



ЖИВОТНОВОДСТВО И ВЕТЕРИНАРНАЯ МЕДИЦИНА

Г.В.Столяров, аспирант

Белорусский НИИ экономики и информации АПК

УДК 636.085:539.16.04



Организация кормопроизводства на сельскохозяйственных угодьях, загрязненных радионуклидами

В статье изложены научные основы ведения животноводства на загрязненных радионуклидами сельскохозяйственных угодьях, уточнена система мер, направленных на обеспечение получения животноводческой продукции в соответствии с республиканскими допустимыми уровнями (РДУ-96), рассмотрены вопросы организации кормовой базы, показан расчет потребности денежных средств на приобретение и внесение дополнительных доз удобрений, а также на проведение культуртехнических мероприятий.

The scientific basis of animal breeding on the agricultural lands polluted with the radiation are under consideration, the system of measures to provide animal breeding production according to republic standard levels (RSL-96) are present, the feed base organization is regarded, financial needs calculation to purchase and carry in additional quantity of fertilizers and also to carry out cultural technical measures are shown in this article.

Произошедшая авария на Чернобыльской АЭС привела к выбросу в окружающую среду большого количества радиоактивных веществ и интенсивному загрязнению природной среды, в том числе сельскохозяйственных угодий на значительных территориях. Так, общее количество выброшенного радиоцезия составило 140×10^{15} Бк, йода-131 – 2×10^{18} Бк.

Около 70% радиоактивных веществ выпало на территорию Беларуси. При этом 23% территории республики ($46,5$ тыс. км²) с 3668 населенными пунктами оказалось загрязненной цезием-137 более 37 кБк/м². Для сравнения: в Украине зона с уровнем загрязнения более 37 кБк/м² занимает площадь 28,5 тыс. км² (5%, 1599 населенных пунктов), в России – 35,2 тыс. км² (0,6%, 1088 населенных пунктов).

Загрязнение территории Беларуси радионуклидами имеет неравномерный характер. Максимальные уровни загрязнения были обнаружены в 30-километровой зоне вокруг АЭС: по цезию-137 – 18500 кБк/м², по стронцию-90 – более 455 кБк/м², по плутонию-239, 240 – около 150 кБк/м².

Основные массивы загрязненных пахотных земель и луговых угодий сосредоточены в Гомельской (58%) и Могилевской областях (27%). В Брестской, Гродненской и Минской областях их доля от общей площади сельскохозяйственных угодий в республике составляет соответственно 6, 5 и 5%. Наибольший уровень загрязнения радиоцезием отмечался в д. Шепетовичи Чечерского района (2272 кБк/м²) Гомельской области.

Загрязнение территории республики стронцием-90 более 5,5 кБк/м² было выявлено на 21,1 тыс. км² (10%

общей площади Беларуси). Максимальные уровни загрязнения почвы стронцием-90 в населенных пунктах ближней зоны отмечаются в границах 30-километровой зоны ЧАЭС и достигают 1800 кБк/м² в Хойникском районе Гомельской области. Наибольшее содержание стронция-90 в почвах далекой зоны обнаружено на удалении 250 км от ЧАЭС в северной части Гомельской области в Ветковском районе – 137 кБк/м².

В зависимости от плотности радиации, например, в Наровлянском районе Гомельской области уровень загрязнения сельскохозяйственных угодий цезием-137 по состоянию на 01.01.98 г. составил:

– 1–5 Ки/км² – совхоз “Братство” – 1412 га (42,9%), совхоз “Дзержинский” – 725 га (22,0%), колхоз им. Фрунзе – 699 га (21,2%), ПХ/СХ “Кировский” – 277 га (8,4%), колхоз “Чырвоны баец” – 132 га (4,0%), колхоз “Головчицы” – 46 га (1,5%);

– 5–15 Ки/км² – колхоз “Чырвоны баец” – 2428 га (23,3%), совхоз “Братство” – 1658 га (15,9%), совхоз “Дзержинский” – 1527 га (14,7%), колхоз “Головчицы” – 1370 га (13,2%), колхоз “Советская Белоруссия” – 1295 га (12,4%), колхоз им. Фрунзе – 1195 га (11,5%), ПХ/СХ “Кировский” – 629 га (6,0%), агропромтехникум – 203 га (1,9%), колхоз “Октябрь” – 101 га (1,1%);

– 15–40 Ки/км² – колхоз “Головчицы” – 1670 га (26,8%), колхоз “Октябрь” – 1287 га (20,7%), ПХ/СХ “Кировский” – 1139 га (18,3%), колхоз “Чырвоны баец” – 963 га (15,5%), совхоз “Дзержинский” – 396 га (6,4%), колхоз “Советская Белоруссия” – 380 га (6,0%), совхоз “Братство” – 157 га (2,5%), колхоз им. Фрунзе – 145 га (2,3%), агропромтехникум – 92 га (1,5%);

– свыше 40 Ки/км² – колхоз “Октябрь” – 492 га (85,9%), колхоз “Чырвоны баец” – 69 га (12,0%), ПХ/СХ “Кировский” – 12 га (2,1%).

В результате Чернобыльской катастрофы площадь сельскохозяйственных угодий, загрязненных цезием-137 с плотностью более 37 кБк/м², составляет в республике 1,6 млн. га. Более 260 тыс. га исключены из использования в сельскохозяйственном производстве. Радиационная обстановка потребовала ликвидации 20 колхозов и совхозов в Гомельской области, в том числе выведено из сельхозоборота: в Брагинском районе – 9, Наровлянском – 5 и Хойникском – 6 хозяйств.

Таким образом, радиоактивное загрязнение территории Беларуси создало условия, при которых в течение длительного времени оказывается невозможной эксплуатация земельных угодий.

Сельскохозяйственная продукция, содержащая радионуклиды, является источником дополнительного облучения населения. Поэтому снижение их содержания в продукции животноводства (молоко, мясо) и растениеводства является одной из основных задач при ликвидации последствий радиоактивного загрязнения сельскохозяйственных угодий.

Система удобрений должна быть направлена на обеспечение стабильного урожая и на снижение накопления радионуклидов в продукции. В первую очередь необходимо задействовать все источники обогащения почв органическим веществом (навоз, торфяная крошка). По результатам проведенных исследований БелНИИПА (Богдевич И.М., Агеев В.Ю., Смеян Н.И. и др.) установлено, что применение органических удобрений уменьшает содержание радионуклидов в продукции растениеводства на 15–30%, одновременно повышает урожай сельскохозяйственных культур, обеспечивает бездефицитный баланс гумуса в почве, снижая напряженность в ней с фосфором и калием.

Основным агротехническим приемом, уменьшающим поступление радионуклидов в цепи почва–растение–корм–продукция животноводства, является применение калийных удобрений, что связано с антагонистическим характером отношения цезия и калия в почвенном растворе и эффектом разбавления в надземной массе растений. По оценкам научных исследований БелНИИПА определено, что на супесчаных почвах с плотностью загрязнения стронцием-90 0,3–0,5 Ки/км² повышение дозы калия со 120 до 180 кг/га сопровождается снижением накопления стронция-90 в клубнях различных сортов картофеля на 33–57% при одновременном повышении урожая на 20–50 ц/га.

Из этого можно сделать вывод о том, что использование минеральных и органических удобрений относится к числу наиболее эффективных способов уменьшения концентрации радионуклидов в урожае.

Необходимо отметить, что внесение удобрений является довольно затратным мероприятием. Расчет, сделанный по Наровлянскому району, показывает, что в 1998 г. наибольшие затраты (466,6 млн. руб.) на приобретение и внесение дополнительных доз калийных удобрений наблюдались по колхозу “Чырвоны баец”, а наименьшие (38,6 млн. руб.) – по агропромтехникуму (табл.1). И это не случайно. Ведь стоимость удобрений, затраты на дополнительные услуги и доставку в хозяйство по колхозу “Чырвоны баец” гораздо выше, чем по агропромтехникуму. Так, стоимость удобрений по колхозу “Чырвоны баец” составила 419,0 млн. руб., а по агропромтехникуму – 34,6 млн. руб.

К культуртехническим способам снижения содержания радионуклидов в растениеводческой продукции относятся приемы обработки почвы, обеспечивающие их удаление из верхнего слоя почвы. Так, для дезактивации луговых трав верхний слой почвы (до

Таблица 1. Расчет потребности денежных средств на приобретение и внесение дополнительных доз калийных удобрений по Наровлянскому району в 1998 г.

Наименование хозяйств	Площадь, га	Объем (количество) дополнительных удобрений, т. д.в.	Всего затрат, млн. руб.	В том числе		
				стоимость удобрений	дополнительные услуги	доставка в хозяйство
Колхозы						
Головчицы	2753	181,9	415,5	372,8	35,5	7,2
Советская Белоруссия	1610	96,4	219,9	197,6	18,8	3,5
Им. Фрунзе	1986	108,7	248,5	222,9	21,2	4,4
Октябрь	1856	151,7	348,2	311,0	29,5	7,7
Чырвоны баец	3491	204,4	466,6	419,0	39,9	7,7
Совхозы						
Братство	3123	173,9	397,0	356,6	33,9	6,5
Дзержинский	2641	160,3	371,1	328,6	31,3	11,2
Агропромтехникум	284	16,9	38,6	34,6	3,3	0,7
ПХ/СХ “Кировский”	1983	143,2	331,2	293,6	27,9	9,7
Итого	19727	1237,4	2836,6	2536,7	241,5	58,6

5 см) удаляют бульдозером или скрепером. Анализ проведенных исследований (Сироткин А.Н., Алексанн Р.М., Корнеев Н.А.) показал, что при срезке бульдозером слоя почвы до 5 см и его удалении степень дезактивации составляет 90–100%.

По оценкам научных исследований (Корнеев Н.А., Сироткин А.Н., Корнеева Н.В) определено, что перемешивание загрязненного слоя почвы при помощи плантажного плуга ППС-60 на глубину 20–40 см снижает поступление стронция-90 в растения в 2–3,5 раза, а при перемешивании на глубину 60–80 см – в 8–10 раз. Однако этот прием не применим на песчаных почвах, особенно дерново-подзолистого типа, поскольку приводит не только к выходу на поверхность малодоступных песчаных почвообразующих пород, но и создает серьезную угрозу ветровой эрозии. Исследованиями сотрудников БелНИИ МСХ (Василевский В.Л., Казакевич П.Л., Ванченко Н.Г.) в совхозе “Ветковский” Гомельской области после аварии на ЧАЭС определено, что при запашке радиоактивного верхнего слоя почвы (5–6 см) на дно борозды на глубину 30–40 см достигается уменьшение накопления цезия-137 в растениях от 3,1 до 11,5 раза.

Однако культуртехнические работы требуют значительных затрат. Данные таблицы 2 показывают, что в колхозе “Головчицы” Наровлянского района общая стоимость затрат на проведение культуртехнических мероприятий составила в 1997 г. 67,4 млн. руб. Наиболее высокие затраты пришлось на приобретение органических удобрений – 12 млн. руб. (17,8%), семян многолетних трав – 8,8 млн. руб. (13,0%), на перевозку (свыше 5 км) органики – 8,7 млн. руб. (12,9%).

Основной задачей ведения животноводства на сельскохозяйственных угодьях, загрязненных радионуклидами, является получение продукции, соответствующей требованиям республиканских допусти-

мых уровней (РДУ-96). Установлено, что цезий-137 более интенсивно переходит из кормов в молоко и мясо по сравнению со стронцием-90. Например, переход цезия-137 из суточного рациона в говядину составил 4% (на 1 кг продукции), свинину – 25, молоко – 0,62%, а стронция-90 – 0,04; 0,10 и 0,14% соответственно.

Установлена определенная связь между содержанием клетчатки в загрязненном рационе коров при стойловом содержании и переходом цезия-137 в молоко. Так, с увеличением содержания клетчатки в рационе с 1,3–1,8 до 3,1 кг/сутки отмечается уменьшение коэффициента перехода цезия-137 ($K_p (\%) = \frac{Bк/л}{Bк/рац.}$) от 0,9 до 0,6. Как показали эксперименты, проведенные Гомельским НИИ радиологии МЧС РБ (Фирсакова С.К., Аверин В.С., Ильязов Р.Г.), коэффициенты перехода цезия-137 в молоко из рациона с различным уровнем загрязнения кормов при стойловом содержании и выпасе коров на культурном пастбище мало чем различались (от 0,48 до 0,74). Согласно результатам исследований (Корнеев Н.А., Сироткин А.Н.), проведенных на одной и той же разновидности почв (дерново-подзолистые супесчаные), установлено, что коэффициент ($KH = \frac{Bк/кг\ корма}{Bк/кг\ почвы}$) наибольшего накопления цезия-137 в кормах наблюдался у трав естественного луга на сено ($6,12 \pm 0,89$) и на зеленый корм ($1,43 \pm 0,23$), а наименьшего – у кукурузы на силос ($0,07 \pm 0,02$), кормовой свеклы ($0,08 \pm 0,02$) и ячменя ($0,11 \pm 0,03$).

Следовательно, фактором модификации перехода радиоцезия в цепи почва – растение – корм – продукция животноводства является вид кормовых ресурсов, входящих в состав рациона, способ содержания, тип кормовых угодий и характер их использования.

На характер поступления радиоцезия в организм крупного рогатого скота с рационом влияет перевод поголовья в летний период с традиционного пастбищ-

Таблица 2. Затраты на проведение культуртехнических работ в колхозе “Головчицы” Наровлянского района в 1997 г.

Наименование производимых работ	Объем выполненных работ	Стоимость одной единицы, тыс.руб.	Затраты - всего, млн.руб.	В % к итогу
Вспашка болотным плугом на глубину пахотного горизонта, га	48	48,2	2,3	3,4
Погрузка органических удобрений, т	3000	2,6	7,8	11,6
Перевозка свыше 5 км органики, т	3000	2,9	8,7	12,9
Внесение органических удобрений, т	3000	2,4	7,2	10,7
Стоимость органических удобрений, т	3000	4,0	12,0	17,8
Дискование в 3 следа, га	48	113,0	5,4	8,0
Сбор пней, га	48	30,0	1,4	2,1
Уничтожение кочек, га	48	43,0	2,1	3,1
Культивация в 2 следа, га	48	93,0	4,5	6,7
Посев многолетних трав, га	48	56,0	2,7	4,0
Прикатывание после посева, га	48	94,1	4,5	6,7
Семена многолетних трав, кг	1440	6,1	8,8	13,0
Итого	-	-	67,4	100,0

ного содержания на стойлово-выгульное. Установлено, что плотность загрязнения угодий при пастбищном содержании коров составляет $1147,0 \pm 296,0$ кБк/м² и при стойлово-выгульном находится на уровне $1147,0 \pm 74,0$ кБк/м², а концентрация радиоцезия в молоке соответственно равна $984,2 \pm 44,4$ кБк/л и $444,0 \pm 37,0$ кБк/л.

Следовательно, замена пастбищных кормовых угодий на выращивание кормов с пашни позволит снизить загрязненность молока.

Согласно требованиям республиканских допустимых уровней (РДУ-96) содержание цезия-137 в молоке и цельномолочной продукции для пищевых целей не должно превышать 111 Бк/л, стронция-90 – 3,7 Бк/л. Для получения такого молока при низком качестве кормов (когда переход радиоцезия может достигать 1% суточного потребления с кормами) и соответствующей продуктивности стада с удоем 7–8 кг молока в сутки в рационе дойной коровы должно содержаться не более 111 кБк цезия-137, а стронция-90 – не более 2,6 кБк.

В пастбищный период концентрация цезия-137 в зеленой массе трав не должна превышать 185,0 Бк/кг, стронция-90 – 37 Бк/кг. Важно предотвратить выпас коров на изреженных посевах озимой ржи или пастбищах со слабой дерниной и низким (менее 10 см) травостоем, где коэффициент перехода (Кп) радиоцезия за счет попадания почвы с кормом в организм животных может достигать от 1,0 до 4,5%.

Эффективным способом снижения загрязнения радиоцезием продуктов животноводства является использование в рационах кормовых добавок, избирательно связывающих радионуклиды в желудочно-кишечном тракте животных, в частности, ферроцидных препаратов. Применение их в составе болюсов, солилизунца и комбикорма лактирующим коровам и молодняку крупного рогатого скота на заключительной стадии откорма позволяет снизить концентрацию цезия-137 в молоке от 3 до 10 раз, в мясе – от 2 до 5 раз в зависимости от уровня радиоактивного загрязнения радионуклидами в условиях пастбищного и стойлового периода.

По результатам проведенных исследований (Сироткин А.Н., Алексахин Р.М., Корнеев Н.А.) определено, что переход на силосно-концентратный тип кормления снижает поступление цезия-137 в молоко в 1,7–2,2 раза по сравнению с сеным рационом.

В соответствии с требованиями РДУ-96 содержание цезия-137 в говядине не должно превышать 600 Бк/кг. Для этого при использовании кормов с допустимым уровнем загрязнения общее содержание цезия-137 в суточном рационе не должно превышать 15 кБк.

Существенным фактором модификации перехода радиоцезия в цепи почва – растение – корм – продукция животноводства является характер использования кормовых угодий. Установлено, что наиболее рациональным методом использования естественных пастбищных угодий является загонная пастьба скота в сочетании с подкормкой зеленой массы. Этот прием сни-

жает переход радиоцезия в молоко в 2 раза по сравнению с пастьбой коров без применения зеленой подкормки. Заготовка сена на естественном лугу вместо выпаса животных снижает переход цезия-137 в молоко в 3 раза.

Таким образом, после аварии на ЧАЭС радиационная обстановка в Беларуси обусловлена не только существенными условиями загрязнения территории, но и специфическими условиями Полесья, определяющими высокую степень перехода цезия-137 в цепи почва – растение – корм – продукция животноводства. Установлено, что из-за легкого механического состава почвы Полесья лишены способности прочно фиксировать цезий-137. Кроме того, низкое содержание подвижного калия в почвах (110–170 мг/кг) оказывает существенное влияние на поступление цезия в растения. Поэтому для снижения концентрации цезия-137 в растениях необходимо прежде всего использовать органические и минеральные удобрения, которые одновременно повышают урожай сельскохозяйственных культур.

По оценкам проведенных исследований (Фирсакова С.К., Гребенщикова Н.В., Тимофеев С.Р., Новик А.А.) установлено, что коренная мелиорация загрязненных лугов (глубокая пахота с известкованием и внесением минеральных удобрений) обеспечивает устойчивое 3–4-кратное снижение перехода цезия-137 в кормовые культуры, а следовательно, такое же уменьшение концентрации радиоцезия в молоке и мясе.

Снижение накопления радиоактивных веществ в продукции животноводства достигается организацией содержания и кормления животных. Так, перевод животных на стойловое содержание или ограничение времени выпаса на искусственных пастбищах только после перепашки почв и включение в рацион в большом количестве концентратов за счет уменьшения грубых кормов снизят накопление стронция-90 и цезия-137 в молоке и мясе.

Все эти мероприятия ограничивают переход радиоактивных веществ в цепи почва – растение – корм – продукция животноводства.

Таким образом, в результате аварии на ЧАЭС Гомельская область подверглась сильному радиоактивному загрязнению и повышенному переходу радионуклидов из почвы в растения (корма), молоко и мясо, что создало неблагоприятную обстановку для ведения агропромышленного производства и проживания населения, особенно в Брагинском, Хойникском и Наровлянском районах. Установлено, что в среднем коэффициент пропорциональности, связывающий плотность загрязнения почвенно-растительного покрова Белорусского Полесья с концентрацией цезия-137 в молоке, равен $(1-2) \times 10^{-3}$ (Бк/л)/(Бк/м²), повышаясь до 2×10^{-2} (Бк/л)/(Бк/м²) на торфяных почвах и достигая максимума $(4,5-5,0) \times 10^{-2}$ (Бк/л)/(Бк/м²) на наименее плодородных почвах. Наибольшая величина коэффициента накопления в пастбищной растительности отмечалась на торфяно-болотных и дерново-глебовых

почвах (КН=4,3), наименьшая – на почвах более тяжелого механического состава – супесчаных и суглинистых (КН=0,4).

Следовательно, на территории Белорусского Полесья повышенная миграция цезия-137 по цепи почва–растительность–корм–продукция животноводства приурочена к местности, где почвенный покров сформирован преимущественно торфяно-болотными и дерново-глебовыми сильно увлажненными почвами с низким содержанием глинистых минералов. Основной причиной поступления радиоцезия в местную растительность является слабая фиксирующая способность почв, что обусловлено их своеобразным минералогическим составом и практически отсутствием в ней глинистых минералов. Цезий-137, выпавший на поверхность естественных сенокосов и пастбищ, более доступен растениям и при равной плотности загрязнения накапливается в луговой растительности в больших количествах, чем в кормах с пахотных угодий. Причиной этому является то, что радионуклид равномерно распределяется в массе ее пахотного горизонта, а на естественных кормовых угодьях концентрируется в дернине и медленно перемещается в глуболежащие слои почвы. Поэтому при относительно высоких плотностях радиоактивного загрязнения естественные луга и пастбища можно рассматривать как “горячие” радиоэкологические территории, особенно остро нуждающиеся в проведении мелиоративных работ.

Поэтому для снижения концентрации радионуклидов из почвы в сельскохозяйственные растения необходимо использовать различные присмы, которые разделяются на две основные группы: общепринятые (традиционные) в агропромышленном производстве мероприятия, направленные на сохранение и увеличение плодородия почвы, рост урожайности, повышение качества растениеводческой продукции и одновременно способствующие уменьшению перехода радиоактивных веществ из почвы в растения; специальные приемы (удаление верхнего загрязненного слоя почвы, внесение в нее специальных мелиорантов, связывающих радионуклиды в труднодоступные для растений формы и т.п.).

Использование минеральных и органических удобрений, добавление в почву извести и торфа, применение магниевых удобрений относятся к числу наиболее эффективных способов уменьшения радионуклидов в урожае.

Агротехнические приемы предусматривают: предотвращение загрязнения растений путем сокращения междурядных обработок; проведение работ по влажной почве; замену механической прополки химической; использование широкозахватной техники (в том числе авиации); изменение технологии возделывания и заготовки, способов и времени уборки урожая, сокращающих дополнительное загрязнение; подбор сортов, видов культур, травосмесей; поверхностное улучшение кормовых угодий; коренное улучшение сенокосов и пастбищ; увеличение доли площадей под культуры с низким уровнем накопления; максимальное повышение урожайности культур.

Организационные мероприятия включают: проведение инвентаризации угодий по плотности загрязнения; сопоставление почвенных характеристик угодий и данных об их загрязнении; прогнозирование загрязнения урожая и эффективности мероприятий; инвентаризацию угодий в соответствии с результатом прогноза и определение площадей для возделывания культур; использование урожая в различных целях (на корм, семена, технологическую переработку); изменение структуры посевных площадей; организацию радиологического контроля продукции.

Технологические приемы, направленные на получение чистой продукции, включают переработку продукции с целью снижения концентрации радионуклидов. Установлено, что при переработке молока в творог переходит 5,2–13,4% цезия-137 и 16–35 стронция-90, в сливки – соответственно 4,5–10,0 и 2,2–4,7%, в масло – только около 1% от исходного содержания радионуклидов в молоке. Следовательно, молоко–сырье для дальнейшей переработки можно получать при плотности загрязнения супесчаных почв стронцием-90 соответственно до 1,2 и 2,8 Ки/км² на естественных и культурных пастбищах. При более высокой плотности загрязнения почв можно выпасать скот только для откорма на мясо.

Литература

1. И.М. Богдевич, В.Ю. Агеев, Н.И. Смян Руководство по ведению агропромышленного производства в условиях радиоактивного загрязнения земель Республики Беларусь на 1997–2000 гг. / Под ред. И.М. Богдевича. – Минск: БелНИИПА, 1997. – 76 с.
2. Василевский В.Л., Казакевич П.Л., Винченко Н.Г. Эффективность заправки радиоактивно загрязненного слоя почвы: Тезисы докладов Республиканской научно-практической конференции по радиобиологии и экологии. – Минск, 1990. – 305 с.
3. Изучить основные факторы, определяющие размеры поступления радиоактивных веществ в организм сельскохозяйственных животных и закономерности их транспорта в пищеварительном тракте: Науч. отчет. Науч. руководитель А.Н. Сироткин. – Обнинск, 1991. – 80 с.
4. Корнеев Н.А., Сироткин А.Н. Миграция стронция-90 и цезия-137 по цепи почва – корм – крупный рогатый скот. // Доклады ВАСХНИЛ. – 1982. – Т. 4. – С. 26–28.
5. Сироткин А.Н. Поступление радионуклидов в продукцию животноводства // Сельскохозяйственная радиоэкология / Под ред. Р.М. Алексахина, Н.А. Корнеева. – Москва: Экология, 1991. – С. 106–113.
6. Эффективность агро-мелиоративных мероприятий в снижении накопления цезия-137 растениями на пастбищных угодьях в зоне аварии на Чернобыльской АЭС. С.Н. Фирсакова, Н.В. Гребенщикова, С.Р. Тимофеев, А.А. Новик // Доклады ВАСХНИЛ. – 1992. – Т. 3. – С. 25–27.