

ОСОБЕННОСТИ АККУМУЛЯЦИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В РАЗНЫХ ТИПАХ ФИТОЦЕНОЗОВ НА ТЕРРИТОРИИ САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ

© 2010 Н.В. Власова, Ю.В. Макарова, Н.В. Прохорова

Самарский государственный университет

Поступила в редакцию 06.05.2010

В статье анализируется история эколого-биогеохимических исследований на территории Самарской области. В качестве примера приводятся экспериментальные материалы о накоплении тяжелых металлов в компонентах лесных и сельскохозяйственных фитоценозов.

Ключевые слова: *эколого-биогеохимические исследования, тяжелые металлы, агрофитоценозы*

История эколого-биогеохимических исследований на территории Самарской области началась с 70-х гг. XX века, что совпадает с началом становления экологического направления в геохимии и биогеохимии. На этом этапе не проводились планомерные и комплексные биогеохимические исследования, но определенный региональный материал накапливался. Так, с 70-х гг. XX века и по настоящее время лабораторией Приволжского УГКС ежегодно анализируется содержание тяжелых металлов в природных средах (почвы, снежный покров) промышленных зон и фоновых участков с публикацией результатов в отчетных сборниках [2, 3]. С конца 80-х гг. XX века в рамках изучения аккумуляции и миграции химических элементов в экосистемах Русской равнины и Приволжской возвышенности на территории Самарской области проводились эколого-биогеохимические исследования сотрудниками МГУ и Пущинского научного центра РАН [4, 10, 11]. Масштабные почвенные обследования осуществлены специалистами НИИ Волгогипрозем; почвенный ими материал о химическом составе региональных почв в обобщенном виде представлен в монографии «Почвы Куйбышевской области» [8]. Загрязнение природных вод и донных отложений тяжелыми металлами и его влияние на биоту активно изучается сотрудниками ИЭВБ РАН. Основной объем эколого-биогеохимических исследований, посвященный изучению накопления тяжелых металлов в почвах и растениях Самарской области, выполнялся в период с 1990 по 2009 гг. специалистами кафедры экологии, ботаники и охраны природы Самарского государственного университета. Эти исследования продолжаются и ведутся по разным направлениям, в них использованы

современные аналитические методы, а получаемый материал существенным образом расширяет представления о биогеохимии тяжелых металлов в природных и антропогенных экосистемах Самарского региона [5, 6, 9]. С научной и практической точки зрения особый интерес представляют эколого-биогеохимические исследования основных природных экосистем (лесных, луговых, степных) и агрофитоценозов.

Агрофитоценозы. Почвенные образцы и растительный материал (подсолнечник, кукуруза) отбирали из агрофитоценозов Волжского административного района. В пределах агрофитоценозов закладывали по 6 пробных участков (10x10 м), нумерация которых начиналась от границы насыпи дорожного полотна и шла вглубь поля. С каждого участка 3 раза за вегетационный сезон (июнь, июль, август) изымали растения в сходных фазах развития. Для отбора образцов почвы и растений и подготовки их к агрохимическому (определение гранулометрического состава, гумусности, кислотности, карбонатности) и элементному анализу (определение содержания кислоторастворимых форм Zn, Cu, Pb, Cd, Ni, Cr в почве и растениях методом атомно-абсорбционной спектроскопии, экстрагенты 1Н HNO₃ и смесь концентрированных HNO₃ и H₂SO₄ соответственно) использовали общепринятые в почвоведении и биогеохимии методы.

Почвенный покров изучаемых агрофитоценозов представлен среднесуглинистыми обыкновенными черноземами с содержанием гумусовых веществ 5,2-6,6%, актуальной кислотностью 6,7-7,6 ед. и карбонатностью 0,3-2,5%, сформировавшимся на позднеплиоцен-нижнечетвертичных осадочных отложениях эрозионно-денудационных низких и возвышенных равнин Низкого Заволжья [1]. Указанные диапазоны ведущих почвенных характеристик, определяющих концентрацию, подвижность и, соответственно, доступность для растений группы анализируемых химических элементов могут быть расценены, как вполне благоприятные для роста и развития отбираемых сельскохозяйственных культур [7]. Элементный анализ выявил особенности процесса аккумуляции металлов

Власова Наталья Валерьевна, кандидат биологических наук, ассистент кафедры экологии, ботаники и охраны природы

Макарова Юлия Владимировна, кандидат биологических наук, ассистент кафедры экологии, ботаники и охраны природы

Прохорова Наталья Владимировна, доктор биологических наук, профессор кафедры экологии, ботаники и охраны природы. E-mail: ecology@ssu.samara.ru

у подсолнечника и кукурузы. Так, накопление металлов в фитомассе подсолнечника в течение лета последовательно нарастает (рис. 1). У кукурузы наибольшее содержание Zn, Cu, Ni и Cr фиксируется в начале онтогенеза, а Pb и Cd – в конце онтогенеза; максимальное содержание всех, за исключением Cd, элементов приходится на середину лета, а Cd – на его начало (рис. 2). В целом, накопление элементов кукурузой идет интенсивнее, чем подсолнечником.

Растения по-разному аккумулируют металлы в подземных и надземных органах. На протяжении всего онтогенеза подсолнечнику присущ акропетальный тип распределения анализируемых элементов (рис. 1). При этом в корнях максимум содержания Zn, Cu, Pb, Cd, Ni и Cr отмечен в середине лета, минимум Zn, Cu, Pb и Cd обнаружен в июне, а Ni и Cr – в августе. У кукурузы

акропетальное распределение элементов фиксируется в начале и конце онтогенеза, базипетальное (кроме Ni и Cr) – в середине онтогенеза (рис. 2). Пик аккумуляции всех контролируемых металлов корневой системой приходится на начало лета, минимум содержания Zn, Cu, Cd и Cr зарегистрирован в середине лета, а Pb и Ni – в конце. Накопление металлов в стебле растений к августу снижается. Одновременно с этим степень закрепления металлов стареющей листовой тканью подсолнечника понижается на 2,6% и, напротив, повышается у кукурузы на 25,4%. Количественное содержание металлов в соцветиях подсолнечника, как правило, ниже, чем в стебле и листьях, но выше, чем в корневой системе. Содержание элементов в соцветиях кукурузы выше, чем в стебле, но ниже, чем в корнях и листьях (рис. 1 и 2).

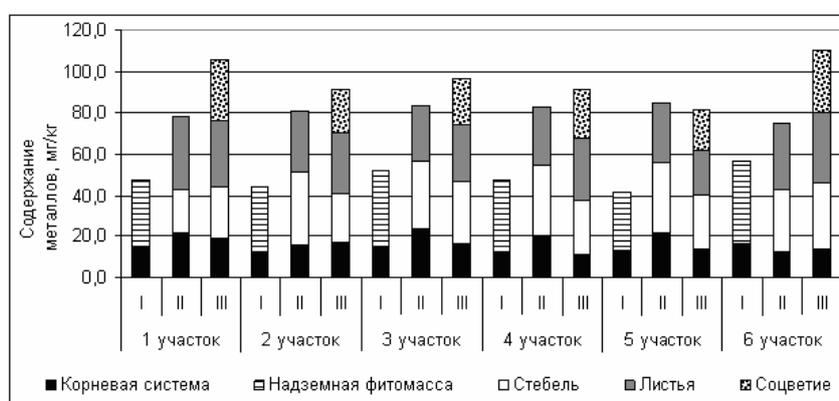


Рис. 1. Динамика накопления химических элементов в воздушно-сухой фитомассе подсолнечника на протяжении вегетации (здесь и далее I – начало вегетации, II – середина вегетации, III – конец вегетации)

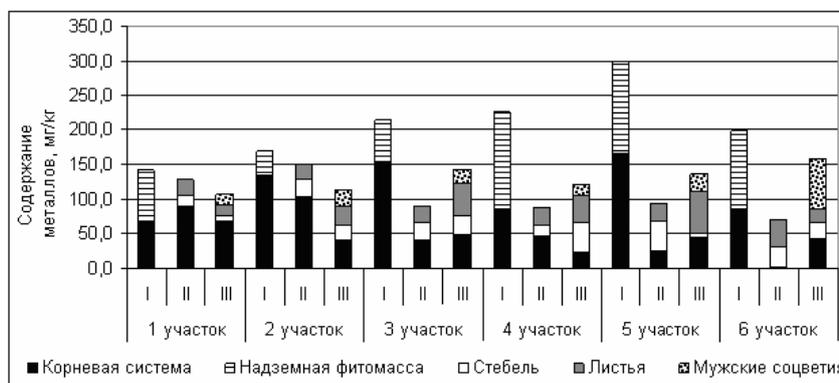


Рис. 2. Динамика накопления химических элементов в воздушно-сухой фитомассе кукурузы на протяжении вегетации

Таким образом, интенсивность поглощения и накопления Cd, Cu, Zn, Pb, Ni и Cr подсолнечником и кукурузой, характер распределения металлов между основными составными частями (подземная и надземная фитомасса) и органами растений видоспецифичны и изменчивы на протяжении онтогенеза. Слабая зависимость количественного содержания металлов в фитомассе от основных почвенных характеристик (гумусности, кислотности, карбонатности), накопление кукурузой Zn и Cu сверх концентрации кислоторастворимых форм

этих металлов в почве свидетельствуют о приоритетности индивидуальной потребности вида в каждом конкретном химическом элементе при формировании уровня аккумуляции металлов в растениях агрофитоценозов.

Лесные фитоценозы. Эколого-биогеохимические исследования проводились на территории Кинельского административного района Самарской области в Красносамарском лесном массиве, расположенном в долинно-террасовом ландшафте, образованном р. Самарой, на

стационарных пробных площадях, различающихся по характеру рельефа, почв, растительности, режиму увлажнения. Пробные площади № 13 и 16 были заложены в пойме, а пробные площади № 23а и 23б – на арене. Все они представляли собой искусственные сосновые насаждения. Отбор почвенных и растительных образцов для количественного анализа производился по общепринятым в почвоведении и биогеохимии методикам. Количественный анализ содержания Cu, Zn и Pb в компонентах лесных ландшафтов осуществляли методом атомно-адсорбционной спектроскопии и характеристического рентгеновского излучения.

Являясь одним из важнейших компонентов ландшафта, почва определяет общую биогеохимическую обстановку местности. Валовое содержание тяжелых металлов в почве, прежде всего, зависит от их наличия в почвообразующей породе, а также от техногенного регионального воздушного и водного переноса веществ [5, 9]. Для почв исследуемых сосняков характерно постепенное утяжеление механического состава (от песков на арене до суглинков в пойме), увеличение содержания гумуса и значений pH почвенного раствора. Фоновые валовые концентрации Cu, Zn, Pb для зональных почв составляют соответственно 25,0, 45,0 и 8,0 мг/кг воздушно-сухой почвы [5]. Валовое содержание Pb и Cu в корнеобитаемом слое почв всех изучаемых сосновых насаждений несколько превышает фоновое, а Zn накапливается существенно меньше фоновому уровню. Исключение составляет лишь песчаная почва возрастного сосняка на арене (пр. пл. 23а), где концентрация Cu не превышает фоновую и почва молодого сосняка (пр. пл. 23б), где содержание Pb меньше фоновое. Если сравнивать сходные сосновые насаждения в пойме и на арене (пр. пл. 16 и 23б, 13 и 23а), то можно отметить, что в почве сосняка в стадии смыкания на арене больше валовое содержание Cu, а в пойме – Zn и Pb. С увеличением возраста сосняков возрастает валовое содержание всех изучаемых элементов. В сходных по состоянию древостоев сосняках отмечается увеличение концентрации подвижных форм всех тяжелых металлов в почве при переходе от арены к пойме.

Полученные нами результаты о степени подвижности тяжелых металлов в почве не выявляют строгой зависимости между подвижностью элементов, гранулометрическим составом и гумусированностью почвы. В одинаковых лесо-

растительных условиях в сосняках различного возраста почва содержит разное количество валовых и потенциально подвижных форм тяжелых металлов.

Растительность является основным звеном в процессах круговорота веществ и энергии в биосфере, их мощным аккумулятором и трансформатором. Живое вещество, особенно растительный покров, представляет собой биогеохимический барьер, на котором концентрируются воздушные мигранты. В лесу из воздуха выводится много больше атмосферных примесей, чем на открытом месте. Листовые поверхности растений представляют собой естественные планшеты-накопители аэрозольного материала. В сосновых насаждениях не выявлена взаимозависимость между концентрацией Cu, Zn и Pb в почве (валовые и кислоторастворимые формы), с одной стороны, и концентрацией данных элементов в хвое, ветвях, стволах и корнях сосны – с другой стороны. Установлено, что концентрация Pb, Cu и, особенно, Zn в хвое сосны в насаждениях Красносамарского лесного массива не превышает, а чаще и не достигает регионального уровня [9]. В травостое сосновых насаждений повсеместно представлены чистотел большой и ландыш майский, которые использовали в качестве индикаторов фитометаллоаккумуляции. В надземной фитомассе ландыша (табл. 1) во всех искусственных сосновых насаждениях выявлена превышающая фон концентрация свинца. Концентрация Cu, за исключением сосняка в стадии изреживания на свежем суглинке в пойме (пр. пл. 13), меньше фоновой, а концентрация Zn в фитомассе ландыша, за исключением сосняка в стадии смыкания на свежаватом песке (пр. пл. 23б) – больше фоновой. Концентрация Cu и Zn в надземной фитомассе чистотела (табл. 1) во всех исследованных сосняках существенно меньше фоновой, а концентрация свинца – равна или несколько превышает фоновую. В надземной фитомассе травостоя в целом (табл. 2) наибольшая концентрация меди отмечена в сосняке в стадии смыкания на свежаватом песке на арене (пр. пл. 23б), чуть меньше в сосняке в стадии смыкания на свежем солонцеватом суглинке в притеррасной части поймы (пр. пл. 16), затем следуют сосняки в стадии изреживания на свежаватом песке на арене (пр. пл. 23а) и на свежем незасоленном суглинке в центральной части поймы (пр. пл. 13).

Таблица 1. Концентрация тяжелых металлов в фитомассе ландыша и чистотела из сосновых насаждений Красносамарского лесного массива, мг/кг сухого вещества

№ пр.пл.	Чистотел			Ландыш		
	Cu	Zn	Pb	Cu	Zn	Pb
16	11,36	41,30	2,27	20,84	26,92	2,52
13	30,89	9,99	3,06	21,64	25,31	3,06
23а	26,40	33,48	3,53	7,33	28,99	1,43
23б	24,12	2,11	1,67	10,51	22,02	1,71

Таблица 2. Концентрация тяжелых металлов в общей надземной фитомассе травостоя в сосняках Красносамарского лесного массива, мг/кг сухого вещества

№ пр.пл.	Cu	Zn	Pb
13	26,09	37,73	1,31
16	22,36	40,79	1,09
23а	25,66	41,02	1,38
23б	26,15	36,00	1,54

Содержание всех исследованных нами элементов в надземных и подземных органах сосны зависит от лесорастительных условий и возрастного состояния древостоя. Концентрация Cu, Zn и Pb в надземной фитомассе как чистотела, так и ландыша также не проявляет какой-либо связи или взаимозависимости с содержанием в почве соответствующих сосняков изучаемых тяжелых металлов. Аккумулированные надземными частями древостоя и травостоя элементы ежегодно частично возвращаются в почву в виде опада и отпада (упавшие ветви, отмершие деревья), образуя на ее поверхности лесную подстилку. В опаде и подстилке концентрация Cu, Zn и Pb максимальна в сосняке в стадии смыкания на свежем солонцеватом суглинке (пр. пл. 16), а минимальна – в сосняке в стадии изреживания на свежем незасоленном суглинке (пр. пл. 13) в пойме, что может объясняться вымыванием элементов во время весеннего таяния снега и разлива реки. Концентрация Zn в хвое, опаде и подстилке во всех исследованных сосняках существенно превышает концентрацию Cu. Прямой зависимости между концентрацией исследуемых элементов в хвое и в опаде, в опаде и подстилке не обнаруживается, что связано с различной активностью миграционных процессов в напочвенном и почвенном покрове изучаемых фитоценозов.

Выводы: разные типы фитоценозов на территории Самарской области характеризуются индивидуальными особенностями аккумуляции и миграции тяжелых металлов. Уровни содержания конкретных элементов в основных фитоценологических компонентах (почва, опад, подстилка, надземная и подземная фитомасса) существенно различаются, зависят от стадии развития растений

и обычно не проявляют прямых корреляций друг с другом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Атлас земель Самарской области. – Самара, 2002. – 101 с.
2. Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды Самарской области в 1997 году. Экологическая безопасность и устойчивое развитие Самарской области. – Вып. 7. – Самара, 1998. – 95 с.
3. Ежегодник загрязнения почв Приволжского УГКС за 1986 год (ДСП 00106). – Куйбышев, 1987. – 59 с.
4. Касимов, Н.С. Фоновая почвенно-геохимическая структура лесостепи Приволжской возвышенности / Н.С. Касимов, О.А. Самонова, Е.Н. Асеева // Почвоведение. – 1992. – № 8. – С.5-21.
5. Матвеев, Н.М. Экологические основы аккумуляции тяжелых металлов сельскохозяйственными растениями в лесостепном и степном Поволжье / Н.М. Матвеев, В.А. Павловский, Н.В. Прохорова. – Самара: Изд-во «Самарский университет», 1997. – 215 с.
6. Матвеев, Н.М. Вовлечение тяжелых металлов в основные трофические цепи в агрофитоценозах Высокого Заволжья / Н.М. Матвеев, В.Н. Матвеев, Н.В. Прохорова. – Самара: Изд-во «Самарский университет», 2008. – 144 с.
7. Основы земледелия и растениеводства / Под ред. В.С. Никляева. – М.: Агропромиздат, 1990. – 479 с.
8. Почвы Куйбышевской области / Под ред. Г.Г. Лобова. – Куйбышев: Куйбышевск. кн. изд-во, 1985. – 392 с.
9. Прохорова, Н.В. Аккумуляция тяжелых металлов дикорастущими и культурными растениями в лесостепном и степном Поволжье / Н.В. Прохорова, Н.М. Матвеев, В.А. Павловский. – Самара: Изд-во «Самарский университет», 1998. – 131 с.
10. Самонова, О.А. Радиальная структура тяжелых металлов в почвах Среднего Поволжья // Деп. в ВИНТИ 29.03.93, № 751 – В93.
11. Учватов, В.П. Биогеохимия тяжелых металлов в ландшафтах Среднего Поволжья / В.П. Учватов, А.В. Учватов // Тяжелые металлы в окружающей среде. Матер. Междунар. симпозиума. – Пушкино: ОНТИ НЦБИ, 1997. – С.145-164.

FEATURES OF HEAVY METALS ACCUMULATION IN DIFFERENT TYPES OF PHYTOCENOSSES IN TERRITORY OF SAMARA OBLAST

© 2010 N.V. Vlasova, Yu.V. Makarova, N.V. Prokhorova

Samara State University

In article the history of ecological-biogeochemical researches in territory of Samara oblast is analyzed. As an example the experimental materials about heavy metals accumulation in ingredients of woody and agricultural phytocenoses are brought.

Key words: *ecological-biogeochemical researches, heavy metals, agrophytocenoses*

*Nataliya Vlasova, Candidate of Biology, Assistant at the Department of Ecology, Botany and Nature Protection
Yuliya Makarova, Candidate of Biology, Assistant at the Department of Ecology, Botany and Nature Protection
Nataliya Prokhorova, Doctor of Biology, Professor at the Department of Ecology, Botany and Nature Protection.
E-mail: ecology@ssu.samara.ru*