



**Использование берлинской
лазури для снижения уровня
загрязнения радиоактивным
цезием молока и мяса,
производимых на
территориях, пострадавших
от Чернобыльской аварии**

Проект ООН E 11



INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY

IAEA

Секция, в которой подготовлен этот документ —
Лаборатория сельского хозяйства и биотехнологии ФАО/МАГАТЭ
Лаборатории Агентства
Международное агентство по атомной энергии
Wagramerstrasse 5
P.O. Box 100
A-1400 Vienna, Austria

МАГАТЭ обычно не хранит доклады этой серии. Однако микрофильмы этих докладов можно получить в

INIS Clearinghouse
International Atomic Energy Agency
Wagramerstrasse 5
P.O. Box 100
A-1400 Vienna, Austria

Заказы следует сопровождать предоплатой 100 австр. шилл. в форме чека или в форме купонов службы микрофильмирования, которые можно заказать отдельно в депозитарно-распределительном центре ИНИС (INIS Clearinghouse).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕРЛИНСКОЙ ЛАЗУРИ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ УРОВНЯ
ЗАГРЯЗНЕНИЯ РАДИОАКТИВНЫМ ЦЕЗИЕМ МОЛОКА И МЯСА,
ПРОИЗВОДИМЫХ НА ТЕРРИТОРИЯХ, ПОСТРАДАВШИХ ОТ
ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АВАРИИ

МАГАТЭ, ВЕНА, 1997
IAEA-TECDOC-926/R
ISSN 1011-4289

© IAEA, 1997

Напечатано МАГАТЭ в Австрии
Март 1997

ПРЕДИСЛОВИЕ

Авария на Чернобыльской атомной электростанции в 1986 году привела к загрязнению больших площадей сельскохозяйственных угодий и лесов в Северной Европе, но особенно в Беларуси, Российской Федерации и Украине. Особое значение с радиологической точки зрения имеют сейчас ^{137}Cs и ^{90}Sr , которые мигрируют по пищевой цепочке "почва-растения-животное" и накапливаются в мясе и молоке, потребляемом населением, проживающим в этих подвергшихся загрязнению районах.

Проведение определенных агрономелиоративных мероприятий и принятие организационных мер позволило добиться для большей части произведенного молока и мяса соблюдения временных допустимых уровней (ВДУ) для радионуклидов, принятых различными государствами. Наиболее надежным и широко используемым методом снижения загрязнения животноводческих продуктов после того, как произошло загрязнение земной поверхности радионуклидами, является кормление скота незагрязненным фуражом или фуражом с низким содержанием радионуклидов. Это достигается посредством принятия разнообразных мер, включающих в себя: ограждение загрязненных участков угодий, что препятствует доступу на них скота; перевод скота на стойловое содержание и кормление его закупленными "чистыми" кормами и фуражом; улучшение доступа к вновь засеянным пастбищам и исключение фуража, собираемого с природных и неулучшенных лугов; применение калиевых удобрений и извести в целях уменьшения поглощения радионуклидов сельскохозяйственными культурами; и замену загрязненных подножных кормов кукурузой и другими злаками, силосом, кормовой свеклой и сеном, выращенными на культивируемых землях. Эти меры, хотя они и чрезвычайно дорогостоящи, все же обеспечивают высокоэффективное снижение уровней радионуклидов в мясе и молоке, производимом государственными и коллективными хозяйствами. Однако использованию этих контрмер многочисленными мелкими фермерами стран СНГ препятствуют их дороговизна, повышенная интенсивность переноса радиоцезия из почвы в растения, а также невозможность применения каких-либо агрономических контрмер на таких широко используемых пастбищных лугах, как луга, расположенные на лесных вырубках или в болотистых местностях. Там, где оказалось невозможным использовать "традиционные" контрмеры и где загрязнение ^{137}Cs и ^{90}Sr было сочтено слишком высоким, было проведено отселение целых сообществ (хуторов, деревень, городков) в "чистые" районы; это оказало сильное негативное социально-психологическое воздействие на жизнь населения.

Однако считалось возможным снизить содержание радиоактивного цезия в молоке и мясе путем простого введения в организм домашних животных веществ, связывающих радиоактивный цезий в желудочно-кишечном тракте и тем самым снижающих его поглощение и повышающих выведение с фекалиями. Ряд гексацианоферратов железа, обладающих подобными связующими свойствами, получил название берлинской лазури. При поступлении в желудочно-кишечный тракт они медленно растворяются, переходя в растворимую коллоидальную форму и реагируя с поступающим с продуктами питания радиоактивным цезием с образованием комплекса, который не может проникнуть сквозь биологические мембраны.

В рамках совместного проекта, осуществленного МАГАТЭ, ФАО, Сельскохозяйственным университетом и Институтом радиационной гигиены Норвегии, Университетом Куинс в Белфасте, Северной Ирландия, Украинским научно-исследовательским институтом сельскохозяйственной радиологии (Киев), Беларусским отделением Всесоюзного института сельскохозяйственной радиологии (Гомель), Российским институтом сельскохозяйственной радиологии и радиэкологии (Обнинск) и соответствующими министерствами сельского хозяйства и продовольствия, а также по делам Чернобыля в период с 1990 по 1995 год, были проведены исследования по оценке использования соединений берлинской лазури (в виде капсул, солевых лизунцов или путем прямого добавления к рациону) в целях уменьшения содержания радиоактивного цезия в молоке и мясе крупного рогатого скота, а также для изучения влияния навоза животных, получавших эти соединения, на перенос радиоактивного цезия из почвы к растениям. В связи с этими исследованиями были проведены работы по контролю возможного влияния введения берлинской лазури на состав молока и мяса, а также на физиологическое состояние скота. Были также изучены возможные токсикологические

последствия кормления крыс молоком и мясом животных, получавших берлинскую лазурь.

В настоящем докладе подытожены результаты лабораторных исследований и полевых испытаний, проведенных в СНГ. Однако по существу он представляет собой результат шестилетней совместной деятельности более чем ста научных и технических сотрудников семи стран. Доклад состоит из десяти разделов, в которых сделана попытка изложить на относительно небольшом числе страниц огромный объем собранных данных; наибольшая часть этих данных содержится в приложениях, особенно в Приложении В. В основной части доклада рассматриваются не только технические аспекты применения берлинской лазури для домашнего скота, но также и связанные с этим экономические, сельскохозяйственные, радиологические, токсикологические и социально-психологические соображения для групп населения, сталкивающихся с загрязнением, вызванным "радиоактивными выпадениями".

В докладе об этой уникальной работе делается вывод о том, что материалы, содержащие берлинскую лазурь, просты в использовании, характеризуются чрезвычайно высокой эффективностью затрат и позволяют значительно снизить уровни радиоактивного цезия в молоке и мясе скота, питающегося подножным кормом в загрязненных районах. Как следствие указанных исследований, введение в корма или применение берлинской лазури было официально одобрено министерствами сельского хозяйства Беларуси, Российской Федерации и Украины и особенно рекомендовано для использования мелкими фермерами-животноводцами.

Данный доклад является результатом совместного проекта, осуществленного Продовольственной и сельскохозяйственной организацией Объединенных Наций, Международным агентством по атомной энергии, Сельскохозяйственным университетом и Институтом радиационной гигиены Норвегии, Украинским научно-исследовательским институтом сельскохозяйственной радиологии (Киев), Беларусским институтом сельскохозяйственной радиологии (Гомель), Российским институтом сельскохозяйственной радиологии и радиозкологии (Обнинск), Университетом Куинс (Белфаст, Соединенное Королевство) и при фининсовой поддержке правительств Норвегии и трех стран СНГ, пострадавших от аварии.

ПРИМЕЧАНИЕ РЕДАКЦИИ

Подготавливая эту публикацию для прессы, сотрудники МАГАТЭ компоновали страницы из оригинальных рукописей. Выраженные мнения необязательно отражают мнения правительств назначивших государств-членов или назначивших организаций.

Названия государств-членов в тексте сохранены в том виде, как они были во время компоновки текста.

Использование конкретных названий стран или территорий не подразумевает какого-либо суждения со стороны издателя, МАГАТЭ, в отношении юридического статуса таких стран или территорий или их компетентных органов и учреждений или определения их границ.

Упоминание названий конкретных компаний или продуктов (независимо от того, указано или нет то, что они зарегистрированы) не подразумевает какого-либо намерения нарушить права частной собственности, и его также не следует рассматривать как одобрение или рекомендацию со стороны МАГАТЭ.

СОДЕРЖАНИЕ

1.	ИСТОРИЯ ПРОБЛЕМЫ	7
1.1.	Обзор возможных контрмер	7
1.2.	Производство, сбыт и мониторинг молока	7
1.3.	Производство, сбыт и мониторинг говядины	8
2.	МЕЖДУНАРОДНЫЕ И ГОСУДАРСТВЕННЫЕ УРОВНИ ВМЕШАТЕЛЬСТВА В СЛУЧАЕ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ МОЛОКА И МЯСА	8
3.	СВЯЗЫВАНИЕ ИОНОВ ЦЕЗИЯ БЕРЛИНСКОЙ ЛАЗУРЬЮ	10
4.	ДОЗЫ СОЕДИНЕНИЙ БЕРЛИНСКОЙ ЛАЗУРИ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ПАСТИЩИНЫХ ЖИВОТНЫХ	11
5.	ВВЕДЕНИЕ БЕРЛИНСКОЙ ЛАЗУРИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫМ ЖИВОТНЫМ	12
5.1.	Прямые добавки к кормам или смешивание с концентратом	12
5.2.	Солевые лизунцы	12
5.3.	Капсулы длительного постепенного действия	13
6.	ТОКСИКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ	13
7.	КРАТКИЙ ОБЗОР ЭКСПЕРИМЕНТОВ, ПРОВЕДЕННЫХ В БЕЛАРУСИ, РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ И УКРАИНЕ	13
8.	ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОЕДИНЕНИЙ БЛ В СНГ	15
9.	ПРЕИМУЩЕСТВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЕЩЕСТВ, СВЯЗЫВАЮЩИХ ЦЕЗИЙ	16
9.1.	Достижимые уровни снижения дозы	16
9.2.	Экономия других ресурсов	17
9.3.	Социалогические факторы и психологические соображения	19
10.	ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ	20
	ЛИТЕРАТУРА	25
	СПЕЦИАЛИСТЫ, ПРИНИМАВШИЕ УЧАСТИЕ В ПОДГОТОВКЕ И РАССМОТРЕНИИ ТЕКСТА ДОКЛАДА	28

EXT PAGE(S)
left BLANK

1. ИСТОРИЯ ПРОБЛЕМЫ

1.1. ОБЗОР ВОЗМОЖНЫХ КОНТРМЕР

В результате аварии на Чернобыльской атомной электростанции в апреле 1986 года произошло распространение радиоактивных веществ на территории многих стран. В первоначальный период после аварии проблемы были связаны с загрязнением радиоактивным иодом; однако в дальнейшем основные проблемы создавало загрязнение радиоактивным цезием (^{137}Cs) и радиоактивным стронцием (^{90}Sr). Беларусь, Российская Федерация и Украина вследствие их географического расположения явились странами, наиболее пострадавшими от радиоактивных выпадений в результате аварии. В каждом из этих государств существует два основных вида животноводческого производства - молочное и мясное, которыми занимаются как в коллективных, так и в частных хозяйствах (таблицы I и II). После чернобыльской аварии в подвергшихся загрязнению районах были приняты различные контрмеры, направленные на обеспечение того, чтобы уровни радиоцезия в продуктах питания, произведенных для потребления человеком, были ниже официально установленных уровней, определенных каждым государством (так называемых "временных допустимых уровней" (ВДУ)). Например, пастбища государственных ферм "дезактивировались" путем глубокой вспашки или пересева угодий или путем внесения известковых и калиевых удобрений. Путем вспашки удавалось, как правило, добиться трехкратного снижения переноса радиоцезия. Благодаря этим мероприятиям уровни содержания радиоцезия в молоке и мясе, произведенных коллективными хозяйствами, в целом оказались более низкими, чем ВДУ. Тем не менее в 1992 году в Беларуси и Украине приблизительно 100 000 молочных коров, содержащихся в основном мелкими частными фермерами для обеспечения молоком своих семей и местных общин, по-прежнему давали молоко, содержание радиоцезия в котором превышало соответствующие принятые национальные контрольные уровни 111 Бк/л и 370 Бк/л. В Российской Федерации, согласно сообщениям, еще 15 000 животных давали молоко с уровнями содержания, превышающими 370 Бк/л, - ВДУ, принятый в этом государстве.

1.2. ПРОИЗВОДСТВО, СБЫТ И МОНИТОРИНГ МОЛОКА

Во всех трех государствах продажа, переработка и/или потребление молока, уровень загрязнения которого превышает ВДУ, запрещены законом. Поэтому все загрязненное молоко *должно* либо использоваться непосредственно для кормления животных, либо обмениваться государством/местными властями на чистое молоко и впоследствии использоваться ими для приготовления сливочного масла или корма для животных. Хотя данных об этом не имеется, в действительности же немалая часть этого загрязненного молока все-таки потребляется мелкими фермерами и их семьями или вообще сельскими жителями. Цены на чистое и загрязненное молоко одинаковы.

ТАБЛИЦА I. ОЦЕНКИ ПОГОЛОВЬЯ МОЛОЧНОГО СКОТА И ПРОИЗВОДСТВА МОЛОКА В ЗАГРЯЗНЕННЫХ РАЙОНАХ БЕЛАРУСИ, УКРАИНЫ И РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, 1992-1994 ГОДЫ

	Общее поголовье молочного скота в загрязненных районах	Средний годовой надой молока (литров в год)	Временный допустимый уровень, ВДУ Cs-137 (Бк/л)	Число коров, дающих молоко с превышением ВДУ
БЕЛАРУСЬ				
Коллективные хозяйства	393 000	3 000	185 ^a	3 000
Личные хозяйства	84 000	3 600	185	25-30 000
УКРАИНА				
Коллективные хозяйства	170 000	2 500	370	} 43 000
Личные хозяйства	60 000	3 500	370	
РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ				
Коллективные хозяйства	200 000	2 700	370	7 000
Личные хозяйства	25 000	3 000	370	3 000

^a В 1993 году ВДУ был снижен до 111 Бк/л.

ТАБЛИЦА II. ОЦЕНКИ ПОГОЛОВЬЯ СКОТА, ИСПОЛЬЗУЕМОГО В МЯСНОМ ЖИВОТНОВОДСТВЕ, И ЧИСЛЕННОСТИ ЖИВОТНЫХ С ПРЕВЫШЕНИЕМ УРОВНЯ ВМЕШАТЕЛЬСТВА В БЕЛАРУСИ, УКРАИНЕ И РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, 1992-1994 ГОДЫ

	Суммарное поголовье мясного скота в загрязненных районах	Убойный вес животного (кг)	Временный допустимый уровень, ВДУ Cs-137 (Бк/кг)	Число животных с превышением ВДУ через 3 мес. после питания "чистым" фуражом
Беларусь	700 000	420	600	4 400
Украина	500 000	400 - 420	740	3 000
Российская Федерация	300 000	400 - 450	740	5 000

В настоящее время все молоко, поступающее из коллективных государственных ферм, подвергается входному контролю на молокозаводах. Молоко, не отвечающее соответствующим нормам, перерабатывается в сливочное масло или отправляется для кормления животных. Молоко животных в личных хозяйствах также контролируется местными органами, отвечающими за гигиену пищевых продуктов (при министерстве здравоохранения). В определенных деревнях два раза в месяц берутся пробы у 10% животных; в каждой деревне берется не менее десяти проб. Фермеров информируют о результатах, и они получают привилегии, если загрязнение молока превышает ВДУ; все загрязненное молоко закупается государством.

1.3. ПРОИЗВОДСТВО, СБЫТ И МОНИТОРИНГ ГОВЯДИНЫ

В рассматриваемых районах действует один и тот же порядок продажи скота на мясо. Государство/местные власти осуществляют закупки скота в коллективных и личных хозяйствах и направляют его либо на местные скотобойни для уоя, либо в пункты откорма. Как правило, не делается разграничений между двумя системами производства. В загрязненных районах не так остро, как с молоком, стоит проблема производства и сбыта мяса, поскольку перед убоем животных обычно в течение 2-3 месяцев откармливают "чистым" фуражом/зерном, так что к моменту убоя уровни загрязнения радиоцезием обычно ниже ВДУ. Тем не менее даже при такой системе в 1992 году ВДУ, равные 600 Бк/кг (в Беларуси) и 740 Бк/кг (в Украине и Российской Федерации), были превышены более чем у 10 000 животных в год, таблица II. Поэтому перед убоем этих животных приходилось в течение длительных периодов времени (1-3 месяца) выдерживать на дорогах чистых кормах.

Хотя используемая в настоящее время в трех указанных государствах практика кормления животных чистыми кормами и мониторинга животных и получаемых от них продуктов гарантирует производство мяса, в котором ВДУ по радиоцезию выдерживаются, серьезная нехватка кормовых концентратов (по оценкам, только в Беларуси составляющая 4 млн. тонн) и предстоящая приватизация земли приведут к быстрым изменениям в структуре сельского хозяйства, включая производство мяса. Это подвергнет серьезному испытанию способность властей обеспечивать, чтобы уровни загрязнения всего мяса, поступающего к потребителям, не превышали установленные ВДУ. Значительное сокращение производства зерна и чистых трав из загрязненных зон, используемых для кормления животных в заключительный период, существенно снизило использование этих районов для производства мяса.

2. МЕЖДУНАРОДНЫЕ И ГОСУДАРСТВЕННЫЕ УРОВНИ ВМЕШАТЕЛЬСТВА В СЛУЧАЕ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ МОЛОКА И МЯСА

В годы, последовавшие за аварией, многие национальные компетентные органы и международные организации занимались проблемой загрязнения продуктов питания радионуклидами, устанавливая так называемые уровни вмешательства. Комиссия "Codex Alimentarius" (объединенный орган ФАО и ВОЗ), которая устанавливает нормы для добавок и контаминантов в продуктах питания, являющихся предметами международной

торговли, приняла уровни по радиоцезию 1000 Бк/кг как для молока, так и для мяса. В Европейском союзе предел активности радиоцезия для молока и молочных продуктов составляет в настоящее время 370 Бк/л, в то время как для мяса он равен 600 Бк/кг.

Государственные уровни вмешательства (или временные допустимые уровни - ВДУ) соответственно для молока и мяса в трех странах СНГ в 1994 году составляли: Беларусь (111 Бк/л и 600 Бк/кг), Украина (370 Бк/л и 740 Бк/кг) и Россия (370 Бк/л и 600 Бк/кг). Однако на региональном уровне эти пределы зачастую являются более низкими, например в Гомельской области Беларуси ВДУ для ^{137}Cs в молоке и мясе составляли в период подготовки настоящего доклада 37 Бк/л и 370 Бк/кг.

ТАБЛИЦА III. РУКОВОДЯЩИЕ УРОВНИ ДЛЯ РАДИОНУКЛИДОВ В ПРОДУКТАХ ПИТАНИЯ ПОСЛЕ АВАРИЙНОГО ЯДЕРНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В МЕЖДУНАРОДНОЙ ТОРГОВЛЕ
CFC/GL 5-1989

Дозовый коэффициент на единицу поступления (Зв/Бк)	Представительные радионуклиды	Уровень (Бк/кг)
ПРОДУКТЫ ПИТАНИЯ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫЕ ДЛЯ ШИРОКОГО ПОТРЕБЛЕНИЯ		
10^{-6}	^{241}Am , ^{239}Pu	10
10^{-7}	^{90}Sr	100
10^{-8}	^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs	1000
МОЛОКО И ДЕТСКОЕ ПИТАНИЕ		
10^{-5}	^{241}Am , ^{239}Pu	1
10^{-7}	^{131}I , ^{90}Sr	100
10^{-8}	^{134}Cs , ^{137}Cs	1000

Примечания: Эти уровни предназначены для применения только в отношении радионуклидов, загрязняющих продукты питания, являющиеся предметом международной торговли после аварии, и не к радионуклидам природного происхождения, которые всегда присутствуют в продуктах питания. Руководящие уровни Комиссии "Codex Alimentarius" применяются в течение года после ядерной аварии. Под аварией подразумевается ситуация, при которой неконтролируемый выброс радионуклидов в окружающую среду приводит к загрязнению пищевых продуктов, предлагаемых в международной торговле.

Поскольку предлагаемые уровни основываются на обширных консервативных допущениях, нет необходимости суммировать вклады по группам доз на единицу поступления, и каждая из этих трех групп должна рассматриваться независимо. Однако активность аварийных загрязняющих радионуклидов в группе доз на единицу поступления должна суммироваться, если имеется более одного такого радионуклида. Так, уровень 1000 Бк/кг для группы доз на единицу поступления 10^{-8} Зв/Бк - это общая сумма всех загрязнителей, которые связаны с этой группой. Например, после аварии энергетического реактора загрязнителями продуктов питания могут явиться ^{134}Cs и ^{137}Cs , и уровень 1000 Бк/кг относится к суммарной активности обоих этих радионуклидов.

Эти уровни должны применяться к продуктам питания в готовом для потребления виде. Они могут оказаться чрезмерно ограничительными, если будут применяться к высушенным или концентрированным продуктам питания перед их разбавлением или разведением.

Уровни применяются к ситуациям, когда легко доступны альтернативные источники питания. В случае нехватки продуктов питания могут применяться более высокие уровни.

Как ФАО, так и ВОЗ в докладах совещаний экспертов обращают внимание на то, что необходимо особо учитывать некоторые классы продуктов питания, потребляемые в небольших количествах, такие, как специи. Некоторые виды продуктов питания, выращенных в районах, пострадавших от выпадений в результате чернобыльской аварии, имели после этой аварии весьма высокие уровни содержания радионуклидов. Ввиду того, что они представляют весьма небольшую процентную долю общего объема продуктов питания и поэтому могут дать весьма незначительное добавление к общей дозе, применение руководящих уровней к продуктам такого типа может оказаться чрезмерно ограничительным. ФАО и ВОЗ известно, что в различных странах в отношении таких классов продуктов питания в настоящее время применяется различная политика.

ТАБЛИЦА IV. КОНКРЕТНЫЕ УРОВНИ ВМЕШАТЕЛЬСТВА (ИЛИ ВРЕМЕННЫЕ ДОПУСТИМЫЕ УРОВНИ), ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В НАСТОЯЩЕЕ ВРЕМЯ В ЗАГРЯЗНЕННЫХ РАЙОНАХ^a СТРАН СНГ (1995 ГОД), ДЛЯ ИЗЪЯТИЯ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ ИЗ ЧИСЛА ПОТРЕБЛЯЕМЫХ НАСЕЛЕНИЕМ

	¹³⁷ Cs в молоке Бк/л	¹³⁷ Cs в мясе Бк/кг
Беларусь	111 ^b	600 ^b
Украина	370	740
Российская Федерация	370	740

^a Определяются как районы, в которых осаднение ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr и ²³⁹Pu, содержащихся в выпадениях, по-прежнему превышает 1, 0,15 и 0,01 Ки/км² (или 37, 5, 0,4 кБк/км²), соответственно.

^b В некоторых загрязненных районах используются еще более низкие уровни (например, в Гомельской области используется уровень 37 Бк/л для молока и 370 Бк/кг для мяса).

В результате осуществления Международного чернобыльского проекта был сделан вывод, что уровни вмешательства, действовавшие в трех государствах в 1990 году, были неоправданно ограничительными с радиологической точки зрения и что существует основание для смягчения этих уровней по крайней мере до значений, принятых Комиссией "Codex Alimentarius".

3. СВЯЗЫВАНИЕ ИОНОВ ЦЕЗИЯ БЕРЛИНСКОЙ ЛАЗУРЬЮ

После чернобыльской аварии в ряде стран, включая Австрию, Германию, Норвегию, Соединенное Королевство и Францию, были проведены исследования по использованию берлинской лазури (БЛ) для снижения уровней радиоцезия в организмах самых различных животных (крупного рогатого скота, овец, свиней, коз, северных оленей, оленей, птиц) и в получаемых от них продуктах.

Соединения БЛ - это окрашенные комплексы, состоящие из гексациановой части и таких поливалентных катионов, как железо, никель, медь или кобальт. Все эти соединения связывают ионы цезия в обмен на моновалентный катион. Существует целый ряд различных соединений БЛ, которые снижают загрязнение радиоцезием. В настоящем проекте были испытаны следующие пять веществ:

- Железо-гексацианоферрат аммония (AFCF) $\text{NH}_4\text{Fe}[\text{Fe}(\text{CN})_6]$
- Железо-гексацианоферрат калия (KFCF) $\text{K Fe}[\text{Fe}(\text{CN})_6]$
- Железо-гексацианоферрат (FCF) $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$
- Ферроцин смесь 95% FCF и 5% KFCF
- Бифидж смесь 10% ферроцина и 90% целлюлозы.

Эти соединения использовались для производства солевых лизунцов, капсул и концентратов и в качестве добавок к грубым кормам. Способность этих соединений связывать цезий объясняется физико-химическими свойствами ячеек кристаллической решетки, которые имеют кубическую форму и в центре которых находится участвующий в обменной реакции катион (натрий, калий или аммоний). В водных средах соединения БЛ образуют коллоиды, размер частиц которых (5-50 Мкм) важен для обеспечения большой площади поверхности при связывании цезия. При равных молярных концентрациях эффективность связывания гексацианоферратным комплексом в 10^3 - 10^4 раз выше, чем у натрия или калия.

Связывание цезия происходит в пределах физиологического диапазона водородного показателя pH кишечника и в жидких средах с ионным составом, характерным для процесса пищеварения у животных и человека. Коллоидные частицы соединений БЛ имеют слишком большие размеры и не могут абсорбироваться. Поэтому цезий, связанный с БЛ, не поглощается, а выводится с фекалиями. Там он остается связанным БЛ в течение длительного периода времени. (Эксперименты, проведенные в ходе проекта, показали, что цезий, связанный БЛ, медленно поглощается корнями растений.)

Под действием соединений берлинской лазури происходит главным образом снижение желудочно-кишечного поглощения радиоцезия, и поэтому достигается по существу тот же самый результат, что и при кормлении чистым фуражом. В качестве дополнительного небольшого вклада в снижение содержания радиоцезия в загрязненных организмах животных соединения БЛ связывает часть радиоцезия из его запасов в организме, подвергающихся повторной переработке в желудочно-кишечном тракте (эндогенная секреция), и препятствует его повторному поглощению. Для поддержания эффекта необходимо постоянное присутствие этого соединения в пищеварительном тракте.

Оптимальные методы введения поэтому весьма различны и зависят от систем сельскохозяйственного производства и наличия на повседневной основе концентратов, других дополнительных кормов или скошенного фуража. Для животных, дающих мясо, БЛ требуется лишь в течение последних 1-2 месяцев перед убоем, в то время как у молочных животных БЛ должна вводиться на ежедневной основе либо перорально, либо из депо (капсулы), находящегося в пищеварительном тракте.

Вскоре после чернобыльской аварии соединения БЛ вводились животным в Скандинавии для снижения содержания радиоцезия в получаемых от них продуктах; и после радиологической аварии, произошедшей в 1987 году в Гойянии, Бразилия, БЛ также эффективно использовалась для снижения содержания радиоцезия в организме человека.

4. ДОЗЫ СОЕДИНЕНИЙ БЕРЛИНСКОЙ ЛАЗУРИ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ПАСТБИЩНЫХ ЖИВОТНЫХ

Соединения БЛ являются наиболее эффективными имеющимися связывающими цезия по показателю на единицу веса. Рекомендуемые в литературе уровни дозы различны, однако обычно составляют 3 г в день для коров (6 мг/кг веса тела) и 1-2 г в день (10-40 мг/кг веса тела) для небольших жвачных животных. При таких уровнях дозы сообщалось о десятикратном (90% снижение переноса) и более высоком снижении как в отношении молока, так и в отношении мяса. Эксперименты с использованием более низких ежедневных доз БЛ свидетельствуют о наличии зависимости снижения активности связывания цезия от дозы, причем двукратное снижение отмечалось уже при таких низких дозах соли Гизе (AFCF с 36% NH_4Cl), как 0,8 - 1 мг/кг веса. Все другие соединения БЛ, включая ферроцин, производимый на Украине, KFCF из Беларуси и KCoHCF, проявляют активность при низких концентрациях, хотя эффективность их применения приблизительно в два раза ниже эффективности соли Гизе. Высокая эффективность соединений БЛ делает их особенно полезными для выведения радиоцезия из организмов пастбищных жвачных животных. В нынешней ситуации даже столь низкие ежедневные дозы, как 1 мг/кг живого веса, приводят к достаточному снижению уровней цезия (50-60%) в организмах животных, дающих молоко и мясо с уровнями

загрязнения, превышающими нынешние ВДУ. Хотя применение более высоких доз приведет к снижению переноса радиоцезия на 90% или более, могут возникнуть затруднения с введением такого количества БЛ пастбищным животным, которые не получают корма или не подвергаются обработке на ежедневной основе.

5. ВВЕДЕНИЕ БЕРЛИНСКОЙ ЛАЗУРИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫМ ЖИВОТНЫМ

Известны различные методы введения БЛ: а) с кормовыми концентратами, что особенно эффективно в системах интенсивного производства; б) путем прямого опрыскивания фуража, что является более дешевым, но и более трудоемким вариантом; в) с помощью солевых лизунцов и брикетов и г) в виде капсул, что особенно пригодно для пастбищных животных или при отсутствии концентрата.

5.1. ПРЯМЫЕ ДОБАВКИ К КОРМАМ ИЛИ СМЕШИВАНИЕ С КОНЦЕНТРАТОМ

На небольших фермах с малым количеством животных БЛ удобно давать в виде порошка, добавляемого к части зерна, концентрата или грубых кормов. Ферроцин и бифидж успешно вводились в этой форме крупному рогатому скоту в СНГ. В 1993 и 1994 годах фермерам в загрязненных районах Украины раздавали упаковки ферроцина, содержащие ежедневную дозу 2-3 г на корову. В России бифидж рассматривался в качестве более удобного способа введения, поскольку этот порошок может распространяться в крупной упаковке и вводиться в корма в больших количествах, чем чистая БЛ. В 1994 году бифидж был введен приблизительно 6 000 животных.

Если имеются промышленные установки по приготовлению кормов, то простейшим и самым дешевым методом введения БЛ является прямое добавление в кормовые концентраты. При этом нет необходимости специально инструктировать фермеров о том, как использовать БЛ. Экспериментальные исследования продемонстрировали эффективность введения БЛ в рационы из концентратов, скармливаемые жвачным животным. В Норвегии эта процедура использовалась с 1988 года с применением специального концентрата, содержащего 1 г/кг БЛ. Поскольку домашний скот должен получать концентрат ежедневно, эта процедура подходит прежде всего для систем интенсивного производства, а также для ручной раздачи кормов животным. В СНГ БЛ добавляют к приготовляемым на фермах концентрированным (зерновым) смесям.

5.2. СОЛЕВЫЕ ЛИЗУНЦЫ

Если концентрата не имеется в наличии или если его невозможно вводить, поскольку животные длительные периоды времени питаются на пастбищах, можно использовать солевые лизунцы. С 1989 года в Норвегии свыше 30 000 овец ежегодно получали около 100 т солевого лизунца, содержащего 2,5% БЛ. Лизунец должен обладать достаточной физической прочностью, чтобы выдержать неблагоприятные погодные условия в горах на протяжении всего сезона выпаса. В районах с низким содержанием натрия в растительности овцы и крупный рогатый скот привыкли пользоваться соевыми лизунцами. С 1989 года солевые лизунцы, содержащие БЛ, использовались на горных пастбищах Норвегии, и на протяжении каждого сезона выпаса было достигнуто двукратное снижение содержания радиоцезия. Среднее дневное потребление 1 г соли (25 мг ЛБ в день) обеспечивает 50-процентное снижение уровней радиоцезия у овцы весом 30-40 кг; 10 г в день приводит к аналогичному снижению содержания БЛ у откормочного бычка-кастрата. Эффективность использования солевого лизунца зависит от того, насколько часто пользуется им животное (ежедневно или несколько раз в неделю). Однако в стаде, находящемся на выпасе, всегда имеется несколько животных, не испытывающих потребности в соли. Поэтому использование солевых лизунцов, содержащих АРСF, должно сопровождаться мониторингом молока и мяса на содержание ^{137}Cs . В СНГ солевые лизунцы, содержащие БЛ, все более широко использовались начиная с 1990 года, и они официально одобрены для применения. Хотя этот метод введения БЛ приводит не более чем к двукратному снижению уровней содержания ^{137}Cs в молоке и мясе, тем не менее он заведомо является самым простым методом. В Беларуси власти в 1993 году использовали в Гомельской области

300 000 солевых брикетов; лизунец весил 5 кг и содержал 6% БЛ в виде ферроцина. В 1994 году для молочного и мясного скота были использованы 33 т солевых лизунцов, содержащих БЛ. В Украине солевые лизунцы столь широко не использовались. В Российской Федерации солевые брикеты (содержащие БЛ) в настоящее время широко используются в колхозах, расположенных в загрязненных районах.

5.3. КАПСУЛЫ ДЛИТЕЛЬНОГО ПОСТЕПЕННОГО ДЕЙСТВИЯ

Малая величина необходимых ежедневных доз БЛ позволяет вводить соединения, связующие цезий, с помощью капсул длительного постепенного действия, размещаемых в рубце. В крупномасштабных полевых экспериментах, проведенных в Норвегии, введение капсул длительного постепенного действия приводило к снижению загрязнения радиоцезием всего стада животных; когда через 6 недель после введения капсул был проведен мониторинг живых животных, уровень неудовлетворительных результатов оказался ниже 1%. В этих исследованиях капсулы, содержащие 15-20% AFCF, оставались в рубце по крайней мере в течение двух месяцев. Выделение AFCF на протяжении этого периода приводило к снижению накопления радиоцезия в мясе на 50-80% на протяжении 6-8-недельного периода. В настоящее время капсулы в Норвегии разрешены для регулярного введения крупному рогатому скоту, овцам и северным оленям; капсулы весом 200 г испытывались на молочных и мясных животных. Были получены те же результаты, что и на овцах, причем снижение уровня содержания радиоцезия в молоке зависело от интенсивности выделения БЛ. Для достижения соответствующей интенсивности выделения приходилось давать по крайней мере по две капсулы. Состав капсул, используемых в Норвегии и в экспериментах в Беларуси, Российской Федерации и Украине, был одинаковым. На рисунке 1 показан эффект введения капсул для молочных коров, питавшихся на загрязненном пастбище.

6. ТОКСИКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

Исследования возможных метаболических и токсикологических последствий применения соединений БЛ относятся к началу 60-х годов. В них изучалось использование БЛ для снижения содержания радиоцезия в сельскохозяйственных продуктах и для снижения внутренней дозы облучения лиц, подвергшихся загрязнению в результате аварии. Эксперименты проводились на лабораторных грызунах, домашних животных и на человеке. Помимо использования в качестве связующего цезия, БЛ также рекомендуется в качестве терапевтического противоядия при отравлении таллием. Кроме того, следует отметить, что соединения ферроцианида разрешены в качестве пищевых добавок, например в качестве веществ, предотвращающих затвердевание столовой соли.

Несмотря на эти выводы, ученые СНГ, принимавшие участие в этом проекте, хотели дополнительно подтвердить заключения и расширить число исследуемых параметров.

Вкратце можно сделать вывод о том, что соединения БЛ:

- не оказывают неблагоприятного воздействия на здоровье и производство животных;
- не оказывают токсического воздействия на людей при проведении экспериментов или использовании в терапевтических целях;
- потребление молока и мяса животных, получавших БЛ, не повлечет каких-либо отрицательных последствий для здоровья людей.

7. КРАТКИЙ ОБЗОР ЭКСПЕРИМЕНТОВ, ПРОВЕДЕННЫХ В БЕЛАРУСИ, РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ И УКРАИНЕ

- Проведенные в качестве части Международного чернобыльского проекта первоначальные эксперименты, которые начались в конце пастбищного сезона 1990 года, показали, что введение капсул БЛ потенциально пригодно для применения в полевых

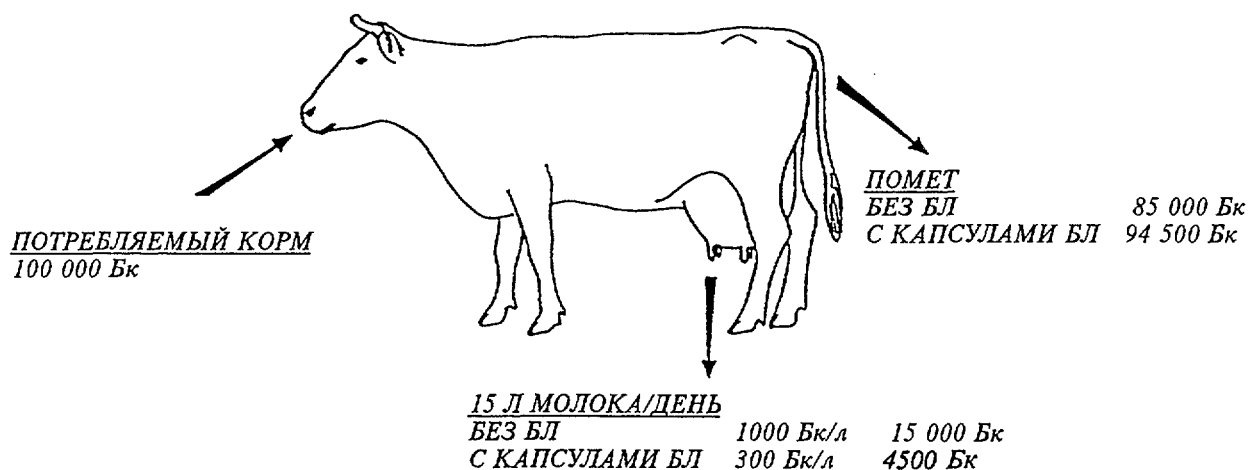
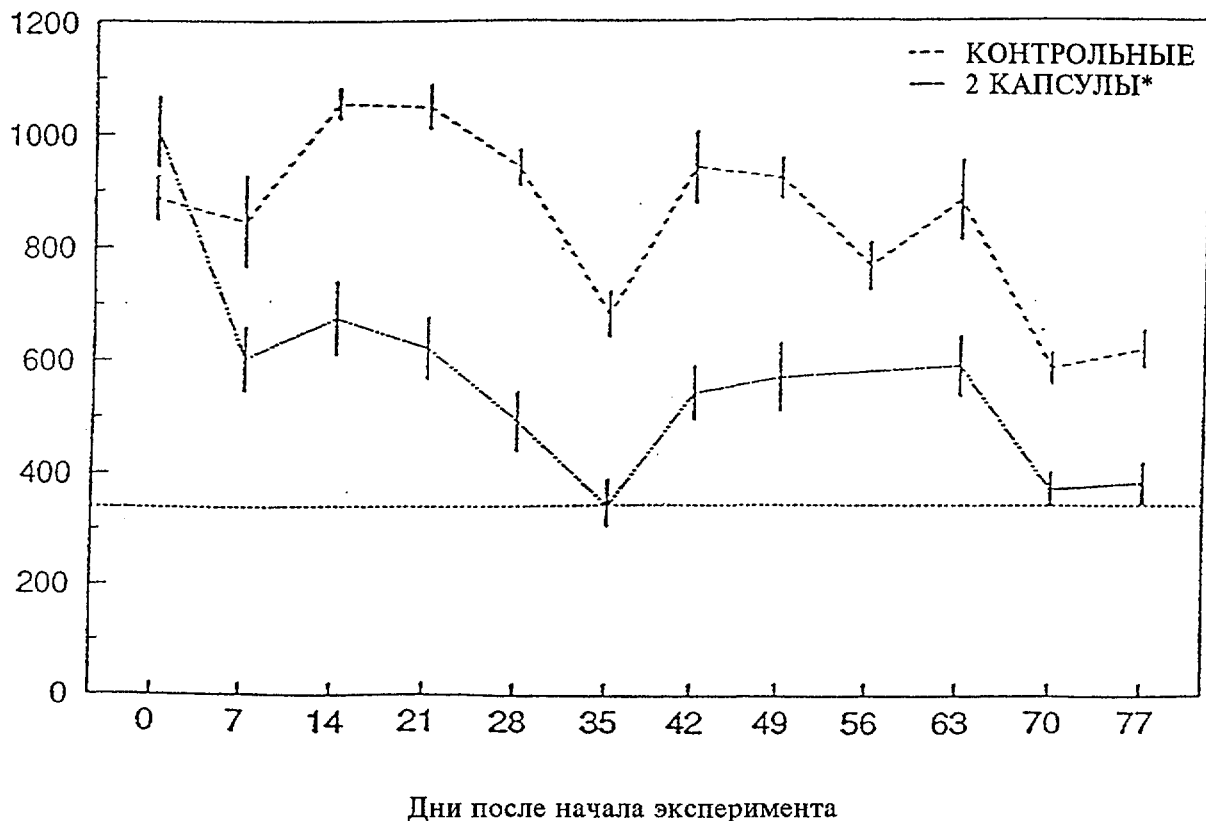


РИС. 1. Влияние капсул БЛ на перенос радиоцезия (Бк/д) в молоко. Сравнение содержания радиоцезия в организме коров, которым вводили капсулы БЛ, и коров, не получавших капсул. Постоянные уровни содержания радиоцезия в молоке и помете достигаются через нескольких недель выпаса на загрязненном пастбище.

условиях в загрязненных районах Беларуси, Российской Федерации и Украины. Впоследствии в летние месяцы 1991-1994 годов были проведены полевые испытания в целях получения практических результатов применения этой технологии для снижения концентраций радиоцезия в молоке и мясе, получаемом от сельскохозяйственных животных, кормящихся на загрязненных пастбищах, а также в целях дальнейшего исследования возможных токсикологических или биологических проблем.

- Исследования, проведенные в Украине на молочных коровах, показали 2-4-кратное снижение содержания радиоцезия в молоке на протяжении основной части сезона выпаса после введения 2 или 3 капсул в мае и еще 2 или 3 капсул в июле 1991 года (рисунки 2 и 3).
- Был сделан вывод о том, что практический график, предусматривающий введение каждой корове в мае, июле и августе/сентябре по 3 капсулы весом по 200 г, будет гарантировать 3-5-кратное снижение уровней радиоцезия в молоке всех обработанных животных. Это позволит коровам давать "чистое" молоко при выпасе на пастбищах, в то время как в обычных условиях коровы в этом случае давали бы молоко с содержанием радиоцезия приблизительно 1100-1200 Бк/л.
- Введение мясному скоту 2×200 г капсул приводило к снижению уровней содержания радиоцезия в мясе в 3,5 раза при убое животных через 90 дней после введения. Несколько более высокие уровни снижения наблюдались через 60 дней ввиду более высокой интенсивности выделения БЛ из капсул в это время. Поэтому для мясного скота введение капсул в сочетании с выпасом на умеренно загрязненных пастбищах представляет собой эффективную альтернативу стойловому кормлению, обычно используемому на заключительной стадии в течение последних 2-3 месяцев перед убоем. Технология применения капсул может также найти применение при предлагаемом использовании загрязненных зон для производства мяса.
- В этих экспериментах был изучен широкий комплекс параметров, имеющих отношение к состоянию здоровья и питанию животных, подвергшихся обработке. Не было обнаружено каких-либо признаков нехватки макро- или микроэлементов или признаков токсичности, связанных с введением капсул. Гематологические параметры и показатели роста и производства молока были аналогичны показателям, зарегистрированным у не подвергшихся обработке контрольных животных.



* В нулевой и 60-й дни вводилось перорально по 2 капсулы

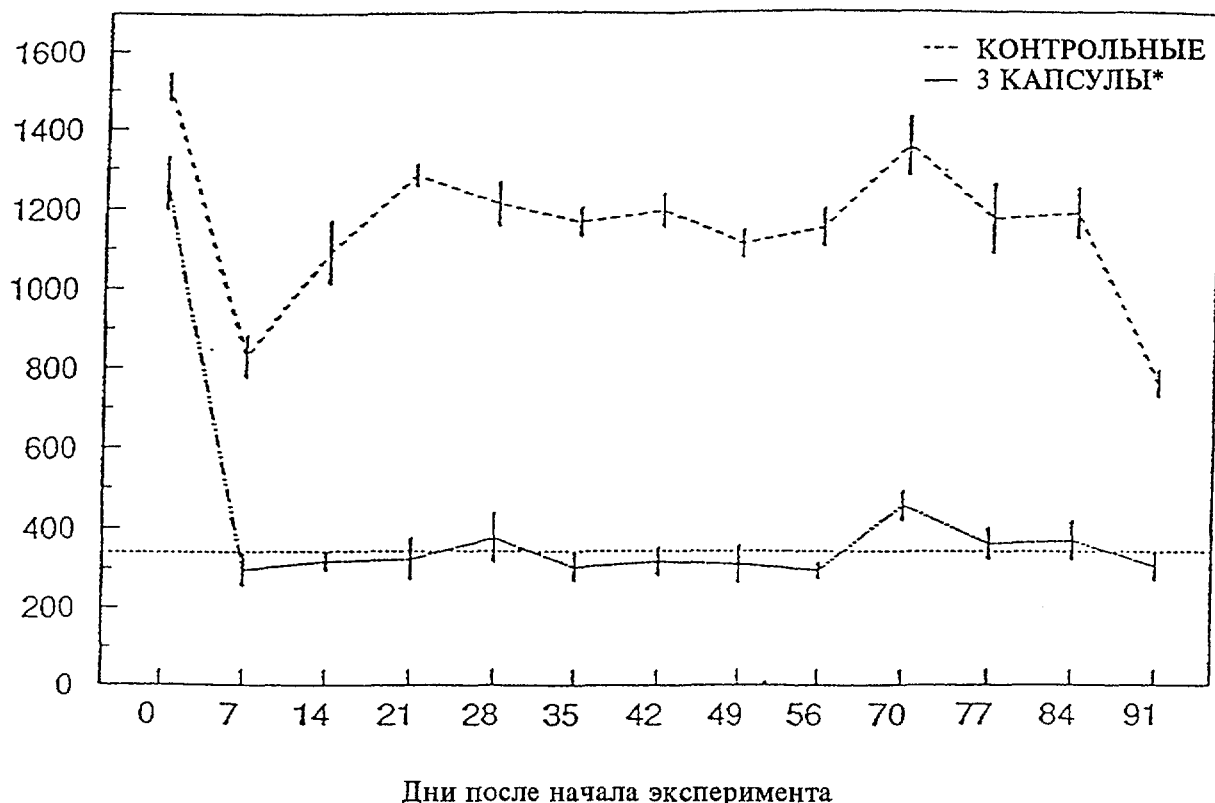
РИС. 2. Концентрация ^{137}Cs в молоке (Бк/кг) экспериментальных коров на частных фермах деревни Луговое в Украине. В группе 10 коров. Средние и среднеквадратичные отклонения. Капсулы вводились в нулевой и 60-й дни.

- Навоз животных, подвергшихся обработке капсулами, был испытан в полевых экспериментах в качестве удобрения на песчаных почвах, на которых выращивались овес и люпин. Берлинская лазурь, выделяющаяся из капсул, на протяжении первого вегетационного периода в два раза снижала содержание радиоцезия в растениях; однако во втором периоде не удалось обнаружить значительного снижения уровней радиоцезия. Необходимо провести дальнейшие исследования в целях определения полезности внесения навоза домашнего скота, получавшего капсулы БЛ, в почвы, где выращиваются овощи, потребляемые населением.

- С использованием БЛ, синтезированной в Украине, в Сельскохозяйственном университете Норвегии были изготовлены капсулы в соответствии с методами, изложенными в Приложении А. В рамках отдельного комплекса экспериментов были изучены изменения состава воска в капсулах. Однако замена первоначально используемого пчелиного воска восковыми смесями, более легко доступными в СНГ, не дала успешных результатов, поскольку при некоторых составах интенсивность выделения БЛ оказалась слишком низкой, в то время как другие составы не сохраняли физической устойчивости в рубце. Поэтому рекомендуется, чтобы капсулы содержали: 15-25% БЛ, 60-75% минерального барита и 10-15% пчелиного воска.

8. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОЕДИНЕНИЙ БЛ В СНГ

В Украине полевые испытания были проведены в 20 деревнях Ровенской области в 1993 году и в 70 деревнях Житомирской и Ровенской областях в 1994 году. Как капсулы, так и порошкообразный ферроцин получили в общей сложности 6 500 молочных коров. В подтверждение проведенных ранее экспериментальных



* В нулевой и 60-й дни вводилось перорально по 3 капсулы

РИС. 3. Концентрация ^{137}Cs в молоке (Бк/кг) экспериментальных коров на частных фермах деревни Великие Озера в Украине. В каждой группе по 10 животных. Средние и среднеквадратичные отклонения. Капсулы вводились в нулевой и 60-й дни.

исследований ферроцин снижал содержание радиоцезия в молоке в 2-4,5 раза. Капсулы, содержащие ферроцин, снижали уровни радиоцезия в мясе в 3-6 раз. В 1995 году правительство выделило сумму 40 000 долл.США (достаточную для закупки 2-3 тонн) на закупку ферроцина из России. Однако потребности в БЛ, согласно оценкам, составляют 6 тонн.

В Беларуси для обработки 30 000 коров на протяжении трехлетнего периода 1993-1995 годов использовалось приблизительно по 27 тонн БЛ в год. В 1993 и 1994 годах капсулы с БЛ вводились соответственно 9 000 и 16 000 коров; кроме того, в 1994 году было предоставлено 33 тонны солевых лизунцов, содержащих БЛ. В 1995 году было произведено 4 000 тонн концентрата, содержащего БЛ.

9. ПРЕИМУЩЕСТВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЕЩЕСТВ, СВЯЗЫВАЮЩИХ ЦЕЗИЙ

Было показано, что вещества, связывающие цезий, снижают уровни загрязнения в мясе и молоке, а также в сельскохозяйственных культурах, удобряемых получаемым впоследствии навозом. Практические результаты, достигаемые при использовании этого метода, касаются трех основных аспектов: снижения радиологической дозы, экономии ресурсов и социально-психологических выгод.

9.1. ДОСТИЖИМЫЕ УРОВНИ СНИЖЕНИЯ ДОЗЫ

В теории, если концентрация радиоцезия в молоке и мясе снижается в три раза, то в такой же степени снижается радиологическая доза, получаемая людьми, потребляющими эти пищевые продукты. Исходя из предположения о том, что 15%

годовой дозы в настоящее время связано с внешним облучением, а 85% - с внутренним облучением, а также что 90% дозы внутреннего облучения связано с потребляемым молоком и мясом, можно рассчитать, что снижение содержания радиоцезия в молоке и мясе в три раза приведет к общему снижению дозы приблизительно на 60%. На территориях, характеризующихся высоким поглощением цезия из почвы пастбищными травами, это общее снижение дозы окажется еще более высоким (вероятно, превышающим 80%).

К сожалению, все обстоит сложнее. Хотя закон запрещает продажу молока и мяса, уровни радиоцезия в которых превышают ВДУ, с тем чтобы защитить население от облучения высокими внутренними дозами, появились сообщения о том, что особенно в нынешних экономических условиях многие фермеры, ведущие натуральное хозяйство, используют молоко собственных животных для потребления в семье, даже если уровни загрязнения этого молока превышают ВДУ. Как указано выше, использование соединений БЛ приведет к немедленному снижению дозы радиации для этих людей на величину порядка 60% или более.

Коллективную дозу, предотвращенную благодаря применению этого метода, оценить нелегко. Однако если исходить из предположения о трехкратном снижении концентрации радиоцезия в потребляемом молоке (т.е. до уровня ниже ВДУ) и об объеме потребления около 50 млн. литров молока, то весьма приблизительная цифра предотвращенной коллективной дозы составляет порядка 200 человеко-зиверт. Это умеренное значение предотвращенной дозы является прямым результатом использования чрезвычайно низких ВДУ и не умаляет значительной величины коэффициента эффективности затрат, характеризующего использование соединений БЛ.

9.2. ЭКОНОМИЯ ДРУГИХ РЕСУРСОВ

Использование берлинской лазури в виде капсул, солевых лизунцов или прямых добавок к рациону может сэкономить значительные ресурсы, затрачиваемые в настоящее время на другие методы снижения загрязнения цезием молока и мяса. Экономическая эффективность применения веществ, связывающих цезий, будет зависеть от имеющихся уровней загрязнения пастбищ, затрат на производство и распространение связующих веществ и от затрат на применение альтернативных стратегий. Однако при имеющихся в настоящее время в трех указанных государствах экономических трудностях, отсутствии истинно рыночных цен, отражающих внутреннюю стоимость продовольственных товаров, громадной девальвации рублевых валют и высоких темпах инфляции чрезвычайно трудно количественно определить выгоду в рублях. Для того чтобы представить потенциальную экономию, необходимо было дать картину на основе западного опыта, где рыночные цены более точно отражают стоимость, а также количественно определить экономию в физическом выражении, например, в виде числа животных, литров молока и гектаров затрачиваемых земель.

В таблице V показаны типичные уровни содержания ^{137}Cs в молоке и мясе, получаемом от коров, кормящихся на пастбищах с уровнями загрязнения ^{137}Cs в диапазоне от 200 до 10 000 Бк/кг травы. В этих цифрах предполагается, что ежедневное потребление пастбищных кормов коровой весом 500 кг составляет 70 кг (т.е. 14% живого веса). Показаны также уровни ^{137}Cs для случаев, когда берлинская лазурь вводится в соответствии с ранее изложенными рекомендациями. Эти данные ясно показывают, что при введении берлинской лазури наиболее подходящими методами молоко и мясо, удовлетворяющее принятым в настоящее время ВДУ, можно получать даже в случае, когда животные питаются на пастбищах, загрязнение которых достигает 1500 Бк/кг травы (т.е. травы, типичной для большей части зоны, загрязненной в настоящее время в трех указанных государствах).

Основываясь на данных, представленных в таблице V, можно рассчитать коэффициент эффективности затрат, учитывающий стоимость введения капсул БЛ на протяжении года, и стоимость дополнительного "чистого" молока, которое появится в результате этого. В Беларуси препарат KFCF может в настоящее время импортироваться из Германии по цене около 7 долл.США/кг и с фабрики в Курше (Российская Федерация) по цене около 20 долл.США/кг. При максимальной потребности 9 капсул в течение

ТАБЛИЦА V. СВЯЗЬ МЕЖДУ УРОВНЯМИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПАСТБИЩ И УРОВНЯМИ Cs-137 В МОЛОКЕ И МЯСЕ И ВЛИЯНИЕ ВВЕДЕНИЯ КАПСУЛ НА УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ В МОЛОКЕ И МЯСЕ

Уровень загрязнения пастбищ (Бк/кг)	Поступле- ние/день ^a (кБк)	Мясо		Молоко	
		Равновес- ный уровень Cs-137 (Бк/кг)	Уровень Cs-137 после введения капсул (Бк/кг)	Равновес- ный уровень Cs-137 (Бк/л)	Уровень Cs-137 после введения капсул (Бк/л)
250	17,5	280	90	112	34
500	35	700	234	280	94
1 000	70	1 400	460	560	186
1 500	105	2 100	700	840	280
2 000	140	2 800	920	1 120	374
3 000	210	4 200	1 400	1 680	560
5 000	350	7 000	3 000	2 800	920
10 000	700	14 000	4 600	5 600	1 860

^a Исходя из дневного потребления 70 кг свежей травы на животное.

6-7-месячного сезона выпаса потребуется 300 г БЛ стоимостью 2,50 долл.США. (В 1995 году реальные затраты на производство 9 капсул составляли 45 000 белорусских рублей.) Если предположить, что затраты на обработку и транспортировку равны производственным затратам, то дополнительные затраты на производство около 1 800 л молока, пригодного для потребления населением (исходя из ежедневного надоя 10 л от коровы в день на протяжении 6-месячного сезона выпаса) составят 90 000 белорусских рублей. Это молоко имело бы рыночную стоимость около 3,6 млн. рублей (2 000 рублей за литр молока). Таким образом, использование капсул БЛ дало бы значение коэффициента эффективности затрат 1:40. Однако если снижение радиологической дозы для населения достаточно для того, чтобы избежать отселения - чрезвычайно непопулярной и дорогостоящей контрмеры - то коэффициент эффективности затрат для БЛ мог бы оказаться еще в 10 раз большим, т.е. >1:400.

Используя приведенные в таблице I данные о числе животных, в настоящее время дающих молоко с уровнями загрязнения, превышающими ВДУ, можно рассчитать, что, предоставляя капсулы БЛ частным фермерам, можно ежегодно обеспечивать дополнительно 350 млн. литров "чистого" молока при весьма низких затратах для изготовления продукции на местах или потребления в жидком виде в Беларуси, Российской Федерации и Украине. С точки зрения бюджетов этих трех государств было бы также выгодно, если бы в дальнейшем отпала необходимость в закупках загрязненного молока у фермеров, что влечет за собой значительные затраты, и снизилось бы давление, связанное с выплатой компенсаций людям, проживающим на загрязненных территориях.

Каждое из трех указанных государств уже сделало громадные капиталовложения в обеспечение относительно чистыми травяными кормами путем перепашивания, осушения, внесения удобрений, известкования и повторного засева естественных пастбищ на государственных и коллективных фермах. Эти усилия, без сомнения, позволят снизить загрязнение травяных кормов и тем самым молока и мяса до уровней, соответствующих ВДУ, и также послужат цели повышения продуктивности животноводства в долгосрочном плане. Неясно, в какой степени этот процесс завершился, однако, согласно разным сообщениям, степень завершения достигает 80-90%. Оставшаяся территория (10-20%) - это в основном земли, которыми владеют мелкие частные фермеры, и соответствующие земельные участки характеризуются такими малыми размерами, низким качеством или плохим доступом, что применение традиционных процедур дезактивации земель является неэкономичным,

затруднительным или нецелесообразным. Введение соединений БЛ домашнему скоту позволило бы использовать эти земли для производства мяса, поскольку животных можно будет забирать на убой непосредственно с пастбищ. В районах, где уровни ^{137}Cs в мясе, несмотря на обработку БЛ, по-прежнему превышают ВДУ, период кормления чистыми кормами можно будет сократить приблизительно на 40-50 дней, что позволит сэкономить значительную часть собираемых кормов.

Невозможно с точностью определить количественные затраты на производство и транспортировку чистых кормов для животных в частном секторе и на доставку готовых животных в "чистые" пункты откорма, однако можно сделать оценку, согласно которой в настоящее время в Беларуси и Украине этой процедуре перед убоем подвергается ежегодно 35 000-40 000 животных (для которых требуется дополнительно 70 000-80 000 га чистых пастбищ). При использовании БЛ требуемые площади могут быть уменьшены приблизительно на 15 000-18 000 га. Согласно современным оценкам ЕС, затраты на обеспечение этих дополнительных улучшенных пастбищ составят 400 долл.США на гектар на протяжении 10 лет (это ожидаемый период, на протяжении которого уровни ^{137}Cs на пастбищах сохранятся на неприемлемо высоком уровне, если исходить из предположения о том, что не будут приниматься никакие контрмеры наряду с ежегодными затратами на обслуживание в размере 100 долл.США на гектар), можно подсчитать, что производство мяса будет стоить дополнительно 1 долл.США за 1 кг, если необходимо будет удовлетворять действующие международные уровни в каждом из трех указанных государств на протяжении указанного периода времени. В альтернативном варианте, т.е. в случае введения материалов БЛ в сроки до трех месяцев до забоя, дополнительные затраты составят 10 центов США за 1 кг, т.е. будут приблизительно в 10 раз ниже.

При рассмотрении этих коэффициентов эффективности затрат и того, каким образом они могут отличаться от данных по западным странам, можно сделать несколько замечаний. Во-первых, БЛ легко доступна в СНГ, хотя иногда трудно получить пчелиный воск или соответствующее заменяющее его вещество для производства капсул. Во-вторых, в трех указанных государствах рабочая сила, необходимая для изготовления и распространения материалов БЛ, оказывается относительно недорогостоящей, а затраты на транспортировку и распространение оказываются гораздо меньшими, чем высокая стоимость регулярных закупок "грязного" молока и распространения "чистых" кормов. В итоге можно поэтому сделать заключение о том, что рассчитанные коэффициенты экономической эффективности дают достаточное представление об экономической выгоде этого метода как для стран СНГ, так и для западноевропейских стран.

Следует также признать, что с учетом экономических и политических изменений, происходящих в настоящее время в странах СНГ, возможен значительный рост частного фермерского сектора, по крайней мере в долгосрочном плане. Это будет неизбежно означать, что самим фермерам (а не властям) будут необходимы методы снижения содержания радиоцезия в молоке и мясе. Метод БЛ (капсулы, концентраты или солевые лизунцы) особенно подходит для этих новых условий; в случае добавления дополнительных микроэлементов он может оказаться приемлемым как средство решения других проблем недостаточности питания животных.

И наконец, в настоящее время в трех указанных государствах действуют законы, определяющие компенсационные выплаты тем людям, суммарная годовая радиологическая доза которых превышает определенную величину. Согласно оценке, в случае использования соединений БЛ число людей, которые будут получать такую компенсацию, уменьшится приблизительно на половину. Лишь в одной Беларуси это означало бы прекращение выплаты компенсаций приблизительно 100 000 человек, что повлекло бы за собой экономию средств в размере нескольких процентов национального бюджета.

9.3. СОЦИОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ И ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ СООБРАЖЕНИЯ

В ходе выполнения Международного чернобыльского проекта (см. литературу) был выявлен ряд социологических/психологических факторов, усиливающих чувство беспокойства среди подвергающихся облучению групп населения на загрязненных

территориях. Зачастую они связаны с тем, что люди ощущают беспомощность - они не видят возможности лично контролировать опасности или избегать их. Многочисленные исследования показали, что стрессы в значительной степени зависят от того, каким образом отдельное лицо воспринимает конкретный фактор, вызывающий стресс, и от оценки этим лицом своих личных и внешних ресурсов для борьбы с ним. Результатом воздействия этого стресса могут явиться многочисленные психологические отклонения, и признается, что длительное отсутствие возможности контролировать изменения окружающей среды ведет к состоянию хронической апатии.

В загрязненных районах существует явное беспокойство по поводу уровней загрязнения цезием окружающей среды и боязнь возможного присутствия других радионуклидов, о которых имеется меньше информации, особенно стронция и плутония. По-прежнему сохраняется неопределенность в отношении долгосрочных последствий для здоровья воздействия высоких уровней радиации в первые дни и недели после аварии.

Некоторые из принимаемых в настоящее время контрмер, таких, как запрещение фермерам, ведущим нетоварное хозяйство, потреблять молоко и мясо, получаемое от своих животных, оказывают значительное отрицательное психологическое, социальное и финансовое воздействие.

В ходе полевых испытаний, проведенных в качестве части работ, ученым, принимавшим участие в осуществлении проекта, стало ясно, что фермеры приветствуют возможность использования связывающих цезий веществ. И действительно, значительное неудовлетворение выражали владельцы "контрольных групп" животных, которым не была предоставлена возможность воспользоваться связывающими цезий веществами. Хотя эта реакция не была проанализирована учеными-социологами, ясно,

что широкое использование соединений БЛ в загрязненных районах позволило бы вернуться к нормальной практике ведения сельского хозяйства, что привело бы к улучшению качества жизни многих фермерских семей. Хотя среди некоторых отмечалась понятная реакция противодействия использованию "химических веществ", "страх" перед радиацией и разрушительное влияние на образ жизни людей альтернативных контрмер оказывались более важными для подавляющего большинства тех, кого это затрагивало. Однако весьма важно, чтобы информация о методе использования связывающих цезий веществ, научно-технической основе его эффективности, его нетоксичном характере, процедурах введения этих веществ домашнему скоту и возможностях местной поддержки в отношении мониторинга была доведена до сведения общественности как до начала, так и во время осуществления этого метода. Следует также предоставлять данные об уровнях активности в молоке и мясе наряду с информацией о том, каким образом они соотносятся с принятыми в стране нормами, а также нормами ЕС и рекомендациями Комиссии "Codex Alimentarius" ФАО/ВОЗ.

10. ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

Лабораторные эксперименты и полевые испытания, проведенные в коллективных и личных хозяйствах в течение 1990-1994 годов в Беларуси, Российской Федерации и Украине, показали, что применение соединений БЛ весьма эффективно с точки зрения снижения концентрации радиоцезия в молоке и мясе животных, получающих корм при выпасе на загрязненных пастбищах. Результаты токсикологических исследований демонстрируют отсутствие отрицательных эффектов. В результате серий физиологических и биохимических анализов животных, подвергшихся воздействию этих препаратов, не было обнаружено отклонений от значений, полученных у контрольных животных. Это соответствует данным, приводимым в международной научной литературе.

Использование соединений БЛ приносит значительную пользу, и сводные данные об этом содержатся в таблице VI.

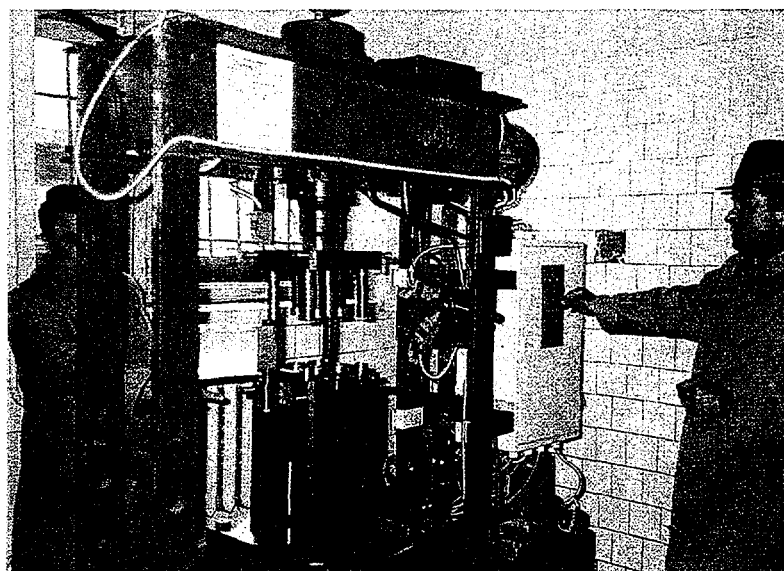
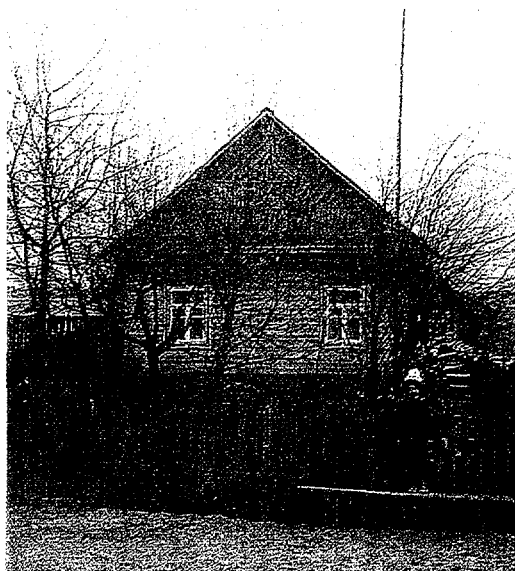
ТАБЛИЦА VI. СВОДНЫЕ ДАННЫЕ О ПРЕИМУЩЕСТВАХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЕДИНЕНИЙ БЕРЛИНСКОЙ ЛАЗУРИ

Преимущества	Замечания
Снижение индивидуальной дозы	Общее снижение приблизительно на 60% (вероятно, свыше 80% в районах с особенно высоким коэффициентом поглощения веществ почвы растениями).
Коллективная доза	Порядка нескольких сотен человеко-зверт; относительно малое снижение ввиду весьма низких значений ВДУ, используемых в государствах. Тем не менее сохраняется экономическая эффективность.
Дополнительное производство молока	Возможно производство дополнительно 50 млн. литров молока в год с уровнями, удовлетворяющими ВДУ, без необходимости распределения "чистого" молока и кормов.
Необходимость в чистых кормах для производства мяса	Время, необходимое для "кормления чистым фуражом" может быть сокращено на 40-50 дней, что обеспечивает сокращение площадей улучшенных пастбищ в 5 раз.
Социальные/психологические факторы	Около 50 000 фермеров могут вернуться к традиционным методам ведения сельского хозяйства, что соответственно укрепит их чувство благополучия и улучшит качество жизни. Многие фермеры, которые должны подвергнуться отселению, не должны будут более переселяться.
Компенсация	Число лиц, получающих компенсацию в соответствии с критерием превышения годовой дозы, может быть сокращено приблизительно на 50%.

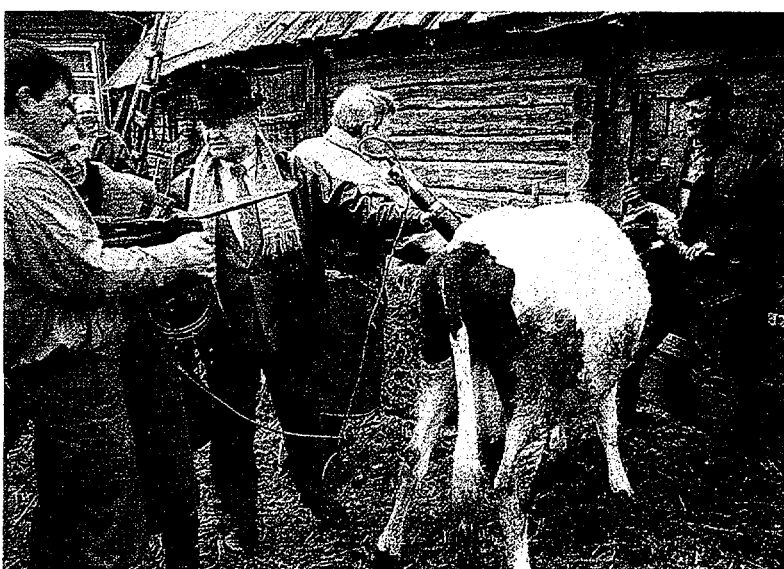
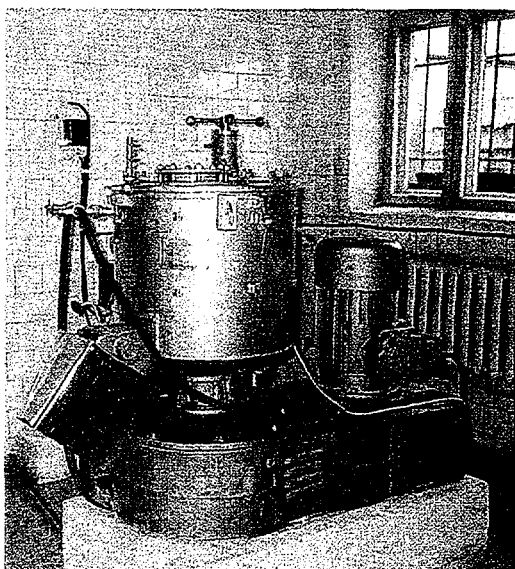
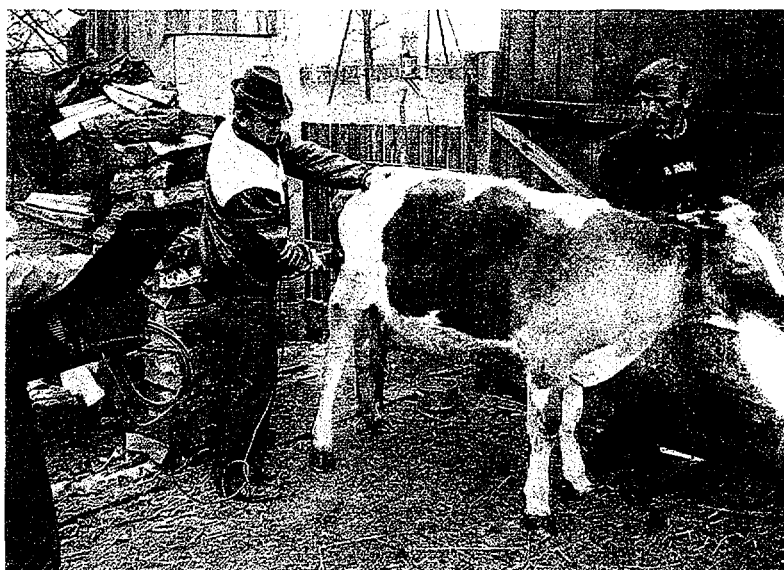
В результате экспериментов и полевых испытаний, о которых сообщается в настоящем докладе:

- Берлинская лазурь была разрешена к применению в СНГ в качестве кормовой добавки для животных для введения в концентраты, солевые лизунцы или капсулы длительного постепенного действия.
- Дано разрешение на крупномасштабное применение метода капсул длительного постепенного действия.
- Во всех трех государствах выделены достаточные средства, обеспечивающие надлежащую технико-экономическую поддержку использования соединений БЛ для снижения содержания радиоцезия в молоке и мясе.
- Применение соединений БЛ хорошо согласуется с будущей инфраструктурой производства молока и говядины в СНГ. В СНГ признаются потенциальные дополнительные преимущества использования капсул для введения других соединений, которые могут повышать продуктивность домашнего скота (например, минералов, антигельминтиков) или переносить потенциальные связывающие стронций вещества.
- Рекомендуются продолжить исследования долгосрочного связывания радиоцезия в почвах берлинской лазурью и влияния на пастбищные и полевые сельскохозяйственные культуры.

NEXT PAGE(S)
left BLANK



В южной Беларуси, часть территории которой пострадала от радиоактивных выпадений в результате чернойбыльской аварии, мелкие фермеры принимают контрмеры в целях снижения уровней загрязнения молока, мяса и других продуктов. Им оказывается помощь в рамках проектов, поддерживаемых норвежским правительством и программой ФАО/МАГАТЭ. На фотографиях показаны: типичная небольшая ферма в этом районе; оборудование для смешивания соединений "берлинской пазури" и для изготовления капсул, которые используются для снижения содержания радиоцезия у коров; и ученые, осуществляющие контроль гамма-излучения тела домашнего скота, получившего берлинскую пазурь.
(Фотографии: Ричардс/МАГАТЭ)



NEXT PAGE(S)
left BLANK

ЛИТЕРАТУРА

- ANON., Short-term feeding study of sodium ferrocyanide in rats, *Food Cosmet. Toxicol.* **7** (1969) 409-410.
- ARNAUD, M.M., CLEMENT, C., GETAZ, F., TANNHAUSER, F., SCHOENEGGE, R., BLUM, J., GIESE, W., Synthesis, effectiveness and metabolic fate in cows of the caesium complexing compound ammonium-ferric-hexacyanoferrate labelled with ^{14}C , *Journal of Dairy Research* **55** (1988) 1-13.
- DABURON, F., ARCHIMBAUD, Y., COUSI, J., FAYART, G., HOFFSCHIR, D., CHEVELLEREAU, I., LE CREFF, H., Radiocaesium transfer to ewes fed contaminated hay after the Chernobyl accident: Effect of vermiculite and AFCF (ammonium ferricyanoferrate) as countermeasures, *Journal of Environmental Radioactivity* **14** (1991) 73-84.
- DVORAK, P., GUNTHER, M., ZORN, V., CATSCH, A., Metabolisches Verhalten von kolloidalem Ferricyanoferrate (11), *Naunyn-Schmiedeberg's Archives of Pharmacology* **269** (1971) 48-56.
- FORTH, W., Thallium-Vergiftung, *Münch. med. Wschr.* **125** (1983) 45-50.
- GIESE, W., Der fütterungsabhängige Radio-cäsium - Expositionspfad für nutzbare Haustiere sowie Möglichkeiten zur Verminderung der radioaktiven Strahlenbelastung, *Übers. Tierernährung* **15** (1987a) 113-134.
- GIESE, W., Über den Grad der Absorbierbarkeit von Fe-59 aus Ammonium-Eisen-59-Hexacyanoferrat durch Milchkühe, 2. Teilbericht (B), Fachgebiet Medizinische Physik, Tierärztliche Hochschule Hannover (1987b).
- GIESE, W.W., Ammoniumferric-cyano-ferrate (11) (AFCF) as an effective antidote against radiocaesium burdens in domestic animals and animal derived foods, *British Veterinary Journal* **144** (1988) 363-369.
- GIESE, W.W., Countermeasures for reducing the transfer of radiocaesium to animal derived foods, *The Science of the Total Environment* **85** (1989) 317-327.
- GIESE, W., MOLNER, S., LINGENS, K., Unpublished data cited in Giese, W. (1988), *British Veterinary Journal* **144** (1987) 363-369.
- HARTVIG, P., Chemical principles of chelate therapy in neurotoxicology, *Acta Neurol. Scand.* **70** (suppl. 100) (1984) 99-202.
- HEYDLAUF, H., Ferric-cyanoferrate (11): an effective antidote in thallium poisoning, *European Journal of Pharmacology* **6** (1969) 340-344.
- HANSEN, H.S., HOVE, K., BARVIK, K., STRAND, P., SELNES, T. (in preparation).
- HOVE, K., STRAND, P., SALBU, B., OUGHTON, D., ASTASHEVA, N., VASILIEV, A., RATNIKOV, A., AVERIN, V., FIRSAKOVA, S., CRICK, M., RICHARDS, J.I., "Use of casium binders to reduce radiocaesium contamination of milk and meat in Belarus, Russia and Ukraine", *Environmental Input of Radioactive Releases (Proc. Int. Symp. Vienna, 1995)*, IAEA, Vienna (1995).
- IINUMA, T.A., IZAWA, M., WATARI, K., ENOMOTO, Y., MATSUSAKA, N., INABA, J., KASUGA, T., NAGAI, T., Application of metal ferrocyanide-anion exchange resin to the enhancement of elimination of ^{137}Cs from human body, *Health Physics* **20** (1971) 11-21.

- IOANNIDES, K.G., MANTZIOS, A.S., PAPPAS, C.P., Influence of Prussian Blue in reducing transfer of radiocaesium into ovine milk, *Health Physics* **60** (1991) 262-264.
- KAMERBEEK, H.H., RAUWS, A.G., TEN HAM, M., VAN HEIJST, A.N.P., Prussian Blue in therapy of thallotoxicosis, *Acta Med. Scand.* **180** (1971) 321-324.
- KARGACIN, B., MALJKOVIC, T., BLAUNSA, M., KOSTIAL, K., The influence of a composite treatment for internal contamination by several radionuclides on certain health parameters in rats, *Arh. hig. rada toksicol.* **36** (1985) 165-172.
- KOSTIAL, K., KARGACIN, B., RABAS, I., BLANUSA, M., MALJKOVIC, T., MALKOVIC, V., CIGANOVIC, M., Simultaneous reduction of radioactive strontium, caesium and iodine retention by single treatment in rats, *The Science of the Total Environment* **22** (1981) 1-10.
- LEHMAN, P.A., FAVARI, L., Acute thallium intoxication: Kinetic study of the relative efficacy of several antidotal treatments in rats, *Archives of Toxicology* **57** (1985) 56-60.
- LELOUX, M.S. NGUYEN PHU LICH, CLAUDE, J.R., Experimental studies of several antidotal treatments on the tissue distribution and elimination of thallium, after subacute intoxication, *Journal de Toxicologie Clinique et Expérimentale* **10** (1990) 147-156.
- LIPSZTEIN, J.L., BERTELLI, L., OLIVERIA, C.A.N., DANTAS, B.M., Studies of Cs retention in the human body related to body parameters and Prussian Blue administration, *Health Physics* **60** (1991) 57-61.
- MADSHUS, K., STRÖMME, A., Increased excretion of ^{137}Cs in humans by Prussian Blue, *Zeitschrift für Naturforschung A* **23** (1968) 391-392.
- MADSHUS, K., STRÖMME, A., BOHNE, F., NIGROVIC, V., Diminution of radiocaesium body-burden in dogs and human beings by Prussian Blue, *International Journal of Radiation Biology* **10** (1966) 519-520.
- MOESCHLIN, S., Thallium poisoning, *Clinical Toxicology* **17** (1980) 133-146.
- NIGROVIC, V., Enhancement of the excretion of radiocaesium in rats by ferric cyanoferrate (II), *International Journal of Radiation Biology* **7** (1963) 307-309.
- NIGROVIC, V., Retention of radiocaesium by the rat as influenced by Prussian Blue and other compounds, *Phys. Med. Biol.* **10** (1965) 81-91.
- NIGROVIC, V., BOHNE, F., MADSHUS, K., Dekorporation von Radionukliden (Untersuchungen an Radiocaesium), *Strahlentherapie* **130** (1966) 413-419.
- PAI, V., Acute thallium poisoning. Prussian Blue therapy in 9 cases, *West Indian Medical Journal* **36** (1987) 256-258.
- PEARCE, J., UNSWORTH, E.F., MCMURRAY, C.H., MOSS, B.W., LOGAN, E., RICE, D., HOVE, K., The effects of Prussian Blue provided by indwelling rumen boli on the tissue retention of dietary radiocaesium by sheep, *The Science of the Total Environment* **85** (1989) 349-355.
- PEARCE, J., HOVE, K., UNSWORTH, E.F., MOSS, B.W., A study of the use of indwelling boli containing Prussian Blue as a countermeasure to reduce the tissue radiocaesium content of sheep (in preparation).

- PEARCE, J., SMITH, J. Histopathological studies of the effects of indwelling rumen boli containing Prussian Blue in the sheep (in preparation).
- RAUWS, A.G., Thallium pharmacokinetics and its modification by Prussian Blue, *Naunyn-Schmiedeberg's Archives of Pharmacology* **284** (1974) 295-306.
- RICHARDS, J.I., HANCE, R.J., Countermeasures to the agricultural consequences of Chernobyl, *IAEA Bulletin* **42**, Vienna (1996).
- RICHARDS, J.I., HANCE, R.J., DARGIE, J.D., LUPIEN, J.R., WHITEHEAD, A.J., RANDELL, A.W., FIELD, C.B., "One decade after Chernobyl: the FAO response", *One Decade After Chernobyl - Summing Up the Consequences of the Accident* (Proc. FAO/EC/IAEA Int. Conf. Vienna, 1996), Vienna (1996).
- RICHARDS, J.I., WEDEKIND, L., Reducing radiocaesium contamination of food products in the Chernobyl area, *IAEA Bulletin* **1**, Vienna (1993) 18-23.
- RICHMOND, C.R., BUNDE, D.E., Enhancement of caesium-137 excretion by rats maintained chronically on ferric ferrocyanide, *Proceedings of the Society of Experimental Biology and Medicine* **121** (1966) 664-670.
- ROBERTS, L., Radiation accident grips Goiania, *Science* **238** (1987) 1028-1031.
- STERNER, W., CHIBANGUZA, G., Akute orale Toxizität an Ratten mit Giese-Salz [ammonium (III) hexacyanoferrat (II)] (in Anlehnung an die OECD-Richtlinien), IBR, Forschungs GmbH, Südkampen Nr.31,3030 Walsrode 1, Hannover (Projekt-Nr.:1-4-894-86) (1987).
- TANG, M.H., GONG, Y.F., SHEN, C.Y., YE, C.Q., WU, D.C., Measurement of internal contamination with radioactive caesium released from the Chernobyl accident and enhanced elimination by Prussian Blue, *Journal of Radiological Protection* **8** (1988) 25-28.
- THOMPSON, D.F., Management of thallium poisoning, *Clinical Toxicology* **18** (1981) 979-990.
- VAN KESTEREN, R.G., RAUWS, A.G., DE GROOT, G., VAN HEYST, A.N.P., Thallium intoxication. An evaluation of therapy, *Intensiv. Med.* **17** (1980) 293-297.
- WENCKER, D., SPIESS, B., LAPP, C., LAUGEL, P., Influence of hexacyanoferrate (II) based treatments upon the elimination of heavy metal traces in urine. I. The case of lead, *Food Additives and Contaminants* **6** (1989) 351-357.
- WENCKER, D., SPIESS, B., LAUGEL, P., Influence of hexacyanoferrate (II) based treatments upon the elimination of heavy metal traces in urine. II. The case of cadmium, *Food Additives and Contaminants* **7** (1990) 375-379.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION, "Anti-caking agents. Calcium, potassium, sodium ferrocyanide", *Toxicological Evaluation of Some Food Additives Including Anti-caking Agents, Antimicrobials, Antioxidants, Emulsifiers and Thickening Agents*, World Health Organisation, Geneva, W1 W14H No. 5 (1974) 15-18.

СПЕЦИАЛИСТЫ, ПРИНИМАВШИЕ УЧАСТИЕ В ПОДГОТОВКЕ И РАССМОТРЕНИЮ ТЕКСТА ДОКЛАДА

Averin, V.S.	Belarus Institute of Agricultural Radiology, Gomel, Belarus
Firsakova, S.K.	Belarus Institute of Agricultural Radiology, Gomel, Belarus
Gurkov, V.V.	Department of Chernobyl Disaster Problems, Ministry of Agricultural Production, Minsk, Belarus
Assimakopoulos, P.	Nuclear Physics Laboratory, University of Ioannina, Ioannina, Greece
Hove, K.	Department of Animal Science, Agricultural University of Norway, Ås-NLH, Norway
Skuterud, L.	Norwegian Radiation Protection Authority, Østerås, Norway
Strand, P.	Norwegian Radiation Protection Authority, Østerås, Norway
Aleksakhin, R.M.	Radiation Biology and Medicine Section, Russian Institute of Agricultural Radiology and Agroecology, Obninsk, Kaluga Region, Russian Federation
Astasheva, N.	Institute of Extreme Situations in Agriculture, Moscow, Russian Federation
Ratnikov, A.	Russian Institute of Agricultural Radiology and Agroecology, Obninsk, Kaluga Region, Russian Federation
Travnikova, I.	Institute of Radiation Hygiene, St. Petersburg, Russian Federation
Sobolev, A.	Ukrainian Institute of Agricultural Radiology, Kiev, Ukraine
Prister, B.S.	Ukrainian Institute of Agricultural Radiology, Kiev, Ukraine
Pronevich, V.	Sarni Research Station, Sarni, Rovno Region, Ukraine
Pearce, J.	Food Science Department, The Queen's University of Belfast, Belfast, N. Ireland, United Kingdom
Crick, M.	International Atomic Energy Agency
Richards, J.I. (Scientific Secretary)	FAO/IAEA Agriculture and Biotechnology Laboratory