



СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ

УДК 577.48

ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В ПАСТБИЩНЫХ ЦЕПЯХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ ПРИ ТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЗКЕ

© 2008. **Пенькова И.Н., Шишкунов В.М., Онистратенко Н.В.**
Волгоградский научно-исследовательский технологический институт
мясо-молочного скотоводства и переработки продукции животноводства
Россельхозакадемии

В статье приводятся результаты мониторинга содержания тяжелых металлов (ТМ) в пищевых «пастбищных» цепях сельскохозяйственных животных 4-х экологически неблагоприятных районов Волгоградской области. Определение концентрации ТМ в системе атмосфера – почва – вода – пастбищные корма – организм животного (кровь, волосяной покров) – продукт питания (молоко, мясо) – выявил превышение ПДК по Cd, Zn, Pb, Ni, Fe в воде, пастбищной траве, мышечной ткани (мясе) и молоке. Концентрация ТМ для звена животное – растение нарастает по 5 элементам (Cd, Pb, Zn, Hg и Cu).

The article contains the results of hard metals monitoring of stuffs pasture chains of agricultural animals living in 4 ecologically adverse areas of the Volgograd region. The hard metals concentration determination for system “atmosphere – soil – water – pasture seeds – animal organism (blood, hair) – food stuffs (milk, meat)” discovered an excess of the Maximum Permissible Concentration of Cd, Zn, Pb, Ni, Fe in water, pasture grass, muscular tissue (meat) and milk. The hard metals concentration in level “animal – plant” grows for 5 elements (Cd, Pb, Zn, Hg and Cu).

Сельскохозяйственные экосистемы являются основным источником производства продуктов питания животного происхождения. Последствия хозяйственной деятельности сопряжены с поступлением веществ антропогенного происхождения – ксенобиотиков в различные компоненты экосистем, их передвижением и накоплением.

Первое место среди наиболее опасных для здоровья человека токсикантов занимают тяжелые металлы (ТМ). Классическим примером подобных механизмов миграции выступает «пастбищная цепь», которая начинается пастбищными растениями при поедании их сельскохозяйственными животными. Большую роль играет загрязнение поверхности растений в результате оседания из воздуха на листья и стебли металлосодержащих частиц. В питании же человека поверхностное загрязнение ТМ не играет существенной роли, поскольку перед употреблением их очищают и моют. Иначе дело обстоит с животными, которые поедают поверхностно загрязненный подножный корм или заготовленное из него сено. В этом случае ТМ, осевшие в пыли, следует рассматривать как составную часть потока, поступающего в пищевую цепь. В связи с этим максимальные коэффициенты перехода (КП) из рациона в продукты животноводства (молоко, мясо) отличаются в пастбищный период содержания животных.



Недостаточность информации об ингибирующем воздействии загрязняющих веществ на первичную продуктивность пастбищных экосистем обусловила цель наших исследований – провести оценку накопления ТМ в пищевой цепи сельскохозяйственных животных: атмосфера – вода – почва – корма – животное – продукция (молоко, мясо). Ведь при загрязнении ТМ среды обитания существует реальная возможность попадания их в пищевые продукты, что представляет серьезную угрозу для здоровья человека [4, 5].

Содержание ТМ в природных средах, а также их миграцию по трофическим уровням (на примере пастбищной цепи) изучали в хозяйствах Городищенского, Иловлинского, Палласовского и Светлоярского районов в 2005-2006 гг., занимающих ведущее место в сельскохозяйственном потенциале Волгоградской области. Выбор районов исследований обусловлен их экологическим неблагополучием: Светлоярский, Городищенский и Иловлинский районы являются пригородными и находятся в зоне влияния крупного промышленного центра – г. Волгограда, а Палласовский район – полигона Капустин Яр [2]. Пастбища занимают значительную часть площади сельхозугодий районов: в Палласовском – 45%, Светлоярском и Городищенском – 39%. Экологическую ситуацию районов определяют такие показатели техногенной нагрузки, как выбросы вредных веществ и отходов производства (табл. 1), содержание тяжелых металлов в атмосферном воздухе г. Волгограда (табл. 2) и снеговом покрове пастбищ (табл. 3). Химические анализы проводились в аккредитованных лабораториях.

Таблица 1

Показатели техногенного воздействия (2005 г.)

Районы и города	Выбросы		Отходы		Модули (ТБО) т/км ²
	тыс. т/год	% к валовым	тыс. т/год	% к валовым	
Городищенский	3,8	1,6	325,6	8,4	6,7
Иловлинский	3,2	1,4	216,6	5,6	2,6
Палласовский	10,7	4,6	107,6	2,8	1,1
Светлоярский	0,3	0,1	22,3	0,6	3,5
г. Волжский	42,6	18,2	1409,7	36,4	448,9
г. Волгоград	86,0	36,8	–	–	409,1

Таблица 2

Уровни содержания ТМ в атмосферном воздухе г. Волгограда, мкг/м³

Металлы	Годы наблюдений		
	2003	2004	2005
Хром	0,03-0,04	0,04-0,07	0,01-0,06
Марганец	0,02-0,20	0,23-0,81	0,06-0,40
Железо	1,0-7,3	7,4-8,8	1,1-6,0
Никель	0,01-0,02	0,01-0,10	0,01-0,04
Медь	0,03-0,11	0,07-0,17	0,08-0,31
Цинк	0,07-0,41	0,1-0,4	0,08-3,9
Свинец	0,02-0,06	0,01-0,05	0,02-0,07

Таблица 3

**Содержание ТМ в снеговом покрове пастбищ районов исследования (зима
2005-2006 гг.)**

Районы	рН	Металлы, мг/л					
		Hg	As	Pb	Cd	Zn	Cu
Городищенский	6,3-7,3	0,01	0,01	0,02-0,011	0,001	0,01-0,02	0,01-0,04
Иловлинский	6,7	не/обн.	0,006	0,001-	0,001	0,004-	0,004-



				0,002		0,017	0,017
Светлоярский	6,1	не/обн.	0,01	0,005- 0,008	0,002	0,03-0,04	0,03-0,04

Следовательно, воздушный путь поступления ТМ играет существенную роль, а в качественном составе снегового покрова преобладают медь и цинк, в Светлоярском районе отмечено значительное количество свинца. Оценка опасности миграции ТМ по трофическим уровням предполагает характеристику почв как регулятора их поступления в растения.

Почва является начальным звеном пищевой цепи. В обследуемых районах почвы каштановые и светло-каштановые с высокой долей солонцов (50-70%). Отбор проб проводился общепринятыми методами на глубину 0-20 см. Результаты определения ТМ представлены в табл. 4 и не превышают установленных нормативов.

Таблица 4

Уровни содержания ТМ в почве пастбищ (2006 г.)

Районы	Металлы, мг/кг							
	Cd	Pd	Zn	Hg	As	Cu	Ni	Co
Городищенский	0,06-0,10	2,8-5,6	12,4-19,5	0,014	2,3-3,0	4,5-5,4	9,8-11,4	1,0-2,3
Иловлинский	0,02	4,1-8,2	17,1-28,2	0,01	2,1-4,2	3,9-6,3	13,9-29,2	2,1-2,7
Палласовский	0,2-0,3	8,7-9,0	44,2-53,8	0,01	3,3-3,5	15,2-16,2	24,0-25,0	3,6-4,4
Светлоярский	0,1	7,5	49,4	0,01	6,4	17,0	33,4	6,5
ПДК	0,5	10,0	50	2,1	2,0	20	50	50

Содержание ТМ в воде, используемой для водопоя сельскохозяйственных животных при выпасе на природных пастбищах, определяли в пробах, взятых из поверхностных водоемов и из скважин (табл. 5). Было установлено, что выявленные уровни содержания ТМ соответствуют существующим нормативам, за исключением кадмия (2 ПДК в Городищенском), свинца (2,7 ПДК в Палласовском), ртути (4 ПДК в Светлоярском), железа (2 ПДК в Иловлинском; 3,2 ПДК в Светлоярском). Растворимые в воде элементы, как правило, относятся к подвижным формам, обладающим выраженными транслокационными показателями и позволяют определить их количественное поступление в организм пастбищных животных с учетом суточного водопотребления.

Неравномерность распределения изучаемых элементов в почве и воде проявилась в различных уровнях их содержания в кормовых растениях. В связи с тем, что оценка поступления ТМ в организм сельскохозяйственных животных проводилась в пастбищный период, анализировался пастбищный травостой в местах интенсивного выпаса. Уровни содержания ТМ в организме сельскохозяйственных животных при выпасе на природных пастбищах (мясо, шерсть овец) и молока коров характеризуется широким диапазоном величин (табл. 7).

Максимальные уровни кадмия и свинца отмечены в мышечной ткани овец (1,6-1,8 ПДК и 1,2 ПДК) из Палласовского и Светлоярского районов. Высокая концентрация в молоке кадмия (3 ПДК), цинка (1,64 ПДК), свинца (2,4 ПДК) и никеля (1,5 ПДК) выявлена в Городищенском пригородном районе. В Светлоярском районе отмечена в молоке повышенная концентрация никеля (1,9 ПДК) и цинка (0,9 ПДК), т.е. уровень загрязненности соответствует наличию этих металлов в атмосферном воздухе и снеговом покрове.

Таблица 5

Уровни содержания ТМ в воде, используемой для водопоя сельскохозяйственных животных



в пастбищный период содержания

Районы	Водо-ис- точники	Металлы, мг/л								
		Cd	Pb	Zn	Hg	As	Cu	Ni	Co	Fe
Городищен- ский	пов.	0,001 - 0,002	0,001 -0,03	0,01- 0,02	не/об н	0,01- 0,02	0,01- 0,05	0,02- 0,03	0,002	0,21
Илов- линский	пов.	не/об н	0,003	0,01	не/об н	0,01	0,005 -	0,001 -	0,01	0,28
	подз.	не/об н	0,03	0,01	не/об н	0,01	0,006 0,02	0,005 0,01	0,01	0,60
Палла- совский	пов.	0,001	0,03	0,01	не/об н	не/об н	0,001	0,01	0,002	0,36
	подз.	0,001	0,08	0,11	<0,00 05	0,001	0,02	0,03	0,02	0,35
Светлояр- ский	пов.	не/об н	0,01	0,13	не/об н	0,001	0,01	0,01	0,001	0,24- 0,36
	подз.	0,001	0,03	0,03	0,002	0,001	0,01	0,03	-	0,17- 0,70
ПДК	-	0,001	0,03	1,0	0,000 5	0,05	1,0	0,1	0,1	0,3



Таблица 6

Уровни содержания ТМ в пастбищном травостое

Районы	Металлы, мг/кг								
	Cd	Pb	Zn	Hg	As	Cu	Ni	Co	Fe
Городищен-ский	0,01-0,14	0,05-1,10	18,7-33,5	0,01	не/обн	2,8-7,8	0,2-0,5	0,03-0,09	54,3
Иловлинский	не/обн	1,3	6,0	0,02	0,02	0,6	1,7	1,1	42,7-60,8
Палласовский	0,07-0,18	0,4-0,7	16,3-33,8	0,01	0,02	4,4-8,3	1,7-2,4	0,1	120,5
Светлоярский	0,06	0,6	25,7	0,02	0,02	5,6	3,2-7,0	0,16	27,5-158,3
ПДК	0,2	2,0	50	0,05	0,5	30	3,0	2,0	100

Таблица 7

Содержание ТМ в продуктах скотоводства

Районы и объекты исследований	Металлы, мг/кг								
	Cd	Pb	Zn	Hg	As	Cu	Ni	Co	Fe
<u>Городищенский</u> Мышечная ткань ко- ров Молоко	0,02 0,03	0,4 0,12	40,0 8,2	0,03 0,001	не/обн . 0,01	1,34 0,3	0,41 0,15	0,20 0,11	39,0 0,62
<u>Палласовский</u> Мышечная ткань овец Шерсть овец	0,09 0,08	0,6 3,1	28,2 56,5	не/обн . не/обн .	не/обн . не/обн .	2,4 5,8	0,44 6,9	0,18 1,82	20,9 189,2
<u>Светлоярский</u> Мышечная ткань ко- ров овец Молоко коров Шерсть овец	0,001 0,04 0,003 0,09	0,24 0,60 0,04 3,1	14,6 14,7 4,5 45,2	0,02 0,004 0,0005 0,0004	0,08 0,08 0,009 0,001	1,48 2,33 0,60 4,3	0,62 0,30 0,19 7,8	0,17 0,09 0,09 5,5	37,8 35,4 0,76 109,9
<u>ПДК</u> Мясо Молоко Шерсть овец	0,06 0,01 0,05	0,5 0,10 3,0	40,0 5,0 150	0,030 0,5 0,03	0,5 0,05 0,05	5,0 1,0 20,0	0,5 0,1 20,0	0,3 0,2 1,0	50,0 120,0 не норм

Данные литературы о накоплении ТМ и близких к ним по химизму элементов в пищевых цепях довольно противоречивы [1, 3, 6]. В связи с этим объективная оценка состояния биоты (в аспекте накопления экотоксикантов в организме животных), постоянно испытывающей повышенную техногенную нагрузку, является региональной проблемой практического значения. Нами предпринята попытка количественно охарактеризовать подвижность (миграцию и возможное накопление) ТМ в трофической цепи агроэкосистем. Подвижность экотоксикантов оценивали коэффициентом накопления (КН) конкретного элемента, представляющего отношение концентрации ТМ в различных звеньях пищевой цепи. Обобщенные данные по четырем изученным районам приведены в табл. 8.

Они характеризуют отдельные трофические уровни агроэкосистем (продуценты, консументы) в рассматриваемых районах области. В качестве критериев их оценки приняты звенья пищевой



цепи. В Городищенском районе для расчета КН использованы уровни содержания ТМ в мышечной ткани (1.1.) и печени коров (1.2.), в Палласовском – мышечная ткань (3.1.) и шерсть овец (3.2.), в Светлоярском – мышечная ткань коров и овец (4.1. и 4.2.) и шерсть коров и овец (4.3. и 4.4.).

Первый уровень пищевой цепи (продуценты) характеризуются широким диапазоном КН, но к элементам со стабильным показателем равным 1 относится только ртуть, к элементам (нижняя граница интервала которых больше 1) относится только цинк в Городищенском районе.

Таблица 8

Коэффициенты накопления (КН) тяжелых металлов в звеньях пищевой цепи агроэкосистем

Районы	Трофические уровни и звенья	Cd	Pb	Zn	Hg	As	Cu	Ni	Co
Городищенский	Продуценты: растения/почва	0,2-1,4	0,06-0,2	1,5-1,7	1,0	0,01	0,6-1,4	0,01	0,03-0,4
	Консументы: животные/растения	0,14-2,0	0,4-2,5	1,2-2,1 2,0-3,6	3,0 9,0		0,01-0,02	4,1 5,0	
	1.1. (мышцы)	2,0	0,4-2,5	2,0-3,6	9,0		0,01-0,02	5,0	
	1.2. (печень)	0,6-8,0	0,8-5,6				0,01-0,02		
Иловлинский	Продуценты: растения/почва	0,5-3,0	0,2-0,3	0,4-0,5	1,0	0,01	0,2-5,0	0,1-0,3	0,5-2,1
Палласовский	Продуценты: растения/почва	0,4-0,6	0,1	0,4-0,6	1,0	0,01	0,3-0,5	0,1	0,02-0,03
	Консументы: животные/растения	0,1-0,2	0,9	0,8-0,9			0,3	0,2	
	3.1.(мышцы) 3.2. (шерсть)	0,4	4,4-7,0	1,2-1,7			0,7-0,8	2,9-3,1	0,6-1,8
Светлоярский	Продуценты: растения/почва	0,5-0,6	0,01-0,1	0,36-0,52	1-2	0,003	0,2-0,3	0,05-0,1	0,01-0,02
	Консументы: животные/растения	0,02			1-2		0,26	0,2	
	4.1.(мышцы)	0,7	0,7-5,0	0,6	0,2	4	-	0,02-0,1	1,1-3,4
	4.2. (мышцы)	0,3	1-5	0,6	0,1	4	1,3	0,3	0,6
	4.3. (шерсть) 4.4. (шерсть)	1,5	1-3,8 5,2	4,4-5,1 2,0	0,0 4	4-12 0,05	0,4-0,8	0,2	2,0 8-34

Для других районов КН для этого элемента (Zn) не превышал 0,6. По кадмию, меди и кобальту отмечены КН от 1,4-5,0 (верхняя граница интервала) в Городищенском и Иловлинском районах. Наиболее низкие показатели КН для всех районов наблюдались для мышьяка (0,003-0,010 и кобальта (за исключением Иловлинского района).

На следующем уровне (животные – фитофаги) повышенные значения КН наблюдаются для большинства ТМ: ртути (3,0-9,0), никеля (4,1-5,0), кадмия (2-8), свинца и цинка (в Городищенском районе). Для Палласовского района значения КН больше 1 наблюдались по свинцу (4,4-7,0), цинку (1,2-1,7) и никелю (2,9-3,1). В «чистых» природных экосистемах (биосферный заповедник) КН выше 1 выявлен только для цинка. В Светлоярском районе КН>1 для одного вида животных наблюдался по кадмию (шерсть овец) и был меньше 1 для другого вида (шерсть коров), в то время как для свинца и цинка показатель превышал 1 (для этих видов животных, по содержанию ТМ в



волосняном покрове). Следует также отметить довольно высокие показатели КН (в этом районе) для мышьяка и кобальта.

То есть, миграция и накопление ТМ в пищевой цепи агроэкосистем характеризуется различной направленностью и интенсивностью. Так, в звене почва/растение интенсивность транслокационного показателя не всегда сопровождается возрастанием содержания ТМ в растениях ($КН > 1$), но может наблюдаться и снижение градиентов концентраций ($КН < 1$). На последующем уровне наблюдается тенденция возрастания величин КН и нарастание концентраций ТМ в организме животных (особенно в критических органах). Так, если в Городищенском районе $КН > 1$ для звена «растения/почва» идет по 3 элементам (Cd, Zn, Cu), то для звена «животные/растения» – по 5 (Cd, Pd, Zn, Hg и Cu).

Следует отметить, что кровь, молоко коров, кровь и шерсть (волосняной покров) овец, являются очень удобными для оценки содержания ТМ в организме сельскохозяйственных животных. Так как в этом случае исключается их забой.

Таким образом, на количественное накопление ТМ в продуктах скотоводства (молоко, мясо, шерсть) в пастбищный период влияет комплекс факторов: количество выбросов в атмосферу и ее загрязнение, содержание ТМ в снеговом покрове, воде и кормах рациона. Для обеспечения безопасности производимой продукции необходим регулярный мониторинг пастбищных экосистем и мероприятия, понижающие уровни содержания ТМ в природных средах. Кроме этого в условиях техногенной нагрузки, когда в качестве загрязнителей природной среды включается широкий спектр элементов, практической задачей выступает не только идентификация и оценка степени экологического неблагополучия и их профилактика, но и разработка методов, позволяющих анализировать изолированное влияние отдельных элементов, их комбинированное и комплексное воздействие.

Библиографический список

1. Давыдова С.Л. Тяжелые металлы как супертоксиканты XXI века: Учебн. Пособие / С.Л. Давыдова, В.И. Тагасов. – М.: Изд. РУДН, 2002. – 140 с.
2. Доклад о состоянии окружающей среды Волгоградской области в 2006 году. – Волгоград: Панорама, 2007. – 256 с.
3. Кабата-Пендиас А. Микроэлементы в почвах и растениях / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас, пер. с англ. – М.: Мир, 1989. – 439 с.
4. Миркин Б.М. Экология России / Б.М. Миркин, Л.Г. Наумова. – М., 1995. – 232 с.
5. Раскатов А.В. Агроэкологические аспекты транслокации тяжелых металлов в почве и растениях: Автореф. дисс. на соиск. учен. степ. канд. с.-х. наук / А.В. Раскатов. – М., 2000. – 20 с.
6. Черных Н.А. Тяжелые металлы и радионуклиды в биогеоценозах: Учебное пособие / Н.А. Черных, М.М. Овчаренко. – М.: Агроконсалт., 2002. – 200 с.

УДК 581.9

ДИНАМИКА ПРОДУКТИВНОСТИ НАДЗЕМНОЙ ЗЕЛЕННОЙ МАССЫ ЭКОСИСТЕМ С РАЗЛИЧНЫМ УРОВНЕМ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ

© 2008. Назаренко О.Г., Кумачева В.Д.
Донской государственной аграрный университет

В статье представлены результаты четырехлетних исследований продуктивности экосистем с различным уровнем антропогенной нагрузки. Установлено, что продуктивность, выраженная в величине биомассы, является информативным показателем, обеспечивающим возможность оценки не только природных условий формирования степного фитоценоза, но и уровня антропогенной нагрузки.