

ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

УДК 577.34:636 (571.61)

Арнаутовский И.Д., к.с.-х.н., профессор; Краснощекова Т.А., д.с.-х.н., профессор, ДальГАУ
**РАДИАЦИОННЫЙ ФОН И СОДЕРЖАНИЕ РАДИОНУКЛИДОВ
И ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В БИОСФЕРЕ ЗЕЙСКО-БУРЕЙНСКОЙ
И АМУРО-ЗЕЙСКОЙ РАВНИН**

Основными загрязнителями биосферы в Амурской области по данным Главного управления природных ресурсов и охраны окружающей среды МПР России по Амурской области [11], являются промышленные предприятия, предприятия энергетики, сельского хозяйства, жилищно-коммунальные хозяйства, предприятия лесной и золотодобывающей промышленности, а также авто – и железнодорожный транспорт. За год выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух Приамурья только от стационарных источников превышают 100 тыс. тонн.

Характерными загрязнителями для сточных вод, озер и других открытых водоемов являются органические вещества, азотосодержащие соединения, фосфаты, нефтепродукты, тяжелые металлы. Ежегодно в водоемы Амурской области сбрасывается промышленных и бытовых сточных вод более 110 млн м³.

В реках и озерах области по данным Амурского экологического мониторинга отмечается превышение предельно допустимой концентрации (ПДК) цинка в 10 раз; свинца в 3 раза, меди в 4, железа в 7,2. Вместе с тем в речной воде установлен высокий дефицит йода, цинка, меди и других элементов, что по нашему мнению, объясняется низкой жесткостью воды. Вода рек горной и речной зон характеризуется малой (менее 200 мг/л) и очень малой (менее 100 мг/л) минерализацией.

В большинстве выбросов в атмосферу, в загрязненных стоках и в твердых отходах содержится значительное количество опасных для здоровья сельскохозяйственных животных и человека токсических соединений, в том числе тяжелых

металлов. Загрязнению подвергаются почти все природные среды, поэтому накопление токсикантов происходит в почве, растениях, кормах растительного и животного происхождения и в организме животных. Почва служит, пожалуй, единственным барьером на пути тяжелых металлов и радионуклидов и сдерживает их поступление в растения и сопредельные сферы.

Биологические реакции организмов на изменение геохимической обстановки проявляются в организме в форме: а) толерантности (терпимости, приспособляемости), б) мутационной изменчивости; в) эндемических заболеваний; г) уродств и гибели организмов при резком избытке или недостатке какого-либо элемента в среде [7,9,10].

В связи с возрастающими масштабами технологического воздействия на окружающую среду весьма важным является изучение в условиях Амурской области путей и интенсивности загрязнения биосферы тяжелыми металлами и радионуклидами в системе почва – растительные корма – животные – продукты животноводства в зависимости от удаленности биотопа от источников экологического загрязнения. Постоянно увеличивающиеся масштабы техногенного загрязнения обусловили необходимость и разработки методов, ускоряющих выведение из организма животных названных токсикантов, а также поиск методов снижения их концентраций в продуктах животноводства.

Методика исследований

Экологическое состояние окружающей среды на территории Амуро-Зейской

и Зейско-Буреинской равнин оценивались по показателям измерений радиационного фона, содержанию ТМ и РН в образцах почв и кормов, взятых на 47 контрольных участках сельскохозяйственных угодий 10 районов (Белогорский, Завитинский, Ивановский, Ромненский, Свободненский, Серышевский, Тамбовский, Мазановский, Благовещенский Бурейский), которые являются основными производителями сельскохозяйственной продукции в Амурской области. При этом учитывались типы наиболее распространенных в районе почв, рельеф местности и климатические особенности. Радионуклидный фон над контрольными участками измерялся прибором СРП 68-01 на поверхности почв и на уровне 1 м над ней. Образцы почв для исследований отбирались в соответствии с требованиями к отбору проб при общих и локальных загрязнениях, изложенных в ГОСТ 17.4.4.02-84, а растительных образцов – по ГОСТ 27262-87. Концентрацию солей тяжелых металлов определяли методом атомно-абсорбционной метрометрии на спектрометре «КВАНТ – АФА», мышьяк – калориметрически по ГОСТу 26930-86. Ртуть по ГОСТу 26927-86. Для радиометрического определения тяжелых радиоактивных металлов (^{90}Sr и ^{137}Cs) использовали радиометрическую и гамма-спектрометрическую аппаратуру (комплекс ПРОГРЕС).

Результаты исследований и их обсуждение

Радиационный фон и концентрация радионуклидов в почвах и снеге Зейско-Буреинской и Амуро-Зейской равнины.

Исследование радиационного фона на обследуемой территории показало, что он колеблется в среднем от 8,5 до 11,0 мкР/ч, при допустимых границах от 8,0 до 11,0 мкР/ч. Однако на отдельных отвалах Бугучанского и Райчихинского угольных разрезов, а также на ряде участков Белогорского района уровень радиации над поверхностью почв увеличивается до 20–22 мкР/ч. Это свидетельствует о тревожащей радиационной ситуа-

ции на оцениваемой территории в связи с возможным мутагенным ее воздействием на организмы животных и людей.

В исследованиях концентрации РН на территории Зейско-Буреинской и Амуро-Зейской равнин в разных типах почв выявлены достоверные ($p < 0,05$) их различия. Наибольшее содержание РН обнаружено в луго-глеевых и лугово-черноземовидных почвах Серышевского и Белогорского районов. Наименьшее содержание РН отмечено в лугово-бурых почвах. Содержание в почвах радиоактивных ^{90}Sr и ^{137}Cs на территории Зейско-Буреинской и Амуро-Зейской равнин в верхнем горизонте выше, чем в нижнем (табл. 1). Это, по-видимому, связано с их атмосферным загрязнением, в том числе и с осадками. Об этом свидетельствует повышенное содержание радионуклидов в снеге. В снеге, взятом в феврале над контрольными участками в Свободненском районе, содержание радионуклидов составило: ^{90}Sr $0,85 \pm 0,033$ Бк/л, ^{137}Cs $2,66 \pm 0,142$ Бк/л, в Белогорском ^{90}Sr $0,69 \pm 0,0161$ Бк/л, ^{137}Cs $2,27 \pm 0,102$ Бк/л и Серышевском районе ^{90}Sr $0,35 \pm 0,012$ Бк/л, ^{137}Cs $0,72 \pm 0,012$ Бк/л.

Исследования показали, что концентрация ^{90}Sr в 1 кг сухого вещества растений выше, а ^{137}Cs ниже содержания этих же элементов в почвах. Это свидетельствует о разной способности растений аккумулировать ^{90}Sr и ^{137}Cs . Накопление радионуклидов (^{90}Sr и ^{137}Cs) в естественной растительности и сельскохозяйственных культурах зависит от типа почв, на которых они произрастали. Интенсивность миграции из почвы ^{90}Sr , как правило, выше в вегетативные части растений, чем в репродуктивные, за исключением пшеницы, выращенной на лугово-глеевой почве. Напротив, ^{137}Cs больше накапливается в зерне, кроме пшеницы, произраставшей на бурой лесной почве.

Коэффициенты накопления (Кн) ^{90}Sr и ^{137}Cs разными видами и частями растений на разных почвах колеблются в значительных пределах. При этом Кн стронция, как правило, в несколько раз выше, чем цезия.

В исследованиях уровня содержания тяжелых металлов установлено, что во всех видах почв встречаются как высокотоксичные элементы (1 класса опасности) - свинец, кадмий, цинк (ГОСТ 17.4.1.02. - 83), так и менее токсичные (2 класс опасности) - медь и железо (табл. 2). Концентрация валовых и подвижных форм большинства изученных ТМ в почвах Зейско-Буреинской и Амуро-Зейской равнин не превышает предельно допустимые концентрации (ПДК), за исключением содержания подвижных форм Pb и Cu.

В исследованиях отмечено, что содержание ТМ в подпахотном горизонте почти в 1,5 раза меньше, чем в пахотном, что свидетельствует о попадании их в почву из атмосферы.

Изучение корреляционной зависимости содержания тяжелых металлов (Pb, Cd, Cu, Zn, Fe) от уровня гидролитиче-

ской кислотности почв, а также от содержания в них гумуса и физической глины, позволило установить отрицательную связь между величиной рН и концентрацией валовых и подвижных форм большинства изученных тяжелых металлов, за исключением растворимых форм меди и цинка. Выявлена прямая и порой высокая ($r = \text{от } + 0,8 \text{ до } + 0,97$) корреляционная зависимость концентрации всех изученных ТМ от содержания гумуса в почвах. К тому же связь валовой концентрации Pb и концентрации подвижной формы Fe с содержанием гумуса в почвах близка к функциональной (0,97 и 0,96 соответственно). Расчеты показали, что по уровню суммарной загрязненности почвы Зейско-Буреинской и Амуро-Зейской равнин относятся к первой категории ($Z_c < 0,16$), к категории относительного благополучия.

Таблица 1

Радиационный фон и содержание радионуклидов в верхнем и нижнем горизонтах почв

Типы почв	n	Гамма - фон, мкР/ч	⁹⁰ Sr, Бк/кг		¹³⁷ Cs, Бк/кг	
			верхний	нижний	верхний	нижний
Белогорский район						
Лугово-глеевая	9	10,67±0,106	8,13±0,080	4,73±0,040	11,67±0,043	6,77±0,053
Лугово-черноземовидная	6	11,0±0,160	7,0±0,020	4,85±0,112	10,8±0,031	6,95±0,204
Бурая лесная	6	10,0±0,001	6,2±0,001	4,55±0,348	8,85±0,001	6,7±0,561
Серышевский район						
Лугово-глеевая	18	9,33±0,091	9,4±0,039	4,42±0,189	13,3±0,122	6,35±0,271
Бурая лесная	6	9,0±0,001	6,7±0,122	5,2±0,306	9,55±0,122	7,45±0,439
Октябрьский район						
Лугово-глеевая	6	9,5±0,082	5,6±0,061	4,15±0,173	8,0±0,082	5,95±0,255
Лугово-черноземовидная	6	8,5±0,082	5,75±0,214	3,3±0,02	8,2±0,306	4,7±0,143
Лугово-бурая	9	9,33±0,066	4,57±0,200	3,83±0,040	6,5±0,226	5,57±0,060
Свободненский район						
Бурая лесная	18	8,67±0,079	5,08±0,098	3,97±0,145	7,23±0,138	5,43±0,153
Ромненский район						
Лугово-глеевая	6	9,5±0,102	3,8±0,245	3,1±0,184	5,45±0,357	4,45±0,255
Лугово-бурая	6	10,0±0,001	3,85±0,072	3,6±0,042	5,5±0,102	5,95±0,112
Бурая лесная	3	9,0±0,001	5,4±0,001	3,1±0,001	7,7±0,001	4,4±0,001
Мазановский район						
Лугово-глеевая	6	9,5±0,102	7,25±0,153	6,25±0,153	10,35±0,24	9,0±0,224
Бурая лесная	9	9,0±0,001	5,73±0,166	2,57±0,053	8,27±0,300	5,17±0,360
Среднее значение по Зейско-Буреинской и Амуро-Зейской равнинам						
Лугово-глеевая	45	9,7	6,84	4,53	9,75	6,5
Лугово-черноземовидная	12	9,75	6,68	4,08	9,5	5,83
Лугово-бурая	15	9,67	4,3	3,72	6,0	5,76
Бурая лесная	42	9,13	5,82	3,88	8,32	5,83

Содержание тяжелых металлов и радионуклидов в естественной растительности и возделываемых сельскохозяйственных культурах.

Одним из основных путей поступления токсикантов в организм животных является корм. Различные виды растений накапливают далеко неодинаковые их количества (табл.3). Концентрация изученных ТМ в естественной растительности не превышает ПДК. Это свидетельствует об экологическом благополучии территории. Обращает на себя внимание, что содержание меди и цинка в репродуктивной части (зерно) культурных растений больше, чем в их вегетативных частях (солома). А концентрация свинца, напротив, в 2-3 раза выше в вегетативных частях растений. По содержанию кадмия указанных различий не установлено.

Отмечено, что в зерне злаковых (пшеница, ячмень, овес) концентрация ТМ (Pb, Cd, Fe, As, Hg) меньше, чем в вегетативной части этих культур, за исключением пшеницы, выращенной на лугово-глеевой почве. Однако концентрация Cu и Zn в зерне этих же культур больше, чем

в соломе (кроме овса на бурой лесной почве). Наибольшее содержание ТМ обнаружено в разнотравье, произрастающем на бурых лесных почвах. Уровень содержания Pb, Cd, Cu, Zn и Fe в репродуктивной и вегетативной частях всех изученных культур растений не превышает ПДК. Это свидетельствует об их экологической чистоте.

Молоко один из важнейших продуктов животноводства. Его химический состав, по Г.Н. Вяззену с сотрудниками [12], можно считать зеркальным отражением химического загрязнения окружающей среды. Исследования показали, что молоко из хозяйств, удаленных на различные расстояния от источников загрязнения, содержит неодинаковое количество ТМ (табл. 4).

Отмечена повышенная концентрация всех ТМ в молоке коров г.Свободного. Наименьшее содержание Cd (в 2 раза меньше ПДК) в молоке из сел Источное и Сычевка, а наибольшее (1,3-3,0± раза больше ПДК) в молоке из хозяйств Белогорского района.

Таблица 2
Агрохимическая характеристика почв центральной зоны Зейско-Буреинской и Амуро-Зейской равнин

Тип почвы	рН	Гумус, %	Физ. глина, %	Тяжелые металлы и их форма, мг/кг									
				валовая					подвижная				
				Pb	Cd	Cu	Zn	Fe	Pb	Cd	Cu	Zn	Fe
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Белогорский район													
Лугово-глеевая	5,1	3,93	60,73	21,7	0,49	19,7	48,0	2045	10,5	0,17	9,3	8,4	3545
Лугово-черноземовидная	5,6	4,75	56,25	19,05	0,55	16,3	45,6	1663	9,65	0,19	9,25	8,75	3467
Бурая лесная	5,02	4,0	43,0	17,35	0,435	14,6	50,2	1626	8,5	0,85	6,65	10,2	2704
Серышевский район													
Лугово-глеевая	5,02	3,42	57,15	17,82	0,53	17,37	46,3	2009	9,47	0,14	7,68	7,52	3533
Бурая лесная	4,85	1,9	43,1	14,25	0,49	13,0	39,7	1514	6,75	0,16	4,7	6,7	1690
Октябрьский район													
Лугово-глеевая	4,85	4,65	60,95	23,55	0,585	19,1	40,6	2300	8,1	0,17	8,95	6,75	3754
Лугово-черноземовидная	5,15	5,1	64,2	21,7	0,42	16,15	61,1	1850	9,75	0,14	9,15	8,1	2494
Лугово-бурая	5,567	4,733	55,77	25,56	0,646	15,43	32,5	1666	8,9	0,27	8,23	6,63	2452
Свободненский район													
Бурая лесная	5,6	2,1	34,92	10,7	0,348	9,33	45,1	1823	6,23	0,13	4,05	4,44	1154

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Ромненский район													
Лугово-глеяевая	5,7	5,55	57,45	11,15	0,35	16,85	36,2	1898	8,65	0,15	8,35	9,0	2610
Лугово-бурая	5,5	1,9	57,7	12,9	0,265	11,8	35,7	1102	8,4	0,13	4,1	7,1	1582
Бурая лесная	6,02	5,6	49,5	21,3	0,71	17,5	39,5	2210	8,4	0,19	8,8	8,9	2929
Мазановский район													
Лугово-глеяевая	5,45	3,85	50,75	20,65	0,39	20,65	28,3	1804	9,75	0,14	7,6	6,8	3093
Бурая лесная	5,133	3,93	39,93	15,07	0,46	21,53	36,3	1634	9,9	0,12	7,77	6,9	2780
Среднее значение по районам													
Лугово-глеяевая	5,22	4,03	57,46	18,84	0,469	18,73	39,8	2011	9,29	0,15	8,38	7,69	3307
Лугово-черноземовидная	5,38	4,93	60,23	20,38	0,485	16,2	53,3	1755	9,7	0,16	9,2	8,43	2980
Лугово-бурая	5,53	3,62	56,73	19,23	0,46	13,62	34,1	1384	8,65	0,19	6,27	6,87	2017
Бурая лесная	5,32	2,93	42,09	15,73	0,489	15,21	42,2	1718	7,96	0,30	6,39	7,42	2252

Таблица 3

Влияние типа почв на содержание ТМ в основных с.-х. культурах центральной зоны Зейско-Буреинской равнины

Культура	Тяжелые металлы, мг/кг						
	Pb	Cd	Cu	Zn	Fe	As	Hg
Лугово-глеяевая							
Пшеница: зерно	0,48	0,046	7,6	46,5	49,2	0,009	0,028
солома	0,37	0,043	1,4	14,0	55,7	0,015	0,023
Ячмень: зерно	0,5	0,045	6,6	29,9	62,0	0,009	0,004
солома	0,78	0,057	1,6	11,7	97,5	0,015	0,006
Тимофеевка	1,04	0,097	2,85	14,0	13,91	0,015	0,03
Разнотравье	1,114	0,094	2,44	13,029	111,95	0,0163	0,085
Лугово-черноземовидная							
Пшеница: зерно	0,38	0,043	7,51	27,9	58,14	0,015	0,043
солома	0,52	0,039	1,16	14,0	61,05	0,019	0,047
Тимофеевка	0,93	0,061	2,95	10,11	84,77	0,008	0,06
Разнотравье	1,117	0,093	2,567	19,13	73,97	0,015	0,0783
Лугово-бурая							
Пшеница: зерно	0,37	0,055	4,1	36,4	74,8	0,015	0,006
солома	1,0	0,01	1,0	11,1	90,2	0,017	0,19
Разнотравье	1,25	0,07	2,445	10,85	82,5	0,0105	0,0593
Бурая лесная							
Пшеница: зерно	0,4	0,0475	4,65	26,75	42,1	0,015	0,0475
солома	0,85	0,066	1,32	12,0	74,25	0,018	0,026
Овес: зерно	0,42	0,06	1,91	13,2	35,2	0,006	0,024
солома	0,52	0,1	2,1	14,0	51,3	0,021	0,057
Тимофеевка	1,145	0,036	1,05	13,75	84,7	0,0255	0,1215
Разнотравье	1,483	0,0968	2,583	19,2	77,37	0,009	0,0593
ПДК	5,0	0,3	30,0	50,0	100,0	0,03	0,1

Таблица 4

Содержание ТМ в летнем молоке коров центральной части Зейско-Буреинской равнины, мг/кг

Населенные пункты	Тяжелые металлы					
	Pb	Cd	Cu	Zn	Fe	Mn
Белогорский район						
Никольское	0,22	0,09	0,23	2,12	0,93	0,068
Некрасовка	0,83	0,038	0,18	2,03	0,85	0,054
Свободненский район						
Свободный	4,72	0,15	10,10	37,40	4,60	0,90
Неточное	0,095	0,015	0,391	3,25	1,15	0,100
Сычевка	0,072	0,015	0,21	2,47	0,92	0,060
ПДК	0,10	0,030	1,0	5,00	3,00	–

Изучение концентрации наиболее токсичных тяжелых металлов в мясе крупного рогатого скота позволяет констатировать, что в южных районах Амурской области (Ива-

новском, Константиновском и Тамбовском) она ниже, чем в районах центральной агроклиматической зоны, в частности в Свободненском районе (табл. 5).

Таблица 5

Содержание свинца (Pb), кадмия (Cd), ртути (Hg) и мышьяка (As) в мясе крупного рогатого скота, мг/кг

Район	Содержание элемента			
	Pb	Cd	Hg	As
1-я категория мяса				
Ивановский	0,44±0,030	0,035±0,003	0,011±0,002	0,07±0,002
Константиновский	0,39±0,022	0,030±0,002	0,006±0,003	0,02±0,013
Тамбовский	0,44±0,025	0,035±0,003	0,011±0,001	0,07±0,004
Свободненский	0,51±0,046	0,041±0,002	0,025±0,002	0,10±0,018
В среднем	0,45	0,035	0,013	0,065
2-я категория мяса				
Ивановский	0,49±0,04	0,037±0,002	0,013±0,001	0,09±0,007
Константиновский	0,43±0,025	0,050±0,003	0,007±0,002	0,08±0,008
Тамбовский	0,46±0,03	0,037±0,0025	0,013±0,002	0,09±0,006
Свободненский	0,54±0,04	0,050±0,004	0,029±0,003	0,11±0,009
В среднем	0,48	0,044	0,031	0,093
3-я категория мяса				
Ивановский	0,51±0,04	0,041±0,004	0,017±0,001	0,11±0,0015
Константиновский	0,50±0,04	0,060±0,005	0,004±0,001	0,11±0,002
Тамбовский	0,51±0,03	0,041±0,04	0,017±0,001	0,11±0,002
Свободненский	0,61±0,04	0,062±0,003	0,035±0,001	0,13±0,002
В среднем	0,53	0,051	0,018	0,12

Содержание тяжелых металлов в мясе крупного рогатого скота зависит от упитанности животных к моменту убоя. Чем выше категория мяса, тем меньше в нем токсичных металлов.

Отмечено, что концентрации Pb, Cd, Hg, и As в мясе крупного рогатого скота

зависит прежде всего от содержания в нем белка и жира. Чем больше белка и меньше жира в мышечной ткани, тем концентрация указанных ТМ в мясе выше.

Выявленная разница концентрации ТМ в шерсти коров из хозяйств, распо-

ложенных на разном удалении от источника экологического загрязнения, позволяет говорить о возможном использовании шерсти коров как индикатора на присутствие повышенных концентраций этих химических элементов в биосфере.

Выводы

1. Радиационный фон на территории южной части Амурской - Зейской и Зейско-Буреинской равнин колеблется в пределах от 8,5 до 11,0 мкР/час, то есть на самой границе допустимого. Это свидетельствует о тревожной ситуации в связи с возможным мутагенным воздействием его на организм животных и людей.

2. По загрязненности ТМ почвы центральной части Зейско-Буреинской равнины (центральная агроклиматическая зона) следует отнести к относительно благополучным. Уровень содержания всех ТМ не превышает ПДК, хотя приближается к нему. Разные типы почв статистически достоверно ($p < 0,05$) различаются по концентрации ТМ и РН. Наибольшее содержание ТМ (Pb, Cd, Si, Zn, Fe) и РН (^{90}Sr и ^{137}Cs) отмечено в лугово-глебовых и лугово-черноземовидных почвах. Концентрация ТМ и РН в верхнем горизонте всех типов почв выше, чем в нижнем, на всей территории Зейско-Буреинской и Амурской-Зейской равнин. Это свидетельствует о воздушном загрязнении ими почв и растений.

3. Содержание ТМ (особенно высокотоксичных) в одноименных почвах разных районов Амурской области неодинаково и в значительной мере зависит от удаленности контрольных участков от источников загрязнения.

4. Концентрация Pb, Cd, Si, Zn, Fe, ^{90}Sr , ^{137}Cs в растениях, как правило, выше, чем в почвах, на которых эти культуры произрастают. Разные виды растений различаются между собой по способно-

сти аккумулировать ТМ и РН. Интенсивность миграции из почвы ^{90}Sr , как правило, выше в вегетативные части растений, чем в репродуктивные, а Cs – наоборот.

5. Концентрация ТМ в растениях пропорциональна содержанию их подвижных форм в почвах, а их содержание в последних находится в зависимости от удаленности от источников загрязнения.

6. Концентрация высокотоксичных ТМ (Pb и Cd) в молоке и мясе крупного рогатого скота тем меньше, чем дальше расположено хозяйство от источников загрязнения. Наибольшее количество свинца и кадмия обнаружено в молоке и мясе коров из г. Свободного и села Никольское, которое расположено на расстоянии всего 12 км от г. Белогорска.

7. Концентрацию ТМ в шерсти крупного рогатого скота можно использовать в качестве индикатора при определении степени загрязнения ими биосферы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Колесов, А.М. Микроэлементы и эндемические болезни животных / А.М. Колесов – М.: Колос 1968 – 5-4 с.
2. Георгиевский, В.И. Минеральное В.И. Георгиевский, Б.Н. Анненков, В.Г. Самохин. – М.: Колос, 1979 – 479 с.
3. Левина, Э.Н. Общая токсикология металлов / Э.Н. Левина. – Л.: Медицина, Ленинградское отделение, 1972. – 184 с.
4. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды в Амурской области в 2003г.» главное управление природных ресурсов и охраны окружающей среды МПР России по Амурской области. Благовещенск, 2003.
5. Ускорение выведения тяжелых металлов из организма животных / Г.Н. Вязенен [и др.]. – Великий Новгород, 1997 – 301 с.