохимикаты и др.

Исследуемая территория находится под влиянием двух техногенных факторов: промышленных выбросов Осенцовского промышленного узла (Пермнефтеоргсинтез), а также автомобильных выбросов от федеральной трассы Пермь–Екатеринбург. По результатам проведенных исследований в почве фитоценозов превышение ПДК подвижных форм тяжелых металлов было отмечено в 2014 году только по меди, содержание остальных элементов – в норме (табл. 2). В 2014 году в почве смешанного леса наблюдалось возрастание содержания подвижных форм цинка (4,70 мг/кг) и меди (5,64) по сравнению с 2012 и 2013 годами, где содержание цинка было на уровне 2,69–

2,01 мг/кг и меди 1,14 мг/кг. Наблюдается превышение ПДК подвижной формы меди почти в два раза, такая концентрация, возможно, связана с содержанием меди в лесном опаде (хвое и листьях). Содержание цинка в почве лугового и полевого фитоценозов – низкое, подвижных форм меди – высокое. Наблюдается небольшой рост концентрации свинца и меди в почве всех фитоценозов с 2012 по 2014 г. Меньшим содержанием подвижных форм цинка, меди и свинца отличалась почва севооборота, который более удален от федеральной трассы, чем другие объекты.

Известно, что группа приоритетных тяжелых металлов – Cd, Pb, Zn, Cu, Ni – обладает значительной подвижностью в кислой среде и становится инертной при изменении реакции среды в сторону подщелачивания [4]. По результатам исследований установлена обратная корреляционная зависимость между кислотностью почвенного раствора (рН_{KCl}) и содержанием подвижных форм цинка, меди и свинца, R = – 0,8–0,9.

Ионы тяжелых металлов образуют соединения с рядом органических веществ: цитратами, оксалатами, гуминовыми и

Таблица 2

Содержание подвижных форм тяжелых металлов в дерново-подзолистой почве лугового, лесного и полевого фитоценозов, слой 0–20 см

№ п/п	Фитоценозы	Год исследования	Подвижные формы ТМ, мг/кг почвы		
			Цинк	Медь	Свинец
1	Смешанный лес	2012	2,69	1,82	1,14
		2013	2,01	нпо	нпо
		2014	4,70	5,64	0,12
2	Естественный злаково-разнотравный луг	2012	1,02	0,67	нпо
		2013	1,43	нпо	нпо
		2014	1,10	1,62	0,10
3	Козлятник восточный 1988 г. посева	2012	1,69	нпо	нпо
		2013	1,78	нпо	нпо
		2014	1,03	1,53	0,06
4	Козлятник восточный 2000 г. посева	2012	0,91	нпо	2,50
		2013	1,35	нпо	нпо
		2014	1,35	1,66	0,06
5	Севооборот (вариант б/у)	2012	0,90	нпо	нпо
		2013	1,39	нпо	нпо
		2014	0,94	1,64	0,06
Предел обнаружения, мг/кг			0,25	0,004	0,10
ПДК, мг/кг			23,00	3,00	6,00

фульвокислотами, что в значительной степени влияет на их подвижность в почве, а следовательно, и доступность растениям [6]. С ростом гумуса и преобладанием в его составе фульвокислот подвижность соединений тяжелых металлов растет. Полученные экспериментальные данные свидетельствуют о корреляционной связи средней силы между содержанием гумуса в почве фитоценозов и содержанием подвижных форм определяемых тяжелых металлов в почве в 2014 году, $R = 0,5-0,6$. Гумус дерново-подзолистой почвы под смешанным лесом составляет 2,60% от массы почвы, отношение $C_{тк}:C_{фк} = 0,61$. В составе гумусовых кислот преобладают фульвокислоты, которые способствуют подкислению почвы и повышению подвижности тяжелых металлов. Под козлятником восточным 1988 года посева определено 2,49% гумуса, гуминовые и фульвокислоты представлены практически одинаково, $C_{тк}:C_{фк} = 0,95$. Между степенью гумификации органического вещества, которая характеризуется отношением $C_{тк}:C_{фк}$, и содержанием подвижных форм цинка, меди и свинца выявлена корреляционная зависимость, $R = 0,71-0,75$.

Аналогичные результаты опубликованы в работе [5].

В 2012 году в растительных образцах изучаемых фитоценозов был проведен анализ на содержание в них тяжелых металлов. Для оценки результатов был взят временный максимально-допустимый уровень (МДУ) некоторых химических элементов в кормах для сельскохозяйственных животных (мг/кг корма), утвержденный Главным управлением ветеринарии Госагропрома СССР в 1987 г. Содержание тяжелых металлов в лесной хвое и листве с деревьев сравнивали с показателями нормирования содержания тяжелых металлов в растениях, приведенными В.Б. Ильиным [4].

Превышение МДУ не наблюдалось ни в одном из исследуемых растительных объектов. Невысокое содержание кадмия определено в листве с деревьев и в лесной хвое, такое количество этого элемента для растительности является нормальным [4]. Наличие кадмия в хвое и листьях деревьев возможно связано с транслокационным переносом загрязняющих веществ с объектов Пернефтеоргсинтеза (табл. 3).

Содержание тяжелых металлов в растительных образцах,
мг/кг сухого вещества, 2012 г.

№ п/п	Исследуемые объекты	Медь	Цинк	Свинец	Кадмий
1	Травостой козлятника восточного 1988 г. посева	13,61	41,01	1,03	ниже предела обнаружения
2	Травостой козлятника восточного 2000 г. посева	12,17	42,09	1,03	ниже предела обнаружения
3	Травостой естественного злаково-разнотравного луга	9,57	44,88	1,03	ниже предела обнаружения
	МДУ кормов	30	50	5	0,3
4	Лесная хвоя	7,07	62,05	1,03	0,19
5	Листва с деревьев	10,68	31,79	ниже предела обнаружения	0,35
	Предел обнаружения	-	-	0,21	0,04

В остальных образцах содержание кадмия ниже предела обнаружения.

Определение кислоторастворимых форм тяжелых металлов проводили в 2012–2014 гг. Более высокое содержание цинка и свинца относительно других фитоценозов во все годы исследования наблюдается в лесном фитоценозе, который ближе всего находится к автомобильной трассе, на расстоянии 100–200 м. В 2014 г. по сравнению с 2012 г. возросло почти вдвое содержание кислоторастворимых форм цинка в почве всех фитоценозов. Содержание кислоторастворимых форм меди и свинца в 2013–2014 гг. осталось на начальном уровне (табл. 4).

Выводы

Установлены различия по содержанию гумуса и основных элементов питания в слое 0–20 и 20–40 см почв исследуемых фитоценозов. Почва под смешанным лесом характеризуется кислой реакцией среды, высоким содержанием азота (2660 мг/кг) и гумуса (2,60%) фульватного типа в сравнении с другими фитоценозами. Средне-кислая реакция среды и высокое содержание зольных элементов и азота в пожнивно-корневых остатках бобовых трав способствовали накоплению гуминовых кислот в составе

гумуса под козлятником восточным, $C_{гк}:C_{фк} = 0,95$ в слое 0–20 и 0,81 в слое 20–40 см относительно 0,61 и 0,41 под смешанным лесом.

Таким образом, с агроэкологической точки зрения луговой и полевые фитоценозы практически не загрязнены тяжелыми металлами. Только в почве лесного фитоценоза наблюдается превышение ПДК подвижной формы меди в два раза. Отмечается тенденция к накоплению цинка, меди и свинца в почве лесного и лугового фитоценозов, расположенных на близком расстоянии от федеральной трассы. На содержание тяжелых металлов в почве прежде всего оказало влияние техногенное воздействие, а не тип фитоценоза. Концентрация солей тяжелых металлов в почвах и растительности лугового и полевого фитоценозов не превышала ПДК. На данном этапе препятствий для проведения научных исследований на исследуемых участках не обнаружено.

На подвижность соединений тяжелых металлов в дерново-подзолистой почве различных фитоценозов прежде всего повлияли кислотность почвенного раствора и соотношение в составе гумуса гуминовых и фульвокислот. Для выяснения степени влияния техногенных факторов на накопление тяжелых металлов в почве необходимы дополнительные исследования.

Содержание тяжелых металлов в растительных образцах,
мг/кг сухого вещества, 2012 г.

№ п/п	Фитоценозы	Год исследования	Кислоторастворимые формы ТМ, мг/кг почвы		
			Цинк	Медь	Свинец
1	Смешанный лес	2012	5,97	5,05	нпо
		2013	7,00	4,80	3,80
		2014	19,66	5,25	4,09
2	Естественный злаково-разнотравный луг	2012	4,90	5,35	нпо
		2013	4,40	5,10	2,60
		2014	9,75	5,07	2,14
3	Козлятник восточный 1988 г. посева	2012	7,84	5,93	нпо
		2013	6,20	нпо	3,70
		2014	12,52	5,48	3,60
4	Козлятник восточный 2000 г. посева	2012	5,65	4,65	нпо
		2013	5,20	6,00	3,00
		2014	14,10	4,97	2,92
5	Севооборот (вариант б/у)	2012	4,89	5,87	нпо
		2013	6,11	5,71	3,89
		2014	11,02	5,20	3,52
Предел обнаружения			0,25	0,004	0,10

Библиографический список

1. Агроэкология / В.А. Черников, Р.М. Алексахин, А.В. Голубев [и др.]; под ред. В.А. Черникова, А.И. Чекереса. – М.: Колос, 2000. – 536 с.
2. Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях. – Л.: Агропромиздат, 1987. – 142 с.
3. Анисимов В.С. Влияние органического вещества на параметры селективной сорбции кобальта и цинка почвами и выделенными из них илистыми фракциями // Почвоведение. – 2011. – № 6. – С. 675–677.
4. Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе почва – растение // Почвоведение. – 2007. – № 9. – С. 1112–1119.
5. Карпухин А.И., Бушуев Н.Н. Распределение тяжелых металлов по молекулярно-массивным фракциям гуминовых кислот почв длительных полевых опытов // Почвоведение. – 2007. – № 3. – С. 292–301.
6. Карпухин М.М., Ладонин Д.В. Влияние компонентов почвы на поглощение тяжелых металлов в условиях техногенного загрязнения // Почвоведение. – 2008. – № 11. – С. 1388–1398.
7. Практикум по агрохимии: уч. пособие. 2-е изд. / под ред. В.Г. Минеева. – М.: Изд-во МГУ, 2001. – 689 с.
8. Самофалова И.А. Химический состав почв и почвообразующих пород: уч. пособие. – Пермь: Изд-во ФГОУ ВПО «Пермская ГСХА», 2009. – 130 с.
9. Титова В.И. Экотоксикология тяжелых металлов: уч. пособие. – Н. Новгород: НГСХА, 2002. – 135 с.

**HEAVY METAL CONTENT IN SOD-PODZOLIC SOIL AND IN THE VEGETATION
OF FOREST, MEADOW AND FIELD PHYTOCENOSES**

N.E. Zavyalova, K.N. Korlyakov

Perm Agricultural Research Institute

The content of heavy metal salts (copper, zinc, cadmium and lead) was determined in the soil and the vegetation of forest, meadow and field phytocenoses located on the trial field of Perm Agricultural Research Institute. The studies were fulfilled in 2012–2014. The soil in all the studied phytocenoses was sod-podzolic with a different degree of podzolic process evidence. The studied plant material consisted of pine needles and the foliage of trees, the grass of natural meadow and the green mass of *Galega orientalis*.

The content of heavy metals in the soil and plants of all the phytocenoses was significantly lower than the MPC (maximum permissible concentration), except for the copper content in the forest phytocenoses located at a distance of 100–200 m from the federal highway. The concentration of copper and zinc increased with time: in 2014 the content of copper and zinc doubled and tripled respectively as compared to 2012. The lead content did not change considerably and was significantly lower than the MPC for all the studied phytocenoses. The tendency towards some increase of heavy metal content in the soil and vegetation cannot be an obstacle for scientific research in the examined areas.

Keywords: forest phytocenoses, meadow phytocenoses, crop rotation, heavy metal content.

Сведения об авторах

Завьялова Нина Егоровна, доктор биологических наук, заведующая химической аналитической лабораторией, Пермский научно-исследовательский институт сельского хозяйства (Пермский НИИСХ), 614532, с. Лобаново Пермского р-на Пермского края, ул. Культуры, 12; e-mail: pniish@rambler.ru

Корляков Константин Николаевич, кандидат сельскохозяйственных наук, заместитель директора по научной работе, Пермский НИИСХ; e-mail: pniish@rambler.ru

Материал поступил в редакцию 26.04.2018 г.