

***ВЛИЯНИЕ РЕАБИЛИТАЦИОННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ НА
ПЕРЕХОД ^{137}Cs В СИСТЕМЕ ПОЧВА-РАСТЕНИЕ-ПРОДУКЦИЯ
ЖИВОТНОВОДСТВА НА РАДИОАКТИВНО ЗАГРЯЗНЕННЫХ
КОРМОВЫХ УГОДЬЯХ КАЛУЖСКОЙ ОБЛАСТИ***

Арышева С.П.

к. б. н., старший научный сотрудник

*ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и
агроэкологии,*

Обнинск, Россия

Ратников А.Н.

д. с.-х. наук, профессор, ведущий научный сотрудник

*ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и
агроэкологии,*

Обнинск, Россия

Свириденко Д.Г.

к. б. н., старший научный сотрудник

*ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и
агроэкологии,*

Обнинск, Россия

Попова Г.И.

к. б. н., главный специалист

*ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и
агроэкологии,*

Обнинск, Россия

Аннотация

В статье представлены результаты полевых опытов по влиянию агромелиоративных мероприятий на поведение ^{137}Cs в луговых экосистемах, дана оценка эффективности приемов коренного улучшения травостоя природных лугов по снижению перехода ^{137}Cs в луговую растительность: в ранний период (1998-2000 гг.) после аварийного выброса Чернобыльской АЭС на суходольных лугах Ульяновского района, и в отдаленный период (2007-2009 гг.) на кормовых угодьях Жиздринского района Калужской области.

Показано, что действие реабилитационных мероприятий направлено на повышение плодородия почв, продуктивности растений и снижение миграции ^{137}Cs по трофической цепочке (почва – растения – продукция животноводства). В отдаленный период после аварии на ЧАЭС количественные параметры переноса ^{137}Cs по трофической цепочке определяются уровнем плодородия почв, типом ландшафта, интенсивностью и объемом реабилитационных мероприятий в сельском хозяйстве.

Показано, что агрохимические мероприятия, направленные на повышение плодородия почв, снижают содержание ^{137}Cs в кормах, заготавливаемых на мелиорируемых сенокосах, – до 4,8 раза. Эффективность комплексного органоминерального удобрения СУПРОДИТ как в повышении продуктивности многолетних трав, так и по ограничению поступления ^{137}Cs в травостой, в 1,2-1,7 раза выше, чем нитрофоски. Содержание радионуклида в травах при внесении нитрофоски снижалось в 2 раза, а при внесении СУПРОДИТа – в 3 раза. Применение нитрофоски и СУПРОДИТа при создании сеяного травостоя способствовало снижению содержания ^{137}Cs в молоке до 1,6 раза (действие) и до 3,4 раза (последствие). Внесение СУПРОДИТа в качестве основного удобрения при залужении сенокосов на радиоактивно загрязненных территориях позволяет увеличить сроки эксплуатации созданных сеяных травостоев до 6 лет.

Ключевые слова: радиоактивное загрязнение, ^{137}Cs , коэффициент перехода, типы почвы, минеральные удобрения, СУПРОДИТ, луговые травы, урожайность, эффективность.

THE INFLUENCE OF REHABILITATION MEASURES ON THE TRANSITION ^{137}Cs IN THE SYSTEM SOIL – PLANT - LIVESTOCK PRODUCTS AT THE RADIOACTIVELY CONTAMINATED FEEDING LANDS OF KALUGA REGION

Arysheva S.P.

Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher

Russian institute of radiology and agroecology,

Obninsk, Russia

Ratnikov A.N.

Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Leading Researcher

Russian institute of radiology and agroecology,

Obninsk, Russia

Sviridenko D.G.

Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher

Russian institute of radiology and agroecology,

Obninsk, Russia

Popova G.I.

Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher

Russian institute of radiology and agroecology,

Obninsk, Russia

Abstract

The article presents the results of field experiments on the impact of agromeliorative measures on the behavior of ^{137}Cs in meadow ecosystems, assesses the effectiveness of techniques for the radical improvement of the grassland of natural meadows to reduce the transition of ^{137}Cs to meadow vegetation: in the early period (1998-2000) after Chernobyl radioactive fallouts on the dry meadows of the Ulyanovsk region, and in the remote period (2007-2009) on the forage lands of Zhizdrinsky district of Kaluga region. It is shown that the action of rehabilitation measures is aimed at increasing soil fertility, plant productivity and reducing the migration of ^{137}Cs along the trophic chain (soil – plants – livestock products). In the remote period after Chernobyl accident, the quantitative parameters of ^{137}Cs transport along the trophic chain are determined by the level of soil fertility, landscape type, intensity and volume of rehabilitation measures in agriculture. It is shown that agrochemical activities aimed at improving soil fertility, reduce the content of ^{137}Cs in the harvested feed on ameliorating hayfields up to 4.8 times. The effectiveness of complex organic mineral fertilizer SUPRODIT improves products effectiveness of perennial grasses and limits the content of ^{137}Cs in herbage, 1.2-1.7 times higher than nitrophoska. Contents of the radionuclide in grasses when nitrophoska is applied, decreased in 2 times, and when SUPRODIT is applied – 3 times. The application of nitrophoska and SUPRODIT when you create hayfields led to the reduction in ^{137}Cs content in milk up to 1.6 times (act) and to 3.4 times (aftereffect). Making SUPRODIT as the main fertilizer for hayfields happens in radioactively contaminated territories allows to increase terms of operation established by governmental seeded grass stands up to 6 years.

Keywords: contamination, ^{137}Cs , transfer factor, soil types, fertilizers, SUPRODIT, meadow grasses, yield, efficiency.

Введение

В результате аварии на Чернобыльской АЭС радиоактивному загрязнению подверглись несколько районов Калужской области общей площадью око-

ло 4000 км². Среди пострадавших районов области были Ульяновский и Жиздринский [6]. Если в первые 2–3 года после аварии реабилитационные мероприятия в сельскохозяйственном производстве проводили наиболее интенсивно, то, начиная с 1993 г., объемы работ резко сократились. Так, в Ульяновском районе известкование почв было проведено на площади всего 9% от потребности; ежегодное внесение калийных удобрений составляло 10-20% от рекомендуемых на загрязненных территориях норм. Через 13 лет после аварии в почву вносили 6–13 кг д.в. минеральных удобрений; органические удобрения вносили в дозе 0,6-1,5 т/га [2, 3]. Следовательно, существует риск получения кормов и молока с содержанием ¹³⁷Cs, не соответствующего радиологическим нормативам, в хозяйствах и населенных пунктах этих районов.

Проблема производства растениеводческой продукции (а именно кормов), отвечающей радиологическим стандартам, в отдаленный период после аварии на Чернобыльской АЭС, является актуальной в связи с необходимостью получения экологически безопасной продукции животноводства, в первую очередь молока.

Необходим адресный подход к проведению реабилитационных мероприятий, основанный на изучении и анализе радиационной обстановки, закономерности поведения радионуклидов в агроценозах, оценки риска получения загрязненной сверх нормативов продукции растениеводства. Особенностью отдаленного после аварии на ЧАЭС периода является введение жестких – «доаварийных» санитарно-гигиенических нормативов на сельскохозяйственную продукцию, получаемую на загрязненных угодьях [7].

В связи с этим, были проведены многолетние полевые эксперименты на радиоактивно загрязненных лугопастбищных угодьях (в ранний и отдаленный периоды); была дана оценка влияния реабилитационных мероприятий на количественные показатели миграции ¹³⁷Cs по трофической цепочке (почва – растения – животные – человек) на суходольных лугах в хозяйствах Ульяновского и Жиздринского районов Калужской области. Действие этих мероприятий

направлено на повышение плодородия почв, продуктивности растений и снижение миграции ^{137}Cs по трофической цепочке.

Объекты и методы исследования

Полевые исследования проводили в ранний период (1998-2000 гг.) после аварийного выброса Чернобыльской АЭС на суходольных лугах на дерново-подзолистой легкосуглинистой (колхоз «Красный Маяк») и светло-серой лесной легкосуглинистой (колхоз «Большевик») почвах Ульяновского района, а также в отдаленный период (2007-2009 гг.) на дерново-глеевой супесчаной почве (сельскохозяйственно-производственный кооператив - СПК «Авангард») Жиздринского района.

Почвы южных районов Калужской области, подвергшиеся наибольшему радиоактивному загрязнению после аварии на ЧАЭС, имеют низкий уровень плодородия. Почва опытных участков имела кислую реакцию почвенного раствора, низкое содержание гумуса, слабую насыщенность почвенного поглощающего комплекса обменными основаниями, недостаточную обеспеченность элементами минерального питания растений (табл. 1).

Технологическая схема коренного улучшения травостоя природных лугов включала фрезерование дернины (ФБН-1,5), плужную обработку, дробное внесение извести (2/3 осенью и 1/3 весной). Все технологические операции по залужению осуществляли в соответствии с Рекомендациями [1, 6].

Таблица 1. Агрохимическая характеристика почв лугов:

pH _{ксл}	Нг, мг-экв/100 г почвы	Гумус, %	P ₂ O ₅	K ₂ O	Плотность загрязнения ^{137}Cs , кБк/м ²
			мг/кг почвы		
Дерново-подзолистая легкосуглинистая («Красный Маяк» Ульяновский район)					
4,8	2,76	1,7	29	62	215±21
Светло-серая лесная легкосуглинистая («Большевик» Ульяновский район)					
4,9	2,65	1,65	22	60	251±29
Дерново-глееватая супесчаная («Авангард» Жиздринский район)					
5,8	1,5	1,7	152	83	190±45

Минеральные удобрения вносили в виде NaaPсдKск в дозах: на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве: N90P60K120; навоз – 50 т/га; CaCO₃ – 6

т/га; на светло-серой лесной почве: N90P60K90; N90P120K90; N90P120K120; N90P90K180; N90P120K180; CaCO₃ – 6 т/га; на дерново-глеевой супесчаной почве вносили комплексное органоминеральное удобрение СУПРОДИТ 0,8 т/га, нитрофоску (14:14:14) 640 кг/га. Была посеяна злаковая травосмесь – ежа сборная, тимофеевка луговая, мятлик луговой. Площадь опытных делянок – 50 м². Повторность опытов – 4-кратная. Учет урожая и наблюдения за состоянием травостоя на природных и улучшенных сенокосах и пастбищах проводили по общепринятым методикам в луговодстве.

Агрохимические показатели исследуемых почв определяли по стандартным гостированным методикам. Содержание ¹³⁷Cs в почвенных, растительных образцах и молоке (удельная активность ¹³⁷Cs) определяли гамма-спектрометрическим методом на анализаторе IN-1200 (Франция) с полупроводниковым детектором типа GM 1200(США). Статистическая обработка результатов исследований проводилась с использованием программы EXCEL. Коэффициент перехода (Кп) ¹³⁷Cs рассчитывали как:

$$Кп = \frac{\text{Удельная активность растений (Бк/кг)}}{\text{Плотность загрязнения почвы (Бк/м}^2\text{)}}$$

При проведении экспериментов было использовано разработанное во ВНИИРАЭ новое комплексное органоминеральное удобрение СУПРОДИТ, полученное на основе трепела (тонкопористого кремнистого минерала). Удобрение содержит комплексный сорбент, обладающий высокой емкостью поглощения (126±8 мг-экв./100 г) и биологически активные вещества - гуматы калия. Удобрение имеет повышенную сорбционную способность по отношению к загрязняющим почву веществам - тяжелым металлам и радионуклидам (¹³⁷Cs) техногенного происхождения. Элементный состав СУПРОДИТа (%): N – 8-11; P₂O₅ – 11-13; K₂O – 11-17, Ca – 0,6-1,5; Mg – 0,2-0,4, органическое вещество – 30-40. Удобрение обладает пролонгированным действием, применяется 1 раз в 2-3 года в дозах 650-1000 кг/га, общепринятых для минеральных удобрений в Центральном регионе Российской Федерации. СУПРОДИТ защищен патентом Российской Федерации № 2336257.[4].

Результаты и их обсуждение

Наиболее критическими радиоэкологическими системами в южных районах Калужской области являются природные луга, сформированные на органо-генных и гидроморфных почвах и луга на минеральных почвах, на суглинистых и супесчаных породах, глубоких и мелких песках [2, 5].

Поступление ^{137}Cs из почвы в луговую растительность на природных сенокосах и пастбищах значительно выше, чем в сеяные травостои, так как радионуклид, находящийся в дернине более доступен, чем после многократной перепашки, когда значительная его часть сорбируется почвой. Продуктивность природных сенокосов и пастбищ находится на минимальном уровне и имеет тенденцию к снижению из-за возрастающей нагрузки скота на пастбище и бессистемного их использования. Коренное улучшение травостоя природных сенокосов и пастбищ повышает урожайность трав в 2-6 раз [1, 6].

Содержание ^{137}Cs в злаковом травостое на улучшенном суходоле на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве при внесении извести снижалось в 2 раза (табл. 2). Эффективность известкования в ограничении перехода ^{137}Cs из дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы в травостой была выше, чем на суходоле на светло-серой лесной почве (1,5 раза). Накопление ^{137}Cs в урожае трав на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве при внесении навоза снижалось по сравнению с контролем в 4 раза. Применение навоза и извести повышало плодородие почвы и способствовало ограничению перехода радионуклида в травостой в 3,3 раза. Кп ^{137}Cs в злаковый травостой снижался при внесении минеральных удобрений в 2 раза.

Наибольший урожай трав и снижение содержания ^{137}Cs в сене наблюдалось в вариантах с внесением навоза или в сочетании с известью и NPK (повышение урожая в 4-5 раза; снижение содержания радионуклида составило 3,3-4,8 раза относительно контроля).

Таблица 2. Влияние агрохимических мероприятий на переход ^{137}Cs в злаковый травостой (суходольный луг на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве)

Вариант	Урожай сена, ц/га	Кп ^{137}Cs ,	Содержание ^{137}Cs , Бк/кг сухой массы
Контроль (без удобрений)	15,2	1,16	218±25
CaCO ₃	27,9	0,54	102±15
N90P60K120	46,3	0,61	115±16
CaCO ₃ + N90P60K120	55,9	0,47	88±12
Навоз	60,4	0,29	55±8
CaCO ₃ + навоз	59,3	0,36	67±10
Навоз 50 т/га + N90P60K120	62,9	0,27	50±7
CaCO ₃ + навоз + N90P60K120	78,3	0,24	45±5
НСП ₀₅	4,3		

Эффективность минеральных удобрений, как в увеличении урожайности трав (в 1,8-4,0 раза), так и в снижении содержания ^{137}Cs в луговой растительности (в 2,1-4,0 раза) повышалась на фоне известкования и при внесении навоза. Наиболее эффективным с точки зрения повышения урожайности (в 5,2 раза) травостоя при коренном улучшении суходольного луга на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве являлось совместное применение извести, навоза и минеральных удобрений. Комплексное окультуривание дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы суходольного луга приводило к снижению содержания ^{137}Cs в корме в 4,8 раза (табл. 2).

Известкование кислых почв - первоочередной прием окультуривания сенокосов и пастбищ для повышения их продуктивности. Максимальная прибавка урожая - 47 ц/га, при создании сеяного травостоя на светло-серой лесной почве получена при совместном внесении извести и N90P120K120, а на суходоле на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве - 63 ц/га, при внесении навоза, извести и минеральных удобрений в дозе N90P60K120 (табл. 2 и 3).

Миграция ^{137}Cs в системе почва - злаковый травостой при одинаковых условиях залужения зависит от минералогического состава, условий формирования природных ценозов, уровней потенциального плодородия почв. Кп ^{137}Cs в травостой при коренном улучшении суходола на дерново-подзолистой легкосу-

глинистой почве без агроメリорантов и удобрений был в 2 раза выше, чем на суходоле на светло-серой лесной почве.

Таблица 3. Влияние агрохимических мероприятий на накопление ^{137}Cs в злаковом травостое (суходольный луг на светло-серой лесной почве)

Вариант	Урожай сена, ц/га	Кп ^{137}Cs ,	Содержание ^{137}Cs , Бк/кг сухой массы
Контроль (без удобрений)	41,5	0,55	103±14
CaCO ₃	63,2	0,38	72±12
N90P60K90	65,4	0,52	98±13
CaCO ₃ + N90P60K90	67,9	0,33	62±9
N90P120K90	59,7	0,45	84±11
CaCO ₃ + N90P120K90	68,3	0,31	58±8
N90P120K120	73,1	0,34	63±10
CaCO ₃ + N90P120K120	88,5	0,25	47±5
N90P90K180	71,8	0,27	50±8
CaCO ₃ + N90P90K180	81,9	0,22	41±6
N90P120K180	75,8	0,32	60±8
CaCO ₃ + N90P120K180	85,4	0,18	34±8
НСП ₀₅	4,5		

Известкование снижало содержание ^{137}Cs в луговой растительности на светло-серой лесной почве в 1,4 раза (табл. 3).

Минеральные удобрения в дозе N90P60K90 способствовали повышению продуктивности фитоценоза (прибавка урожая сена 24 ц/га) и незначительно снижали накопление ^{137}Cs в травостое. Увеличение дозы фосфорных и калийных удобрений (P120K120) на фоне N90 ограничивало переход ^{137}Cs в травостой в 1,2-1,6 раза. Применение минеральных удобрений в дозе N90P90K180 при создании культурного сенокоса на суходоле на светло-серой лесной почве снижало содержание ^{137}Cs в луговой растительности в 2 раза.

Накопление ^{137}Cs в урожае трав при внесении минеральных удобрений на фоне известкования снижалось в 1,2-2,2 раза в зависимости от доз. Применение минеральных удобрений с соотношением N:P:K=1:1:2 и N:P:K=1:1,3:2 и известки при залужении суходольного луга на светло-серой лесной почве обеспечивало получение кормов с наименьшим содержанием ^{137}Cs – содержание радионуклида в сухой биомассе снижалось в 2,5-3 раза (табл. 3).

Оценка эффективности применения СУПРОДИТа и нитрофоски в повышении продуктивности и снижении перехода ^{137}Cs в луговые травы проведена на в СПК «Авангард» Жиздринского района. Показано, что применение СУПРОДИТа при коренном улучшении луга обеспечивало прибавку урожая сена 4,1 т/га (по действию) и 3,1 т/га на 3-й год опыта (табл. 4). Максимальная прибавка урожая сена была получена в варианте с применением СУПРОДИТа на 2-й год (на 4,7 т/га). Внесение нитрофоски в почву при создании злакового травостоя повышало урожайность в 2,8 раза по сравнению с контролем.

Таблица 4. Действие СУПРОДИТа и нитрофоски на урожай сена

Вариант	2007		2008		2009	
	Урожай сена, т/га	Прибавка, т/га	Урожай сена, т/га	Прибавка, т/га	Урожай сена, т/га	Прибавка, т/га
Контроль	1,4	—	1,6	—	1,0	—
Нитрофоска	3,8	2,4	4,4	2,8	2,9	1,8
СУПРОДИТ	5,5	4,1	6,4	4,7	4,2	3,1

Улучшение условий минерального питания луговых трав не только повышало их урожайность, но и обеспечивало снижение поступления ^{137}Cs в вегетативную массу. $K_p^{137}\text{Cs}$ из почвы в травостой при внесении нитрофоски снижался в 1,4-1,9 раза (табл. 5). Эффективность СУПРОДИТа как в повышении продуктивности многолетних трав, так и по ограничению поступления ^{137}Cs в травостой, в 1,2-1,8 раза выше, чем нитрофоски во все периоды наблюдений. Положительное влияние СУПРОДИТа по ограничению поступления ^{137}Cs из почвы в луговую растительность связано с тем, что входящий в его состав комплексный сорбент обладает высокой емкостью поглощения и снижает подвижность радионуклида в почве, переводя его в фиксированное состояние.

Таблица 5. Влияние удобрений на переход ^{137}Cs в вегетативную массу, $K_p^{137}\text{Cs}$

Вариант	2007	2008	2009
Контроль	0,48±0,06	0,29±0,04	0,40±0,07
Нитрофоска	0,34±0,04	0,20±0,03	0,21±0,04
СУПРОДИТ	0,26±0,04	0,17±0,03	0,12±0,03

Наблюдения за динамикой накопления ^{137}Cs в сене показали, что содержание радионуклида в корме при внесении нитрофоски снижалось в 1,3-1,9 раза, а при внесении СУПРОДИТа – в 1,6-3,4 раза. Содержание ^{137}Cs в сене при использовании СУПРОДИТа было в 1,2-1,8 ниже, чем при внесении нитрофоски (таб. 6). Применение нитрофоски и СУПРОДИТа при создании сеяного травостоя способствовало снижению содержания радионуклида в молоке в 1,3-1,9 (действие) и в 1,6-3,4 раза (последствие) (табл. 6).

Таблица 6. Содержание ^{137}Cs в сене и молоке в зависимости от вида удобрений

Вариант	2007		2008		2009	
	Содержание ^{137}Cs в сене (Бк/кг) и молоке (Бк/л)					
	сено	молоко (прогноз)	сено	молоко (прогноз)	сено	молоко (прогноз)
Контроль	137,4	22,0	78,0	12,5	94,2	15,1
Нитрофоска	102,2	16,4	52,3	8,4	50,2	8,0
СУПРОДИТ	86,2	13,8	40,7	6,5	27,5	4,4

Заключение

Результаты проведенных исследований свидетельствуют, что в отдаленный период после аварии на ЧАЭС количественные параметры переноса ^{137}Cs по трофической цепочке определяются уровнем плодородия почв, типом ландшафта, интенсивностью и объемом реабилитационных мероприятий в сельском хозяйстве. Агрохимические мероприятия, направленные на повышение плодородия почв, снижают содержание ^{137}Cs в кормах, заготавливаемых на мелиорируемых сенокосах, до 4,8 раза. Использование СУПРОДИТа, обладающего высокой емкостью поглощения, улучшает сорбционные свойства дерново-подзолистой супесчаной почвы, что приводит к ограничению перехода ^{137}Cs в вегетативную массу трав по дискованию в 3,7 раза, а по вспашке – в 4 раза.

Внесение СУПРОДИТа в качестве основного удобрения при залужении сенокосов на радиоактивно загрязненных территориях позволяет увеличить сроки эксплуатации созданных сеяных травостоев до 6 лет.

Наиболее эффективным агрохимическим приемом при коренном улучшении суходольного луга на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве являлось совместное применение извести, навоза и минеральных удобрений: наблюдалось повышение урожая в 4-5 раза; снижение содержания радионуклида составило 3,3-4,8 раза относительно контроля.

Эффективность известкования в ограничении перехода ^{137}Cs из дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы в травостой была выше в 1,5 раза, чем на суходоле на светло-серой лесной почве.

Применение минеральных удобрений с соотношением N:P:K=1:1:2 и N:P:K=1:1,3:2 и извести при залужении суходольного луга на светло-серой лесной почве обеспечивало получение кормов с наименьшим содержанием ^{137}Cs – содержание радионуклида в сухой биомассе снижалось в 2,5-3 раза

Внесение нитрофоски и СУПРОДИТа при коренном улучшении луга повышало урожайность трав в 2,8 раза по сравнению с контролем и обеспечивало прибавку урожая сена 4,1 т/га (по действию) и 3,1 т/га на 3-й год опыта.

Содержание ^{137}Cs в сене при использовании СУПРОДИТа было в 1,2-1,8 ниже, чем при внесении нитрофоски во все периоды наблюдений. Совместное применение нитрофоски и СУПРОДИТа при создании злакового травостоя способствовало снижению содержания радионуклида в молоке в 1,3-1,9 (действие) и в 1,6-3,4 раза (последствие)

Библиографический список:

1. Алексахин Р.М. Реестр технологических приемов восстановления техногенно нарушенных сельскохозяйственных земель. / Р.М. Алексахин, А.Н. Ратников, Л.Н. Ульяненко [и др.] / Обнинск: ГНУ ВНИИСХРАЭ РАСХН, 2009. - 106 с.
2. Дубовая В.Г. Анализ факторов, определяющих уровни загрязнения сельскохозяйственной продукции, и обоснование защитных мероприятий в отдаленный период после аварии на Чернобыльской АЭС (на примере загрязненных районов Калужской области) / В.Г. Дубовая // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук. - Обнинск. - 2001 - 28 с.

3. Жигарева Т.Л. Влияние технологических приемов возделывания сельскохозяйственных культур на накопление ^{137}Cs в урожае / Т.Л. Жигарева, А.Н. Ратников, Р.М. Алексахин [и др.] // Агрехимия. - 2003. - № 10. - С. 67-74.
4. Патент на изобретение № 2336257 «от 20 октября 2008 г» (авторы - Ратников А.Н., Анисимов В.С., Жигарева Т.Л. [и др.]). Описание изобретения к патенту. 6 с. - 2008 - Бюл. № 29.
5. Ратников А.Н. Применение Супродита в технологиях возделывания многолетних трав на техногенно загрязненных территориях / А.Н. Ратников, Г.И. Попова, Н.И. Санжарова [и др.]. // Научные основы повышения эффективности систем земледелия и животноводства: Труды региональной научно-практической конференции (апрель 2011 г.). – Калуга. - 2011. - С. 33-39.
6. Рекомендации по ведению сельскохозяйственного производства на радиоактивно загрязненной территории Калужской области / Под ред. Р.М. Алексахина. Обнинск-Москва. 1997. 130 с.
7. СанПиН 2.3.2. 1078-01. Продовольственное сырье и пищевые продукты. Гигиенические требования к безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов. / Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. – М: Минздрав России. - 2002.