

На правах рукописи

АНДРИАНОВА ЕКАТЕРИНА ЕВГЕНЬЕВНА

**ВЛИЯНИЕ РАДИОНУКЛИДОВ ЦЕЗИЯ И СТРОНЦИЯ НА ТОКСИКО-
КИНЕТИКУ КАДМИЯ В ОРГАНИЗМЕ ЖИВОТНЫХ**

**16.00.06 - Ветеринарная санитария, экология, зоо-
гигиена и ветеринарно-санитарная экспертиза**

АВТОРЕФЕРАТ

**диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук**

Москва - 2004

Работа выполнена во Всероссийском научно-исследовательском институте ветеринаркой санитарии, гигиены и экологии (ВНИИВСГЭ)

Ннучный руководитель:

Доктор биологических наук

Л.Л.Захарова

Официальные оппоненты:

Доктор ветеринарных наук, профессор

Т.Г.Аббасов

(ВНИИВСГЭ)

Доктор биологических наук

В.Д.Сыпин

(НПО Радон)

Ведущая организация — Московская Государственная Академия, ветеринарной медицины и биотехнологии им. К.И.Скрябина

Защита диссертации состоится "___" _____ 2004 г. в _____ часов на заседании диссертационного совета Д 006.008.01 при Всероссийском научно-исследовательском институте ветеринарной санитарии, гигиены и экологии по адресу: 123022, Москва, ул. Звенигородское шоссе, д. 5, ВНИИВСГЭ.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Всероссийского научно-исследовательского института ветеринарной санитарии, гигиены и экологии.

Автореферат разослан "___" _____ 2004 г.

Ученый секретарь

диссертационного совета

Е.С.Майстренко

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

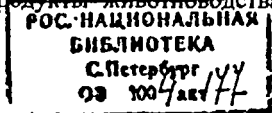
Актуальность темы. В последнее время биосфера все более загрязняется разнообразными химическими соединениями, что представляет большую опасность, как для человека, так и для животных в районах с интенсивным, сельскохозяйственным производством.

Области локализации поступающих в ландшафты загрязняющих веществ (экотоксикантов) часто пересекаются в пространстве, частично или полностью накладываясь один на другой. На практике чаще разрабатывают и реализуют программы мониторинга отдельных факторов воздействия: физических, химических, биологических. Поэтому научные исследования в основном посвящены изучению взаимного влияния представителей одного класса экотоксикантов (Алексахин Р.М., Корнеев НА, 1973, 1991; Зимаков И.Е., 1980; Захарова Л.Л., 1982; Таланов Г.А., 1991; Сироткин А.Н., Ильязов Р.Г., 2000).

Наиболее опасными элементами из упомянутых классов экотоксикантов являются радионуклиды цезия-137 и стронция-90, а также тяжелые металлы: кадмий, свинец, ртуть. Подтверждением этого являются Уральский экономический регион, который на протяжении последних лет занимает лидирующее положение по количеству суммарных выбросов в атмосферу вредных веществ, а также районы, подвергшиеся радиоактивному загрязнению после аварии на Чернобыльской атомной электростанции.

Особенно опасно суммарное воздействие экотоксикантов малой интенсивности на популяции животных и биологические объекты, их способность накапливаться и ухудшать санитарное качество животноводческой продукции, вызывать отдаленные последствия, связанные с мутагенным, эмбриотоксическим, тератогенным и иммунодепрессантным действием (Пискунов Л.И. и др., 1996; Коржавин А.В., 2002; Кашин А.С., 2003).

Получение чистой продукции животноводства в таких регионах невозможно без использования различных способов снижения поступления ТМ и РВ в организм животных. Наиболее эффективным и простым способом, предотвращающим поступление экотоксикантов в продукты животноводства, является



применение селективных или полифункциональных энтеросорбентов (Деревяго И.Б. м др., 1991; Морозова Л.Л. и др., 1994; Бударков В.Л. и др., 1996).

Обозначенный круг проблем предопределяет актуальность проведения радиоэкологических и токсикологических исследований в зонах экологического риска и открывает заманчивые перспективы в развитии нового направления, связанного с комбинированным воздействием химических загрязнителей и излучения радионуклидов на живые организмы.

Цель и задачи исследований. Определить закономерности накопления и распределения кадмия (с радиоактивной меткой кадмия-109) в организме белых крыс и провести оценку эффективности действия отдельных сорбентов на предотвращение поступления его в организм животных при длительном совместном поступлении с кормом кадмия нитрата с радионуклидами цезия-134 и стронция-90.

В задачи исследований входило:

1. Рассмотреть теоретические и применительно к определению кадмия практические вопросы возможности прямого определения из одной пробы радиоактивной метки кадмия-109 на фоне присутствия цезия-134 и стронция-90.

2. Изучить закономерности накопления, распределения и выведения кадмия в организме белых крыс при длительном его поступлении с кормом в присутствии цезия-134 и стронция-90.

3. Дать оценку эффективности применения отдельных сорбентов на предотвращение поступления с кормом в организм животных кадмия в присутствии цезия-134 и стронция-90.

Научная новизна. На основе изучения динамики накопления и распределения кадмия-109 в организме белых крыс впервые установлены общие и характерные особенности поведения кадмия в организме животных в присутствии радионуклидов цезия-134 и стронция-90 при их совместном поступлении с кормом.

Установлено, что длительное потребление с кормом кадмия совместно с цезием-134 и стронцием-90 приводит к увеличению его накопления органами

и тканями животных как по сравнению с поступлением одного кадмия, так и при его раздельном поступлении с каждым из радионуклидов.

Показано, что в условиях комбинированного воздействия экотоксикантов снижается эффективность энтеросорбентов (полисорб, цеолит), а применение цезий-избирательных сорбентов (ХЖ-90) приводит к увеличению накопления кадмия в организме животных.

Практическая ценность. Полученные данные дают представления о возможных изменениях в характере распределения и величине накопления кадмия и радионуклидов цезия-134 и стронция-90 в организме животных при комбинированном длительном воздействии экотоксикантов в концентрациях реально установленной антропогенной нагрузки.

Полученные данные могут быть использованы для обоснования максимально допустимых уровней кадмия, радионуклидов цезия и стронция в кормах, а так же в качестве основы для поиска средств и методов снижения поступления экотоксикантов в животноводческую продукцию.

Разработана методика прямого определения кадмия-109 в присутствии цезия-134 и стронция-90 в органах и тканях животных с программным обеспечением для радиоэкологических и токсикологических исследований в научных учреждениях.

Апробация. Материалы диссертации доложены и обсуждены на Заседаниях Ученого совета ВНИИВСГЭ (2001-2003 гг.), Секции радиобиологии отделения ветеринарной медицины РАСХН (2003 г.), межлабораторном совещании ВНИИВСГЭ (2004 г.)

Публикации. Результаты исследований отражены в 3 научных работах.

Структура и объем работы. Диссертация изложена на 128 страницах и состоит из введения, обзора литературы, глав собственных исследований, обсуждения результатов, выводов, практических предложений, списка литературы, включающего 124 источника отечественных и зарубежных авторов, иллюстрирована 18 таблицами, 14 графиками, 12 диаграммами и 2 рисунками.

СОБСТВЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

1. Материалы и методы

Для изучения закономерностей накопления и распределения кадмия в органах и тканях животных при комбинированном воздействии цезия-134 и стронция-90 были взяты беспородные белые крысы - самцы (210 животных). Схема опыта представлена в таблице 1.

Таблица 1.

Схема потребления в течение 90 суток кормов, загрязненных кадмием-109, цезием-134 и стронцием-90

№№ групп п/п	Вид изотопа	Кол-во изотопов, Бк на животное (мг/кг для кадмия)
1	Cd-109	200 (0,5 мг/кг)
2	Cd-109	600 (1,5 мг/кг)
3	Cd-109	2000 (5,0 мг/кг)
4	Cd-109 + Cs-134	200 (0,5 мг/кг) + 10
5	Cd-109 + Cs-134	2000 (5,0 мг/кг) + 80
6	Cd-109 + Sr-90	200 (0,5 мг/кг) + 10
7	Cd-109 + Sr-90	2000 (5,0 мг/кг) + 300
8	Cd-109 + Cs-134 + Sr-90	200 (0,5 мг/кг) + 40 + 30
9	Cd-109 + Cs-134 + Sr-90	2000 (5,0 мг/кг) + 40 + 30
10	Cd-109 + Cs-134 + Sr-90	200 (0,5 мг/кг) + 80 + 300
11	Cd-109 + Cs-134 + Sr-90	2000 (5,0 мг/кг) + 80 + 300

Крысы получали корм в течение 90 суток с различным содержанием цезия-134 и стронция-90, а также кадмия нитрат в концентрациях по элементу на максимально допустимом уровне - МДУ (0,5 мг/кг) его в кормах, а также 3 МДУ и 10 МДУ (1,5 и 5,0 мг/кг). Для цезия-134 (120-150 и 1200-1500 Бк/кг) и стронция-90 (45-50 и 450-500 Бк/кг), взятые дозы соответствовали реально существующим в зонах ВУРС и ЧАЭС, а также их нормативам в кормах.

В экспериментах по влиянию сорбентов на накопление и распределение кадмия (Таблица 2) в корм животным в течение 30 суток вводили (мг на 1 г массы крыс) цеолит (0,5) - неселективный сорбент, представляющий собой смесь алюмосиликатов (Уральского месторождения), полисорб (0,15) - медицинский полифункциональный сорбент на основе высокодисперсного кремне-

зема, ХЖ-90 (0,15) - селективный в отношении радионуклидов цезия сорбент на основе смеси ферроцианида калия-железа и бентонита (производство ВНИИВВиМ).

Таблица 2.
Схема потребления кормов, загрязненных кадмием-109, цезием -134 и стронцием -90 в присутствии различных сорбентов

Вид изотопа (концентрация ста- бильного кадмия 5,0 мг/кг)	Кол-во изо- топа (Бк на животное)	Номера групп животных и вид сор- бента			
		цеолит	полисорб	ХЖ-90	Без сор- бента
Cd-109	4000	1	5	9	13
Cd-109+Cs-134	4000 + 80	2	6	10	14
Cd-109+Sr-90	4000 + 300	3	7	11	15
Cd-109+Cs-134+Sr-90	4000+80+300	4	8	12	16

Была подвергнута детальному рассмотрению токсикокинетика кадмия в печени, почках, мышцах и кости животных, из соображения оценки поведения трех экотоксикантов, имеющих резко отличающееся сродство в отношении названных органов и тканей и проведена оценка найденных количеств по отношению к нормативным показателям СанПиН 2.3.2.1078-01.

2. Разработка методики прямого определения кадмия-109 из одной пробы в присутствии цезия-134 и стронция-90.

Определение активности кадмия-109 в присутствии цезия-134 и стронция-90 по рентгеновскому излучению в пробах биоматериала проводилось с помощью сцинтилляционного блока детектирования на основе кристалла NaI размером 50x5 мм. Детектор соединяют с многоканальным анализатором импульсов MicroNomad производства фирмы EG&G ORTEC.

За основу при обработке спектров была взята стандартная программа, в которую были внесены изменения, связанные с близкими по значению энергиями рентгеновских переходов серебра-109 в распаде кадмия-109 и бария-134 в распаде цезия-134, также проведена калибровка по эффективности излу-

чения при измерении, проб размой массы (объема) во избежание случайной неопределенности в геометрии пробы.

Для определения активности кадмия-109 измерялись и обрабатывались спектры его водных растворов (от 0,5 до 100,0 мл). По результатам этой обработки строилась методом наименьших квадратов калибровочная зависимость эффективности регистрации активности радионуклидов от массы образца.

Статистической обработкой полученных данных было показано, что масса пробы в этом интервале величин не влияет на точность определения кадмия-109, а максимальное отклонение измеренной средней активности кадмия-109 в присутствии цезия-134 не превышает 10 %.

Для контроля разработанной программы была рассмотрена возможность определения кадмия-109 в селезенки с использованием двух разных анализаторов (HpGc-детектор и кристалл NaI), а также в печени двух параллельных групп животных, потреблявших с кормом в течение 90 суток различные составы экотоксикантов (таблица 3).

Таблица 3

Определение кадмия-109 в печени крыс после 90 суток потребления с кормом экотоксикантов

Состав экотоксикантов в корме (содержание кадмия; мг/кг)	Активность кадмия-109 (Бк/кг) в печени крыс через 90 суток			Ошибка определения, %
	1	2	M±m	
Cd-109 (0,5)	12000	9829	10915 ± 543	4,9
Cd-109 (5,0)	44815	33847	39331 ± 2742	6,9
Cd-109 + Cs-134 (5,0)	54510	64022	59266 ± 2378	4,0
Cd-109 + Sr-90 (5,0)	66434	57171	61803 ± 2316	3,7
Cd-109 + Cs-134 + Sr-90 (0,5)	45992	69925	57959 ± 598	1,0
Cd-109 + Cs-134 + Sr-90 (5,0)	8975	8287	8631 ± 172	1,9

Как видно из таблицы, ошибка определения кадмия-109 в печени крыс двух параллельных групп не превышает 6,9 %, что говорит о высокой точности программы определения кадмия-109 в присутствии радионуклидов.

Сравнительный метод измерения радиоактивности кадмия-109 позволил путем сравнения с эталоном произвести пересчет величины удельной актив-

ности в Бк/кг изотопа кадмия в величину содержания его стабильного носителя в мг/кг. Было установлено, что в экспериментах по накоплению и распределению кадмия в организме крыс коэффициент пересчета составил $1,2 \times 10^4$ мг/Бк, в опытах с сорбентами — $4,6 \times 10^5$ мг/Бк.

3. Влияние цезия-134 и стронция-90 на токсикокинетку кадмия в организме белых крыс при длительном их поступлении с кормом

Проведенные исследования по накоплению и распределению кадмия в организме белых крыс показали, что при длительности эксперимента 90 суток накопление кадмия происходит в следующем убывающем порядке: почки > печень > селезенка > гонады > сердце > кость и мышцы (Таблица 4).

Таблица 4

Влияние поступления цезия-134 и стронция-90 на накопление и распределение кадмия в организме белых крыс при потреблении загрязненных кормов в течение 90 суток

Состав экотоксикантов в корме и номера групп по таблице 1	Содержание кадмия в органах и тканях (мг/кг) в зависимости от состава экотоксикантов и их количества в кормах			
	Печень	Почки	Мышцы	Кость
1. Cd-109	1,31	3,16	0,006	0,01
3. Cd-109	4,72	11,82	0,047	0,09
4. Cd-109 + Cs-134	0,93	2,30	0,001	-
5. Cd-109 + Cs-134	7,11	16,36	0,013	0,10
6. Cd-109 + Sr-90	1,74	3,19	0,013	0,03
7. Cd-109 + Sr-90	7,42	16,57	0,030	0,15
8. Cd-109 + Cs-134 + Sr-90	1,20	2,37	0,002	0,03
9. Cd-109 + Cs-134 + Sr-90	6,64	14,82	0,008	0,07
10. Cd-109 + Cs-134 + Sr-90	1,04	2,46	0,005	0,02
11. Cd-109 + Cs-134 + Sr-90	6,95	14,14	0,018	0,08

Характер распределения кадмия не претерпевает существенных изменений ни в зависимости от состава экотоксикантов, ни от их концентрации в корме, хотя в отдельных случаях наблюдались некоторые различия, касающиеся в основном таких органов как селезенка, сердце и гонады. Для печени и почек всегда соблюдалась одна и та же закономерность: почки накапливали в 2-3 раза больше кадмия, чем печень.

Величина же накопления кадмия зависит как от его вводимой дозы, с увеличением которой в корме увеличивается и его содержание в организме, так и от присутствия радионуклидов цезия-134 и стронция-90.

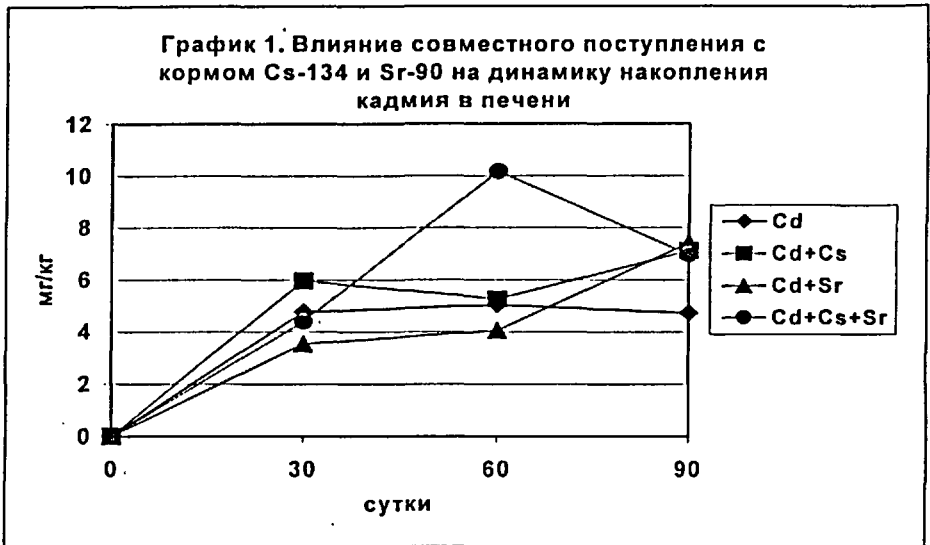
С увеличением длительности воздействия кадмия на организм животного наблюдается существенное снижение скорости его накопления, что особенно заметно для концентраций его в корме на уровне 10 МДУ. При раздельном поступлении кадмия с цезием-134 или стронцием-90 через 90 суток насыщение кадмием органов не отмечалось.

При сочетании действия кадмия и радионуклидов происходит уменьшения скорости его накопления в отдельных органах. Например, при концентрации кадмия в корме 5,0 мг/кг с 60 по 90 сутки эксперимента его содержание уменьшается в присутствии обоих радионуклидов в печени, почках, мышцах и кости, тогда как при поступлении одного кадмия такое наблюдается только в печени. Это связано как с достижением предела насыщения, так и с влиянием цезия-134 и стронция-90 на увеличение накопления кадмия в организме крыс.

Для рассмотрения изменения динамика накопления кадмия в органах и тканях крыс в различных вариантах присутствия экотоксикантов были отобраны группы животных, где присутствуют максимально взятые дозы кадмия, цезия-134 и стронция-90. Результаты для печени, почек, мышц и кости крыс представлены в графиках 1-4.

Анализ представленных данных (Графики 1-3) показывает закономерный и довольно однотипный характер динамики накопления кадмия в печени, почках и кости.

В первые 30 суток опыта (График 1) в печени накапливалось больше кадмия на 20 % в присутствии цезия-134, меньше на-13 % в присутствии стронция-90 и сравнимые количества элемента на уровне 4,75-4,79 мг/кг при суммарном поступлении радионуклидов.

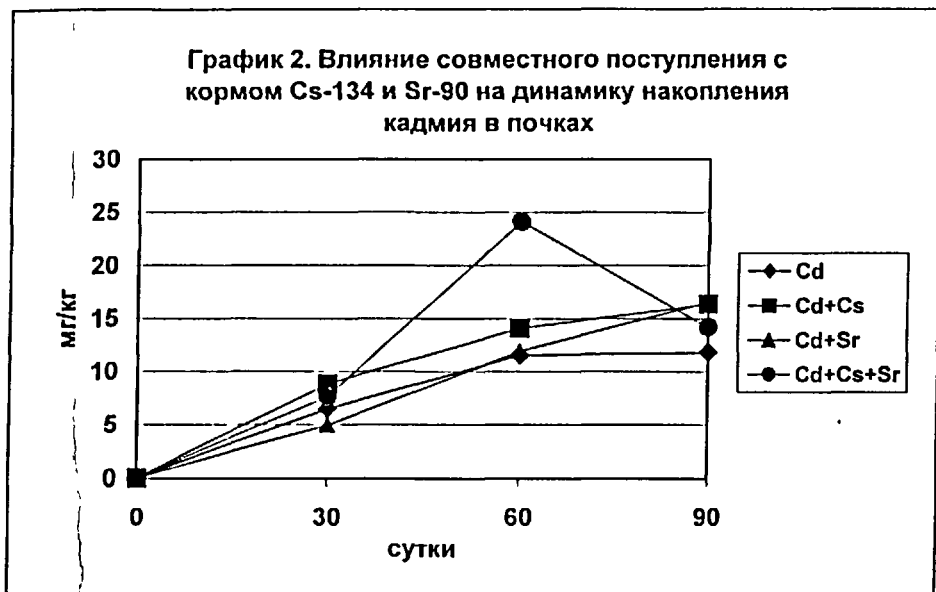


В последующие 30 суток характер поступления изменяется лишь в случае суммарного присутствия радионуклидов, что выражается в резком увеличении содержания кадмия в печени 1,5-2 раза по сравнению с другими вариантами. Однако к 90 суткам количество кадмия уменьшается и становится сравнимо с его содержанием при раздельном поступлении с цезием-134 или стронцием-90, однако все же выше в 1,5 раза, чем содержание при поступлении одного кадмия.

Длительное поступление одного кадмия с кормом даже на уровне МДУ в течение более 30 суток приводило к накоплению элемента в печени до 1,3 мг/кг, что в 4 раза превышало норматив (0,3 мг/кг). В присутствии радионуклидов в печени кадмий обнаруживался уже в пределах 4-7 мг/кг, что составляло превышение нормы в 15-23 раза.

Более ощутимо сказывалось влияние радионуклидов на накопление кадмия в почках (График 2). В первые 30 суток в почках содержалось больше кадмия на 24 % в присутствии цезия-134, на 15 % при обоих радионуклидах и меньше на 24 % в присутствии стронция-90. К 60 суткам также как и в печени, резко возрастает количество кадмия в почках до 23-24 мг/кг при совместном

поступлении радионуклидов. К 90 суткам накопление кадмия почками хотя и снижалось до 14-15 мг/кг, но оставалось на 17-29 % больше, чем при поступлении одного кадмия, и превышало норму в 15 раз.



При рассмотрении Графика 3, отражающего влияние цезия-134 и стронция-90 на накопление кадмия в кости, можно также отметить увеличение накопления его костью во все сроки наблюдения по сравнению с поступлением только одного кадмия. При этом стронций-90 увеличивал поступление кадмия в 1,3-2 раза, тогда как цезий-134 - в 1,3-1,5 раза.

При совместном поступлении радионуклидов, если через 30 и 90 суток и происходит уменьшения накопления кадмия в кости по сравнению с поступлением одного кадмия, то к 60 суткам резко возрастает в 3 раза.

Общие тенденции, отмеченные в токенкокинетики кадмия в печени, почках и кости, отличаются от его поведения в мышцах (График 4).

Кадмий, имея смешанный тип распределения, не может конкурировать с цезием в отношении мышц, поэтому его содержание в них в присутствии цезия-134 па протяжении опыта уменьшается.

График 3. Влияние совместного поступления с кормом Cs-134 и Sr-90 на динамику накопления кадмия в кости

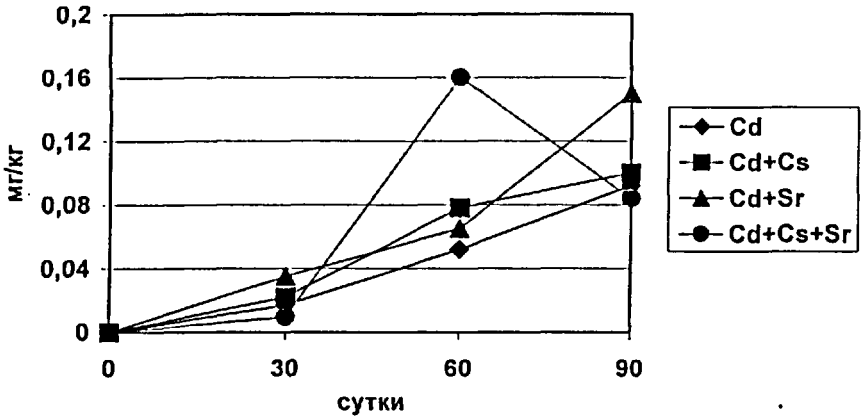
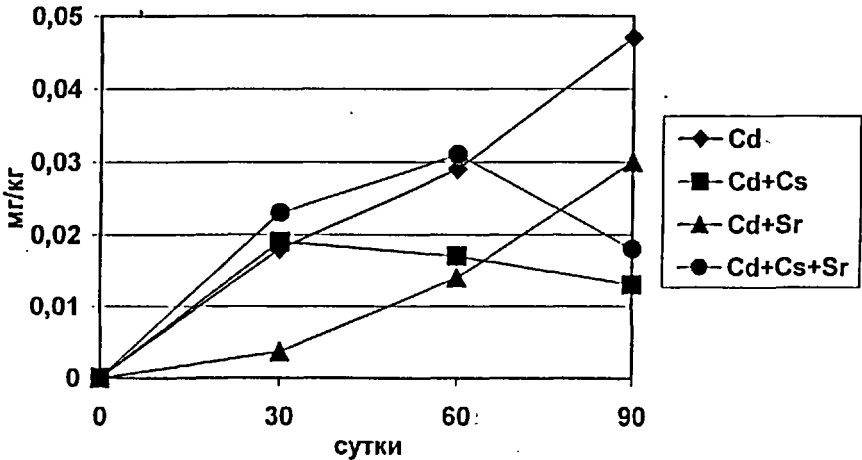


График 4. Влияние совместного поступления с кормом Cs-134 и Sr-90 на динамику накопления кадмия в мышцах



Для сфонция-90 ме характерно накапливаться в мышцах, поэтому с увеличением времени потребления радионуклида содержание кадмия возрастает постоянно. Однако к 90 суткам кадмия накапливается все равно меньше в 1,5-4 раза по сравнению с поступлением только одного кадмия.

Следует огметить, что содержание кадмия в мышцах всегда находилось в допустимых пределах даже при его содержании в корме 10 МДУ, однако к 90 суткам при поступлении только одного кадмия достигала критического значения 0,05 мг/кг.

Для других органов, например, для селезенки и гонад, тенденция к влиянию присутствия экотоксикантов на накопление кадмия также прослеживается в первые 30-60 суток потребления загрязненных кормов.

К 90 суткам опыта количества элемента в органах стабилизируется и колеблется при концетрации кадмия в корме на уровне МДУ в интервале, соответственно для селезенки и гонад 0,13-0,14 мг/кг и 0,031-0,084 мг/кг, а при 10 МДУ - в интервалах 0,81-0,91 мг/кг и 0,22-0,23 мг/кг.

В результате проведенных исследований установлено, что длительное потребление с кормом кадмия даже на уровне МДУ совместно с радионуклидами, приводит к увеличению его накопления органами и тканями животных как по сравнению с поступлением одного кадмия, так и при его раздельном поступлении с каждым из радионуклидов с превышением установленных нормативов. Поэтому нормирование кадмия, радионуклидов цезия-137 и стронция-90 в кормах, установленных в настоящее время в пределах соответственно 0,3-0,5 мг/кг, 60-600 Бк/кг и 50-200 Бк/кг, в условиях комбинированного загрязнения окружающей среды экотоксикантами не может в полной мере обеспечить санитарное качество животноводческой продукции.

4. Эффективность действия цеолита, полиеорба и ХЖ-90 на предотвращение поступления кадмия в присутствии радионуклидов

Эксперименты по влияние сорбентов на динамику накопление и распределение кадмия в организме белых крыс (после потребления корма в течение 30 суток при раздельном или суммарном загрязнении радионуклидами) пока-

зали, что вывести кадмий из организма животных даже с помощью сорбентов очень сложно.

Выведение кадмия. Как видно из полученных данных (таблица 5) использование цеолита, хотя и снижает аккумуляцию элемента в печени, но все же концентрация его превышает установленные гигиенические требования безопасности пищевых продуктов в 2,4 раза.

Таблица 5

Влияние сорбентов на накопление и распределение кадмия в организме белых крыс при его поступлении с кормом

Органы и ткани	Содержание кадмия в зависимости от вида потребляемого сорбента, мг/кг			
	Без сорбента	Цеолит	Полисорб	ХЖ-90
Мышцы	0,01	0,005	0,01	0,007
Печень	1,06	0,71	1,01	0,83
Почки	2,12	2,21	2,99	1,43
Кость	0,04	0,02	0,035	0,02

При использовании ХЖ-90 и полисорба превышение норм составило, соответственно в 2,8 и 3,4 раза (норма 0,3 мг/кг).

Для выведения кадмия из почек наиболее эффективным оказался сорбент ХЖ-90, при использовании которого в почках депонировалось 1,43 мг/кг кадмия. Цеолит и полисорб несколько увеличивали накопление кадмия в почках до 2,21-2,99 мг/кг по сравнению с контрольной группой (2,12 мг/кг), что связано с выводящей ролью почек и недостатком потребляемых количеств сорбентов при содержании кадмия в корме на уровне 10 МДУ.

Таким образом, ни один из сорбентов не обеспечил достижения допустимых норм, установленными для почек на уровне 1,0 мг/кг, и превышение содержания кадмия составило в 1,4-3 раза.

В мышцах основное выведение кадмия происходит с помощью цеолита до 0,005 мг/кг и сорбента ХЖ-90 до 0,007 мг/кг, что было ниже гигиенических требований безопасности (0,05 мг/кг).

В отношении других органов и тканей следует отметить большую эффективность сорбента ХЖ-90, который предотвращает поступление кадмия в 2-3 раза в кость и топады по сравнению с контролем.

Проведя сравнительную оценку действия двух сорбентов - цеолита и ХЖ-90, можно сделать заключение о сравнительно одинаковом их действии в отношении кадмия, так как они имеют некоторое сходство в механизме связывания экотоксиканта, вследствие того, что в составе ХЖ-90 находится бентонит, представляющий разновидность цеолита.

Полисорб обладает аналогичным и примерно равновеликим действием наравне с цеолитом и ХЖ-90 в отношении присутствия в корме одного кадмия, уменьшая его поступление в мышцы, печень и сердце в 1,6-2 раза, гонады — в 3 раза, однако для почек и кости — не более чем на 5-10 %.

Выведение кадмия в присутствии цезин-134 или стропцин-90. У опытных групп, получавших кадмий совместно с цезием-134, характер накопления кадмия органами и тканями крыс существенно меняется (таблица 6).

Таблица 6

Влияние сорбентов на накопление и распределение кадмия в организме белых крыс при его раздельном поступлении с цезием-134 или стронцием-90

Органы и ткани	Содержание кадмия в зависимости от вида потребляемого сорбента, мг/кг			
	Без сорбента	Цеолит	Полисорб	ХЖ-90
Cd-109 + Cs-134				
Мышцы	0,004	0,009	0,002	0,007
Печень	0,74	0,74	0,64	0,97
Почки	2,07	1,70	2,16	2,90
Кость	0,02	0,02	0,02	0,03
Cd-109 + Sr-90				
Мышцы	0,008	0,004	0,004	0,002
Печень	0,83	0,51	0,40	0,46
Почки	1,61	1,38	1,54	1,38
Кость	0,018	0,017	0,016	0,006

При использовании цеолита и ХЖ-90 происходит увеличение накопления кадмия в организме животных, вследствие как конкурирующего действия цезия-134 по отношению к сорбенту, так и установленного влияния его присутствия в кормах на увеличение накопления кадмия в организме животных. Особенно это заметно для ХЖ-90, являющегося селективным сорбентом в отношении радионуклидов цезия, и поэтому не в достаточно необходимой степени адсорбирующим ионы кадмия. Так, например, если при использовании цеолита, в печени, почках или селезенке отложилось соответственно 0,74, 1,7 и 0,12 мг/кг кадмия, то при использовании ХЖ-90 - 0,97, 2,9 и 0,2 мг/кг.

Следует отметить, что ХЖ-90 уменьшает поступление цезия-134 в организм крыс в среднем на 30-35% в основном не за счет входящего в его состав бентонита, а за счет ферроцианида калия-железа, поэтому сорбенты цеолит и полисорб практически не эффективны в отношении цезия-134, понижая его содержание, не более чем на 10%.

В отличие от установленного конкурирующего (в отношении присутствия сорбентов) влияния цезия-134 на характер накопления кадмия-109, стронций-90 не оказывает подобного действия.

Выявлено, что два сорбента обладают достаточно высокими сравнительно одинаковыми сорбционными свойствами в отношении кадмия, уменьшая поступление элемента в присутствии стронция-90 во все органы и ткани в 1,5-3 раза. Например, если в группе животных, потреблявших экотоксиканты без сорбента, в мышцах, печени и кости содержалось соответственно 0,008, 0,83 и 0,02 мг/кг кадмия, то при использовании сорбента ХЖ-90 в этих органах и тканях остается всего 0,002, 0,46 и 0,006 мг/кг.

Так как стронций-90 накапливается в основном в костной ткани, то действие сорбентов в отношении его можно сравнить только по изменению его концентрации в костях. Сорбенты цеолит, полисорб и ХЖ-90 уменьшают его поступление в костную ткань сравнительно одинаково - на 50-56 %.

Анализ влияния сорбентов на накопление и распределение кадмия в присутствии стронция-90 показал, что, несмотря на снижение поступления

кадмия в печень и почки крыс по сравнению с контролем в 1,5-2 раза, установлено превышение норм в них в 1,3-1,7 раза.

При совместном поступлении кадмия и цезия-134 или стронция-90 полисорб оказывает лучшее действие по сравнению с другими сорбентами в отношении мышц и печени, уменьшая поступления в них кадмия в 2 раза в присутствия стронция-90, а в присутствии цезия-134 это не характерно в отношении печени. Для остальных органов не обнаружено отличия в эффективности действия по сравнению с цеолитом или ХЖ-90.

Выведении кадмия при совместном присутствии радионуклидов цезия и стронция. При совместном поступлении трех элементов наблюдалось также уменьшение поступления кадмия в органы и ткани крыс в присутствии и цеолита и ХЖ-90. Полисорб уменьшал поступление кадмия менее эффективно, чем другие примененные для этой цели сорбенты (таблица 7).

Таблица 7

Влияние сорбентов на накопление и распределение кадмия в организме белых крыс при его совместном поступлении с цезием-134 и стронцием-90

Органы и ткани	Содержание кадмия в зависимости от вида потребляемого сорбента, мг/кг				
	Без сорбента	Цеолит	Полисорб	ХЖ-90	Выведение
Мышцы	0,010	0,003	0,004	0,007	0,002
Печень	1,47	0,70	0,90	0,90	0,69
Почки	2,16	2,08	1,47	2,62	1,82
Кость	0,05	0,02	0,03	0,02	0,02

Применение изученных сорбентов оказалось достаточно эффективным способом снижения содержания кадмия в печени крыс при всех сочетаниях поступления с кормом трех экотоксикантов по сравнению с поступлением одного кадмия без сорбента, однако остаточные количества кадмия в печени превышают нормы в 2-3 раза.

Поведение сорбента ХЖ-90 вполне закономерно, вследствие его селективности в отношении цезия-134, что приводит к превышению содержания кадмия в почках, как в присутствии одного цезия-134, так и одновременно

трех экотоксикантов. Установленный эффект отсутствует в случае совместного потребления кадмия со стронцием-90. Это говорит о том, что при данной загрязненности кормов, существующей в реальной ситуации, количество сорбента в рекомендуемых дозах не всегда достаточно для снижения поступления смеси экооксикантов, а селективные сорбенты менее эффективны в условиях суммарного загрязнения.

Положительного эффекта в снижении накопления кадмия почками животных в 1,5-2 раза можно ожидать только в случае применения цеолита. Действие сорбентов иолисорба и ХЖ-90 очень противоречиво и зависит от состава экотоксикантов, поступающих с кормом наравне с кадмием.

Для сравнения эффективности действия сорбентов был проведен эксперимент по естественному выведению кадмия из организма крыс в течение 30 суток после прекращения скармливания животным кормов, одновременно загрязненных кадмием, цезием-134 и стронцием-90. Результаты представлены в таблице 7 графой "Выведение".

Как показывают проведенные исследования, естественное выведение кадмия в течение 30 суток сравнимо с действием сорбентов в отношении уменьшения накопления элемента в печени, селезенке и кости животных. Однако для мышц, сердца и гонад простая передержка животных на чистых кормах оказывается более эффективной по сравнению с применением сорбентов на протяжении одного и того же срока.

При этом за 30 суток потребления чистых кормов произошло снижение кадмия в мышцах, печени, почках, селезенке и костях, соответственно на 80%, 53%, 16%, 33% и 60%, и только в почках оно увеличивалось на 21%.

Так как в реальных условиях антропогенного загрязнения окружающей среды в кормах сельскохозяйственных животных могут содержаться различные виды загрязнителей, то при использовании сорбентов для снижения загрязнения продукции животноводства необходимо учитывать весь спектр экотоксикантов для каждого отдельного региона.

Особенно это имеет значение при применении селективных сорбентов,

как это было показано, нашими исследованиями в отношении использования сорбента ХЖ-90. Неселективные сорбенты, такие как цеолит или полисорб могут оказаться также менее эффективными в рекомендованных количествах в условиях комбинированного загрязнения окружающей среды различными классами экотоксикантов.

ВЫВОДЫ

1. Впервые изучена токсикокинетика кадмия (по радиоактивной метке кадмия-109) в организме белых крыс в присутствии радионуклидов цезия-134 и стронция-90 при хроническом потреблении кормов, загрязненных экотоксикантами. В результате проведенных исследований выявлено конкурирующее влияние цезия-134 и стронция-90 на накопление и распределение кадмия в органах и тканях животных.

2. Теоретически доказана практическая возможность прямого определения из одной пробы кадмия-109 на фоне присутствия цезия-134 и стронция-90. Разработанная методика позволила провести исследования по определению кадмия в органах и тканях крыс по радиоактивной метке с ошибкой определения 2-8 % без привлечения других методов анализа стабильного кадмия.

3. Экспериментально установлено, что хроническое поступление кадмия с кормом на уровне МДУ (0,5 мг/кг) в течение более 30 суток приводит к накоплению элемента в почках до 2,5 мг/кг и печени до 1,4 мг/кг, что в 2,5-4,5 раза превышает норматив СанПин 2.3.2.1078-01. В мышцах содержание кадмия находилось в допустимых пределах даже при его содержании в корме 10 МДУ, однако к 90 суткам достигала критического значения 0,047 мг/кг.

4. Изучены закономерности поведения кадмия при совместном присутствии с цезием-134 или стронцием-90 в органах и тканях белых крыс, получавших вместе с кормом 0,5 мг/кг (МДУ) и 5,0 мг/кг (10 МДУ) кадмия в течение 90 суток. Установлено, что:

- при содержании кадмия в корме на уровне МДУ и радионуклидов цезия-134 150 Бк/кг или стронция-90 50 Бк/кг присутствие цезия-134 уменьшает накопление кадмия в печени, селезенке, гонадах, мышцах и кости и увеличи-

вает в почках; стронций-90 увеличивает поступление кадмия во все органы и ткани в среднем на 13-28 % (в почках 40-54 %);

- с увеличением концентрации кадмия в корме до 10 МДУ и радионуклидов цезия-134 до 1500 Бк/кг или стронция-90 до 500 Бк/кг в течение первых 30 - 60 суток опыта основное влияние на накопление кадмия оказывает цезий-134, увеличивая его поступление в печень на 22-27 % и почки на 5-20 %, влияние стронция-90 не имеет четкой закономерности; к концу хронического опыта оба радионуклида увеличивают в 1,5-2 раза накопление кадмия в печени и почках, для остальных органов и тканей влияние стронция-90 проявляется в 2-4 раза сильнее по сравнению с влиянием цезия-134.

5. Экспериментально установлено, что хроническое потребление с кормом кадмия совместно с цезием-134 и стронцием-90 приводит к увеличению его накопления органами и тканями животных как по сравнению с поступлением одного кадмия, так и при его раздельном поступлении с каждым из радионуклидов.

6. Увеличение содержания цезия-134 в 2 раза и стронция-90 в 10 раз при концентрации кадмия в корме 0,5 мг/кг приводит к повышению накопления кадмия в печени в 1,5 раза через 30 суток опыта; через 60 суток при концентрации кадмия 5,0 мг/кг - в печени в 1,5 раза и костной ткани в 2 раза, при этом наличие радионуклидов не сказывалось на его накоплении в мышцах.

7. Изучена возможность применения сорбентов цеолита, полисорба и ХЖ-90 для предотвращения поступления кадмия в организм белых крыс при его совместном поступлении с радионуклидами цезия и стронция. Показано, что в условиях комбинированного воздействия экотоксикантов снижается эффективность энтеросорбентов, используемых в рекомендованных количествах, а применение ХЖ-90, являющегося цезий-избирательным сорбентом, может привести к увеличению накопления кадмия в организме животных.

8. Снижение поступления кадмия в организме животных при применении сорбентов в течение 30 суток в дозах для ХЖ-90, цеолита и полисорба, соответственно 0,15, **0,5** и **0,15** мг на 1 г массы крыс, составляло 5-60 % в за-

внешности от вида органа и ткани, присутствия экотоксикантов и их количеств, и было сравнимо с естественным выведением элемента (эффективность 16-80 %) за этот же период. При этом остаточные количества кадмия в печени и почках превышали показатели Сан ПиН 2.3.2.1078-01 в 1,3-3,4 раза.

ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРЕДЛОЖЕНИЯ

1. Методика определения кадмия по радиоактивной метке кадмия-109 в присутствии цезия-134 и стронция-90 путем прямой радиометрии проб биоматериала для радиоэкологических и токсикологических исследований поведения тяжелых металлов и радионуклидов в организме животных (2004 г.).

2. Полученные данные могут быть использованы для обоснования максимально допустимых уровней кадмия, радионуклидов цезия и стронция в кормах, а так же в качестве основы для поиска средств и методов снижения поступления экотоксикантов в животноводческую продукцию и будут учтены при разработке методических рекомендаций.

Список опубликованных работ

1. Андрианова Е.Е. Оценка методов определения кадмия в биологических средах при токсикологических исследованиях. Проблемы ветеринарной санитарии и экологии (Сборник научных трудов, т.113), М.-2002, с.11.

2. Андрианова Е.Е., Куленченко И.С. Хроническое поступление кадмия в организм белых крыс и его влияние на содержание цинка. Проблемы ветеринарной санитарии и экологии (Сборник научных трудов, т.113), М.-2002, с. 17-23.

3. Андрианова Е.Е. Влияние сорбентов на накопление и распределение кадмия-109 в организме животных при совместном поступлении с цезием-134 и стронцием-90. Проблемы ветеринарной санитарии и экологии (Сборник научных трудов, т.115), М.-2003, с. 142-148.

K

€-4411