

ЭКОЛОГИЯ

УДК 615:599(571.15)

А.Я. Бондарев

ТОКСИКАНТЫ В ОРГАНИЗМАХ ВОЛКА И НЕКОТОРЫХ ДРУГИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

Ключевые слова: ДДТ, ГХЦГ, поллютанты, токсиканты, тяжелые металлы, кадмий, медь, ртуть, свинец, концентрации, организм, органы, ткани остаточное содержание, фоновые и сельскохозяйственные экосистемы.

В 1970-е годы для разработки принципов индикации на содержание хлорорганических пестицидов нами обследовано более 500 животных 7 видов, обитавших в различных ландшафтно-географических зонах, в том числе волки из Якутии, Алтайского края и Смоленской области [1, 2]. Методом газовой хроматографии исследованы мозг, жировые и мышечные ткани, печень, легкие, почки и другие органы с определением содержания альфа- и гамма-изомеров ГХЦГ, ДДТ и его метаболитов: ДДД и ДДЭ [3].

В Алтайском крае и Республике Алтай хлорорганические пестициды обнаружены в организмах волков, обитавших в районах с развитым животноводством и земледелием. В частности, содержание мг/кг альфа-ГХЦГ было максимальным в печени – до 0,002, а в почках, легких, мозге и мышцах обнаружены его следы; гамма-ГХЦГ в наибольших концентрациях обнаружен в почках и легких – от 0,027 до 0,050, а в мозге, сердце и мышцах – лишь следы. ДДЭ – следы в печени, мозге, сердце, а легких следы и до 0,18. У волков из высокогорного животноводческого Кош-Агачского района (Юго-Восточный Алтай) ГХЦГ обнаружен почти во всех пробах тканей и максимально на уровне 0,05 мг/кг. Концентрации ДДТ и его метаболитов были значительно выше и достигали в тканях мозга 1,4 мг/кг. Сравнительно высокими они были также в легочных и других тканях при большей частоте обнаружения в пробах тканей взрослых зверей и волчат. В районах Алтайского края с интенсивным земледелием волк обитал, как правило, в их лесной части. Там ДДТ в большинстве проб не обнаружен, а альфа- и гамма-ГХЦГ не обнаруживались или фиксировались их следы, то есть были в концентрациях менее 0,002 мг/кг.

В 2006 г. мы возобновили обследование волков и волчат на содержание в их органах и тканях хлорорганических пестицидов методом газовой хроматографии [4]. За 30 лет размещение волка существенно изменилось. Он истреблен в открытых и лесостепных местообитаниях. Пробы были собраны от волков, добытых во второй половине зимы в лесной зоне Ельцовского, Чарышского и Угловского районов. Число проб соответствует количеству органов зверей, обследованных персонально. По волчатам из одного выводка, полученного весной из Угловского района, подготовлены и исследованы усредненные пробы печени, мышечной ткани, мозга, костной ткани черепа, волоса и кориума. Концентрации пестицидов в кориуме и волосе волчат сравнивали с таковыми у полувзрослой волчицы из этого же района [5].

Сопоставление результатов, полученных в интервале через 30 лет, позволило сделать предварительные выводы, важные для природопользования, экологии и охраны окружающей среды. Во-первых, настораживает появление ДДТ и ГХЦГ в трофических цепях лесных фоновых экосистем. Во-вторых, произошло многократное увеличение загрязнения организма волка пестицидами. В итоге ДДТ и его метаболиты стали встречаться во многих органах и тканях взрослых волков и щенков. Содержание ГХЦГ и его производных также стало обычным во всех органах и тканях волка, обитающего теперь в лесных угодьях. 30 лет назад у волка из лесных районов этих пестицидов не было, а в сельскохозяйственных районах ГХЦГ встречался в печени, например, в концентрациях максимум до 0,002. Теперь максимум его значения в 100 раз больше, при среднем (0,033) в 16,5 раз больше максимального в 1970-е годы. (При дальнейших исследованиях на большем количестве проб средняя концентрация ГХЦГ оказалась больше в 7,5 раз).

Примечательно, что у волчат средние концентрации хлорорганических пестицидов значительно больше, чем у взрослых. У щенков ГХЦГ в печени больше, чем у

взрослых, в 3,6 раза, а-ГХЦГ – в 2,9, γ-ГХЦГ – в 4,4 раза; в мышцах – соответственно, больше в 3,5-3,6 раза, тогда как в волосе и кориуме различия незначительные. У волчат ДДТ в наибольших концентрациях накапливается в кориуме 3,081 мг/кг, тогда как у полувзрослой волчицы он не обнаружен, вероятно, из-за линьки и смены щенячьего волосяного покрова.

Полученные результаты побудили нас вновь вернуться к проблемам: сохранности поллютантов в экосистемах; их дрейфа из сельскохозяйственных в фоновые ландшафты; накопления дикими животными токсикантов и их вероятного влияния на организмы, а также возможности использования волка в качестве индикатора загрязнения токсикантами фоновых экосистем. Стимулом к этим исследованиям стали работы по экологической токсикологии профессора В.С. Безеля [6], который полагает, что токсический эффект отражается, в первую очередь, на плодовитости популяций. Поэтому за 56 лет исследована плодовитость волка, в результате установлено её значительное снижение в последние 17 лет [7].

Результаты исследований

У волчат из двух выводков, добытых в разные годы в лесной части Угловского района, концентрации ГХЦГ и ДДТ однопорядкового уровня, что свидетельствует о хроническом и, возможно, повсеместном загрязнении животных этими пестицидами. Так, у волчат из второго выводка концентрация ГХЦГ в печени в среднем составила $0,103 \pm 0,012$ мг/кг, а в первом в среднем – $0,119$, в мозге – $0,059 \pm 0,006$, при максимальной в шерсти (волосе) – $0,266 \pm 0,089$, что примерно в 2,5 раза выше, чем в печени. В волосе волчат из первого выводка концентрация ГХЦГ также наибольшая из всех исследованных тканей – $0,568$. ДДТ наиболее насыщена кожа – лимиты от 0,314 до 1,592. Заметим, что и в коже волчат первого выводка его концентрация наибольшая – 3,081, хотя в волосе он не обнаружен. Тяжелыми металлами наиболее насыщены волос и печень волчат, а стронция – наибольшая концентрация в

костной ткани – 5,043. Нами установлено, что по большинству органов различие концентрации токсикантов в сухих и сырых пробах незначительное, лишь в сухой мышечной ткани концентрация существенно выше (в 1,9 раза), чем в сырых пробах. Поэтому и по причине небольшого количества проб они объединены в таблице 1.

У взрослых животных остаточные количества ГХЦГ также не равномерно распределены по органам и тканям. В таблице 2 показатели приведены в логарифмированном исчислении. Наибольшие концентрации (мг/кг) ГХЦГ – в коже, сердце и волосе (шерсти): соответственно, $0,164 \pm 0,079$; $0,065 \pm 0,038$ и $0,062 \pm 0,037$. Менее существенно загрязнены гексахлораном почки, печень, селезенка и костные ткани: $0,024 \pm 0,008$; $0,015 \pm 0,006$; $0,021 \pm 0,009$ и $0,018 \pm 0,015$; наименьшие концентрации – в мозге, семенниках, жире и легких. У взрослых животных концентрации ГХЦГ в коже по отношению к волосу могут превышать в 3 раза. Остаточное содержание ДДТ с метаболитами у взрослых волков, добытых в зимний период в разных районах края, было максимальным в жире и легких – $0,045$, при существенном варьировании – ошибка средней – $0,019$ и $0,031$, в волосе – $0,032 \pm 0,018$, примерно столько же в мозге – $0,031 \pm 0,015$, затем в печени – $0,022 \pm 0,011$. В остальных органах концентрация ДДТ еще ниже. Гексахлорциклогексан у взрослых в наибольшей степени накапливается в коже ($0,164 \pm 0,079$), в шерсти – $0,062 \pm 0,037$, или почти в 3 раза меньше. Существенно меньше его в почках и селезенке ($0,024$ и $0,021$). Неожиданно высокая концентрация ГХЦГ в сердце – $0,065 \pm 0,038$, тогда как у волчат в сердце он не обнаружен. В печени у волчат ГХЦГ – $0,103 \pm 0,12$, или в среднем в 6,9 раз больше, чем у взрослых ($0,015 \pm 0,006$). В волосе (шерсти) волчат его концентрация в 4,4 раза больше, чем у взрослых. Значительно больше ГХЦГ в костной ткани у волчат в сравнении со взрослыми (соответственно, $0,136 \pm 0,05$ и $0,018 \pm 0,015$, или в 7,6 раза) и, вероятно, максимальные в мозге – в 14,7 раз.

Таблица 1

Концентрация токсикантов в органах и тканях волчат юго-запада Кулунды, мг/кг, исходные данные, по объединенным пробам (сухие и сырые)

Перечень токсикантов	Кожа			Волос			Почки	Печень		
	ср. зн.	n	ош. ср.	ср. зн.	n	ош. ср.		ср.зн.	n	ош. ср.
ГХЦГ	0,145	3	0,145	0,266	8	0,089	0,043	0,103	5	0,012
ДДТ и его метаболиты	0,953	3	0,639	0,107	8	0,060	0,124	0,078	5	0,010
Свинец				1,946	3	0,000		0,405	3	0,000
Цинк	не испл.			5,081	3	0,000		5,652	3	0,000
Медь	не испл.			2,398	3	0,000		4,942	3	0,000
Стронций	не испл.			1,629	3	0,000		0,336	3	0,000
Кадмий	не испл.			0,293	3	0,000	0,336	0,262	3	0,000

Свинец. У волчат наибольшие концентрации в волосе – 1,95, далее по убывающей – костная ткань (0,74), печень (0,41), мозг (0,34) и мышцы (0,26). У взрослых также максимум в волосе ($0,77 \pm 0,07$), далее, по убывающей – почки, легкие ($0,45 \pm 0,10$; $0,31 \pm 0,10$). В семенниках, печени, коже концентрация примерно в 2-3 раза меньше, чем в волосе, и наименьшая – в жире ($0,093 \pm 0,026$). Костная ткань на содержание свинца не исследована.

Мышьяк. У взрослых животных наибольшие концентрации, вероятно, в волосе ($0,66 \pm 0,09$), на втором месте почки и печень ($0,034 \pm 0,005$ и $0,033 \pm 0,006$). В легких, мышцах, жире, селезенке концентрации в несколько раз меньше, чем в волосе. Наименьшие концентрации в легких ($0,009 \pm 0,002$).

Ртуть. Её концентрации наибольшие в волосе – $0,060 \pm 0,015$, в почках и печени $0,047 \pm 0,007$ – $0,006$, вероятно, наименьшие концентрации в семенниках и легких.

Кадмий. Вероятно, наибольшая концентрация в семенниках – 0,354 (по двум пробам), почках – $0,062 \pm 0,009$, шерсти – $0,057 \pm 0,002$, печени – $0,038 \pm 0,008$. В остальных органах его концентрации существенно меньше, а минимальная – в сердце и легких. У волчат в органах и тканях ртуть и мышьяк не обнаружены, но концентрация кадмия в сухих пробах – от 0,182 в печени до 0,262 в мозге и шерсти и максимум в костной ткани – 0,336.

Из менее токсичных металлов отметим особенности накопления **цинка**. Его концентрации у взрослых во всех органах от 2,7 до 4,0 мг/кг, при максимальной, вероятно, в волосе и печени и ($4,028 \pm 0,14$ и $3,597 \pm 0,053$). Цинка в сравнении со свинцом в волосе, примерно в 5 раз больше, а по отношению к другим органам – многократно больше. Укажем, что у взрослых животных костная ткань на содержание тяжелых металлов не исследовалась. У волчат содержание цинка максимальное в печени (5,652), примерно столько же в шерсти (5,081), а в мышцах, мозге и костной ткани в пределах 4,367–4,868.

Медь, наибольшая концентрация этого элемента у взрослых – в печени – $2,39 \pm 0,2$, в волосе и почках – по $1,8 \pm 0,1$ и $1,2 \pm 0,2$, в селезенке, мозге, легком, сердце, мышцах и коже – примерно равные концентрации – от 0,9 до 1,7. У волчат распределение меди по органам аналогичное, при максимальной концентрации в печени – 4,942.

Подведем некоторые итоги. Наши исследования показали, что спустя десятки лет после прекращения применения ДДТ и ГХЦГ происходит их энтропия в фоновые экосистемы, где их прежде не обнаруживали и

не использовали, наблюдается многократное нарастание концентрации этих ядохимикатов в организмах волков (и других животных). Прогнозы на исключение ГХЦГ из трофических цепей не оправдались. ДДТ стал встречаться повсюду. Поэтому целесообразно продолжать выполнение требования СанПин 2.3.2.1078-01 – проводить обследования на наличие ДДТ и ГХЦГ и других хлорорганических токсикантов, компонентов биоты, и в первую очередь животных, используемых охотниками в пищу.

Тяжелые металлы накапливаются преимущественно в волосе (шерсти), в первую очередь это цинк, свинец, мышьяк и ртуть. Концентрация ртути почти во всех органах и тканях достоверно ниже, чем в волосе, лишь относительно печени различия несущественные. По кадмию достоверные различия между волосом и костной тканью. Накопление свинца наиболее значительное в волосе и достоверно отличается от других органов, аналогичное распределение и у цинка, лишь в волосе и печени их концентрация не различается. **Медь** накапливается в первую очередь в печени, там её больше в 1,3 раза, чем в волосе. Стронций в значительных количествах накапливается, вероятно, в почках, а у волчат – в костной ткани до 5,2 мг/кг (количество проб недостаточное для конкретных оценок).

У волка распределение тяжелых металлов по органам и тканям несколько отличается от аналогичного у других млекопитающих в Карелии [8]. Он отмечает, что у птиц и наземных млекопитающих тяжелые металлы аккумулируются и распределяются по органам и тканям по единым схемам – преимущественно в почках и легких, а костная ткань играет депонирующую роль. Концентрации токсикантов в волосе (шерсти) млекопитающих этот автор не приводит. Л.М. Бурлакова и др. [9, 10], Е.К. Еськов и др. [11] отмечают, что шерсть (волос) животных содержит особенно много токсичных элементов и может быть показателем экологического состояния территории. Наши исследования подтвердили эту закономерность.

Концентрация токсикантов в организмах лося. Этот зверь составляет значительную долю в рационе волка. Для уточнения возможной роли лося в трансмиссии токсикантов в организм волка приводим результаты исследований его органов и тканей.

В органах и тканях лося ГХЦГ практически отсутствует, а в почках и волосе обнаружены его минимальные дозы – 0,001. У волка этот токсикант присутствует во всех органах, в частности в почках его больше в 24 раза, а в волосе – в 67 раз. Можно предполагать, что накопление волками

ГХЦГ, вероятно, происходит не за счет поедания лосей. **ДДТ** у лося обнаружен во всех органах, наибольшие и примерно одинаковые концентрации его в жире, волосе и почках – 0,052-0,060. У волка этот токсикант имеется во всех органах, и в волосе, при тенденции к наибольшей концентрации в жире – $0,032 \pm 0,016$, что примерно в 2 раза меньше, чем у лося. **Ртуть** у лося обнаружена во всех органах за исключением волоса, при тенденции к наибольшей концентрации в почках и жире (0,027-0,031). У волка ртутью наиболее насыщены почки, шерсть и печень. **Кадмий** у лося, возможно, накапливается в наибольшей степени в почках – 1,22 (n=2), в печени – 0,51, в других органах существенно меньше. **Мышьяк**. У лося его наивысшее содержание возможно в волосе и жире (0,038-0,040), в других органах его значительно меньше. **Свинец** накапливается преимущественно в волосе и коже (0,78 и 0,12 соответственно), в остальных органах его на порядок меньше. **Цинк** наиболее обычен в волосе (51,8), почках (47,9), печени (31,6), мышцах (27,4). **Медь** у лося в максимальных концентрациях обнаружена в почках (7,7), в волосе – почти в 2 раза меньше (3,4), печени (1,8), жире и мышцах (0,64-0,85).

Значительный интерес представляет сопоставление концентраций тяжелых металлов у лося Алтайского края с другими регионами, где волк не исследован.

Приведенные сопоставления позволяют полагать, что животные Карелии и Кировской области загрязнены токсикантами в концентрациях, значительно больших, чем в Алтайском крае. К сожалению, изменения плодovitости волка в этих регионах не изучены.

Концентрация токсикантов в организмах косули. Это животное повсеместно входит в рацион волка.

Сопоставление загрязнения токсикантами лося и косули показывает, что косуля наиболее насыщена ДДТ и ГХЦГ, что закономерно, учитывая, что это животное часто поедает сельхозудобрения. Летом и осенью многие косули обычно держатся на полях подсолнуха и кукурузы, где скрываются в этих высокостебельных культурах и охотно поедают шляпки, початки и сорные растения в междурядьях. С этими кормами косули поглощают указанные ядохимикаты. Поэтому косуля, ставшая добычей волка, – наиболее вероятный «поставщик» ДДТ и ГХЦГ в организмы этого хищника.

Таблица 2

Концентрация токсикантов в органах и тканях лося, Алтайский край, мг/кг сырой массы, исходные данные

Наименование токсиканта	Наименование органов и тканей													
	почки		мышцы		печень		волос		жир		сердце	кость черепа	кожа	
	ср. зн.	n	ср. зн.	n	ср. зн.	n	ср. зн.	n	ср. зн.	n	ср. зн.	ср. зн.	ср. зн.	
ГХЦГ	0,001	2	0,000	2	0,000	4	0,001	3	0,000	3	0,000	0,000		
g-ГХЦГ	0,001	2	0,000	2	0,000	4	0,001	3	0,000	3	0,000	0,000		
ДДТ и его метаболиты	0,060	2	0,030	2	0,012	4	0,052	3	0,052	3	0,026	0,003		
ДДЕ	0,005	2	0,004	2	0,001	4	0,003	3	0,003	3	0,005	0,000		
ДДД	0,006	2	0,003	2	0,001	4	0,008	3	0,013	3	0,003	0,000		
ДДТ	0,050	2	0,024	2	0,010	4	0,042	3	0,035	3	0,018	0,003		
Ртуть	0,027	2	0,007	2	0,011	4	0,000	3	0,031	3			0,002	
Кадмий	1,220	2	0,017	2	0,508	4	0,044	3	0,233	3			0,068	
Мышьяк	0,011	2	0,014	2	0,007	4	0,040	3	0,002	3			0,038	
Свинец	0,077	2	0,066	2	0,066	4	0,780	3	0,052	3			0,118	
Цинк	47,855	2	27,445	2	31,643	4	51,837	3	16,08	3			11,29	
Медь	7,690	2	0,855	2	1,820	4	3,393	3	0,645	3			0,480	

Таблица 3

Концентрация тяжелых металлов в печени/почках лося Алтайского края, Карелии [8] и Кировской области [12]

	Cd	Pb	Cu	Zn
Алтайский край	0,51/1,22	0,07/0,08	1,8/7,7	31,6/47,9
Карелия	1,18/4,78	1,69/0,54	43,5/6,45	40,7/28,7
Кировская область	3,66/3,09	1,14/1,09		

Таблица 4

Концентрация токсикантов в органах и тканях косули, Алтайский край, мг/кг, исходные данные

Наименование токсиканта	Наименование органов и тканей																			
	кожа		шерсть		кость		жир		мышцы		мозг		почки		сердце		легкое		печень	
	Завьяловский и Угловский р-ны						Усть-Пристанский р-н		Угловский и Завьяловский р-ны		Завьяловский р-н		Угловский и Усть-Пристанский р-ны							
	ср. зн.	п	ср. зн.	п	ср. зн.	п	ср. зн.	п	ср. зн.	п	ср. зн.	п	ср. зн.	п	ср. зн.	п	ср. зн.	п	ср. зн.	п
ГХЦГ	0,023	2	0,032	2	0,154	2	0,011	3	0,032	3	0,000	0,022	2	0,027	2	0,032	2	0,017	2	
ДДТ и его метаболиты	0	2	0	2	0	2	0,066	3	0,114	3	0,000	0,018	2	0,011	2	0,005	2	0,050	2	
Ртуть									0,012	1				0,001	1	0	1	0	1	
Кадмий									0,045	1				0,066	1	0,003	1	1,218	1	
Мышьяк									0	1				0	1	0	1	0	1	
Свинец									0,004	1				0,133	1	0,011	1	0,004	1	
Цинк									110,0	1				260,0	1	18,23	1	140,0	1	
Медь									11,65	1				12,55	1	1,140	1	142,32	1	

Примечание. ГХЦГ и ДДТ – по сырым пробам, тяжелые металлы – определяли только в мышцах, по сухим пробам.

Концентрация токсикантов в зайцах.

Зайцы нередко становятся добычей волка. Исследованы два зайца (беляк и русак) из присалаирских смежных Залесовского и Заринского районов. Наибольшее содержание гексахлорана в коже и шерстном покрове – соответственно, 0,770 и 0,516 мг/кг, это в 4,6 и в 8,3 раза больше, чем у взрослого волка. У зайцев очень высокая концентрация токсиканта в костной ткани и почках и (0,230 и 0,240), тогда как в печени в 4 раза меньше. В мышечной ткани ГХЦГ не обнаружен, очень мало его в сердечной мышце – 0,04. Примечательно отсутствие ДДТ в организмах зайцев этого региона. Это интересно ещё и в связи с существенными концентрациями ДДТ в организме норки американской из Заринского района. Тяжелые металлы присутствуют в организмах зайцев. Следовательно, эти фитофаги могут быть источниками поступления ГХЦГ, ртути, кадмия, мышьяка, свинца, цинка и меди в организмы волка и других хищников.

Для оценки естественного распространения и возможных последствий применения ДДТ и ГХЦГ (и других ядовитых веществ)

полагаем целесообразным привести результаты токсикологических исследований норки американской – сеголетка, добытой в центральной части таежного Салаирского кряжа на р. Уксунай. От этого урочища до ближайших сельскохозяйственных земель Заринского и Кытмановского районов, где применялись упомянутые препараты, несколько десятков километров. Для норки – сеголетка это непреодолимое расстояние. Следовательно, в её организм попали токсиканты из таежной экосистемы. А сюда ГХЦГ и ДДТ, возможно, попали за счет переноса с полей господствующими западными ветрами.

Можно предполагать, что насыщенность токсичными веществами водных и околоводных экосистем существенно больше, чем остальных. Концентрации ГХЦГ в организме норки американской многократно больше, чем в организмах волка, в том числе в печени – в 7 раз, почках – в 3, костной ткани – в 15, волосе – в 4,6, мышцах – в 2,8 раза. ДДТ в организме норки больше, соответственно, в почке и печени – в 4,1-4,7 раза, мышцах – в 2, волосе – в 25 раз.

Таблица 5

Содержание ГХЦГ и ДДТ в организме норки американской

Наименование токсиканта	Кость	Почки	Мышцы	Печень	Шерсть (волос)
ГХЦГ	0,270	0,070	0,031	0,104	0,286
α-ГХЦГ	0,270	0,070	0,031	0,104	0,286
Я-ГХЦГ	0,000	0,000	0,000	0,000	0
γ-ГХЦГ	0,000	0,000	0,000	0,000	0
ДДТ и его метаболиты	0,905	0,420	0,127	0,397	1,57
ДДЕ	0,000	0,021	0,004	0,020	0,037
ДДД	0,273	0,131	0,042	0,117	0,561
ДДТ	0,632	0,268	0,081	0,260	0,972

Заключение

Приведенный ретроспективный анализ загрязненности диких млекопитающих показал, что спустя 30 лет после прекращения применения хлорорганических пестицидов, они не выпали из экосистем и продолжают мигрировать по ним, вероятно, в первую очередь за счет водного и воздушного переноса, а также по трофическим цепям. Поэтому теперь они стали попадать в организмы зверей, обитающих на территориях, где эти препараты не применялись. В 1970-х годах в фоновых ландшафтно-географических зонах (лесная и предгорная), где ДДТ и ГХЦГ не применяли, у волка их не обнаруживали. У волков из фоновых экосистем, исследованных в 2009-2010 гг., остаточное содержание ГХЦГ и ДДТ многократно превышает концентрации, выявленные прежде у этих животных, обитавших лишь в сельскохозяйственной зоне. Наряду с этими поллютантами в организмах диких животных из лесных экосистем присутствуют тяжелые металлы. Вероятно, за счет особенностей трофической специализации и размещения по биотопам имеются существенные различия в ассортименте и количестве токсикантов у лося, косули, зайцев и норки американской.

Библиографический список

1. Бондарев А.Я., Денисова А.В., Кишинский А.А., Ряженев Н.И. Хлорорганические пестициды в тканях некоторых диких животных // Научные основы охраны природы: сб. науч. тр. ЦЛОП МСХ СССР. – М., 1976. – Вып. IV. – С. 110-116.
2. Денисова А.В., Бондарев А.Я., Иванова О.И. Загрязненность хлорорганическими пестицидами диких животных различных экосистем // Сб. науч. тр. Всесоюз. науч.-исслед. ин-та охраны природы и заповедного дела МСХ СССР. – М., 1980. – С. 125-131.
3. Клисенко М.А., Лебедева Т.А., Юркова З.Ф. Химический анализ микроколичества ядохимикатов. – М.: Медицина, 1972. – 312 с.
4. Клисенко М.А. Методы определения микроколичеств пестицидов в продуктах пи-

тания, кормах и внешней среде. – М.: Колос, 1977. – 367 с.

5. Бондарев А.Я. О динамике концентрации пестицидов в органах и тканях волков за период с 1976 по 2006 годы // Аграрная наука – сельскому хозяйству: сб. ст. II Междунар. науч.-практ. конф. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2007. – Кн. 3. – С. 14-16.

6. Безель В.С. Экологическая токсикология: популяционный и биоценотический аспекты / под ред. Е. Л. Воробейчика. – Екатеринбург: Голицынский, 2006. – 280 с.

7. Бондарев А. Я. Волк Западной Сибири и Алтая: размещение, численность, хищничество, плодовитость // XXIX Междунар. конгресс биологов-охотоведов: сб. материалов. – М., 2009. – Ч. 1. – С. 222-223.

8. Медведев Н.В. Экоотоксикологический анализ природных популяций птиц и млекопитающих Карелии в условиях нарастающего техногенного загрязнения: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – Петрозаводск, 2004. – 48 с.

9. Бурлакова Л.М., Антонова О.И., Деев Н.Г., Морковкин Г.Г. и др. Экоотоксиканты в системе «почвы-растения-животные» (на примере отдельных зон Алтайского края). – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2001. – 236 с.

10. Бурлакова Л.М., Деев Н.Г., Морковкин Г.Г., Кузовлев С.В. Тяжелые металлы в системе «почва – растения – продукты животноводства» в центральной части Приалейской степи Алтайского края // Миграции тяжелых металлов и радионуклидов в звене: почва-растение (корм, рацион) – животные – продукты животноводства – человек: VI Всерос. науч. конф. с междунар. участием (г. Великий Новгород, 20-21 марта 2007 г.). – Великий Новгород, 2007. – С. 414-425.

11. Еськов Е.К., Кирьякулов В.М. Распространение поллютантов мигрирующими животными // Вестник охотоведения. – 2010. – № 2 (Т. 7). – С. 173-177.

12. Sergeev A., Saveljev A., Solovyev V., Orlov P., Bondarev A., Komarov I., Chtemnykh S. Is Russian game meat dangerous? A lead and cadmium case study // Beitrage zum Jagd – und Wildforschung. – 2009. – №. 34. – P. 487-504.

