

Разработка стратегии адресной реабилитации сельских территорий, пострадавших от аварии на ЧАЭС

А.В. Панов

Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной радиологии и агроэкологии РАСХН, Обнинск

Представлен методический подход к обоснованию рациональных вариантов защитных мероприятий при ведении сельскохозяйственного производства в отдаленный период после аварии на ЧАЭС. Населенные пункты и хозяйства, расположенные на загрязненной территории, разделены по категориям, основанным на плотности загрязнения ^{137}Cs и на дозах внутреннего облучения населения (в первом случае), а также на риске превышения нормативов в сельскохозяйственных продуктах (во втором случае). Для каждой категории хозяйств и населенных пунктов разработаны комплексы оптимальных мер по их реабилитации.

Ключевые слова: авария на Чернобыльской АЭС, агропромышленное производство, радиоактивное загрязнение, защитные мероприятия, радиационная безопасность.

Введение

Авария на Чернобыльской АЭС явилась крупнейшей в истории ядерной энергетики и привела к масштабному загрязнению сельскохозяйственных угодий. Многие особенности формирования радиэкологической ситуации после аварии были обусловлены неоднородностью радиоактивных выпадений, различиями в радионуклидном составе выбросов, разнообразием природно-климатических условий в зоне загрязнения [1].

Проблемы ведения сельскохозяйственного производства в зоне аварии и обеспечения населения продукцией, соответствующей санитарно-гигиеническим нормативам, относились к числу наиболее сложных, так как затрагивали социальные вопросы поддержания или восстановления привычного уклада жизни сельского населения на огромной территории [1, 2].

В результате реализации комплекса защитных и реабилитационных мероприятий радикально оздоровлена радиэкологическая ситуация на территориях, подвергшихся воздействию аварии на ЧАЭС [3, 4]. В то же время, несмотря на существенное улучшение радиационной обстановки в России, к настоящему моменту не удалось полностью решить проблему обеспечения радиационной безопасности населения, проживающего на территориях, загрязненных в результате аварии. Так, в ряде районов Брянской области до настоящего времени наблюдаются высокие уровни радиоактивного загрязнения аграрных и природных экосистем, а также низкие темпы снижения содержания радионуклидов в сельскохозяйственной пищевой продукции и дарах леса, что влияет на формирование дополнительной дозовой нагрузки на население, проживающее в данном регионе [5]. Это приводит к необходимости продолжения проведения комплекса работ по дальнейшей реабилитации радиоактивно загрязненных территорий и определения оптимальных стратегий использования контрмер. Учитывая сложность сферы агропромышленного комплекса как объекта управления, оптимизация защитных мероприятий является многофакторной задачей. Решение ее связано с обоснованием критериев для оценки оправданности контрмер и определения факторов, влияющих на эффективность защитных мероприятий,

с разработкой моделей, методов и программных средств для поддержки принятия решений по рациональному планированию защитных мероприятий в сельском хозяйстве на территориях, пострадавших от аварии на ЧАЭС.

Методология планирования защитных мероприятий в сельском хозяйстве при реабилитации радиоактивно загрязненных территорий

Для обоснования и оценки эффективности защитных мероприятий по снижению доз облучения населения, пострадавшего от радиационных аварий, предложен методологический подход, основанный на классификации населенных пунктов и хозяйств коллективного сектора с учетом факторов, определяющих загрязнение сельскохозяйственной продукции, формирование доз облучения населения и эффективность контрмер [6]. К числу таких факторов относятся: плотность выпадений, особенности сельскохозяйственных угодий (в частности, характеристики почв, ранее проведенные контрмеры и т.д.), использующихся для производства местных продуктов, и вклад продуктов леса в рацион питания населения [7]. Учитывая отмеченные особенности, хозяйства коллективного сектора и населенные пункты, находящиеся в зоне, подвергшейся загрязнению после аварии на ЧАЭС, необходимо классифицировать по плотности загрязнения ^{137}Cs :

– сельскохозяйственные угодья, используемые для производства продукции (коллективный сектор). Классификация проводится на основе следующих градаций: 37–185, 185–555, 555–740 и более 740 кБк/м²;

– территории населенного пункта (частный сектор). В качестве значений плотности загрязнения ^{137}Cs , в соответствии с которыми проводится классификация населенных пунктов, выбраны 37–185, 185–370, 370–555 и более 555 кБк/м².

Хозяйства коллективного сектора классифицируются также по риску (вероятности) производства продукции с содержанием ^{137}Cs , превышающим нормативы СанПиН 2.3.2.1078-01. Проведено следующее разделение хозяйств по риску превышения нормативов: 0–10, 10–50, 50–90 и более 90%. Населенные пункты классифицируются по

дозам внутреннего облучения населения: менее 0,5, от 0,5 до 1 и более 1 мЗв. При использовании такой классификации для хозяйств коллективного сектора и населенных пунктов, относящихся к каждой из выделенных групп, превышение нормативов в продукции (коллективный сектор) и установленного законом «О радиационной безопасности» предела годового облучения населения (частный сектор), будет определяться аналогичными факторами, что позволит проводить разработку дифференцированных стратегий контрмер и обеспечит учет локальных условий при их проведении. Таким образом, предложенная классификация дает возможность реализации адресной системы необходимых контрмер. В рамках методологического подхода определены критерии (радиоэкологический, нормативный, радиологический, экономический, временной, социально-психологический) оценки необходимости внедрения защитных мероприятий и эффективности их использования. Для оценок рассматриваются в числе основных следующие критерии:

- снижение эффективной годовой дозы в результате проведения контрмер (при реабилитации населенных пунктов);
- уменьшение риска превышения нормативов по содержанию радионуклидов в сельхозпродукции (при реабилитации коллективных хозяйств);
- снижение коллективной дозы облучения населения от употребления загрязненной радионуклидами продукции;
- количество и стоимость ресурсов, необходимых для проведения защитных и реабилитационных мероприятий;
- экономия дозы на единицу затрат (стоимость чел.-Зв).

В методологии выделено два уровня обоснования стратегий применения защитных мероприятий: региональный и локальный. Региональный уровень исследования охватывает территорию Российской Федерации, подвергшуюся загрязнению после аварии на ЧАЭС. На этом уровне дается комплексная оценка общих тенденций изменения радиологической обстановки, необходимости и оправданности применения защитных мероприятий. Проводятся планирование и анализ различных стратегий контрмер для всей загрязненной территории, а также оценка их эффективности.

Локальный уровень подразумевает анализ стратегий защитных мероприятий в отдельных населенных пунктах и хозяйствах, являющихся репрезентативными для каждой из выделенных при классификации областей загрязнения, с учетом почвенно-климатических условий и особенностей ведения сельскохозяйственного производства. Целью этого анализа является определение оптимальных стратегий реабилитации территорий на основе оценки значимости факторов, влияющих на формирование доз внутреннего облучения, и эффективности мероприятий, специфичных для каждой из выделенных групп населенных пунктов и хозяйств. Для каждой из таких групп оценивается эффективность проведенных контрмер и влияющих на это факторов. На основе полученных результатов определяются оптимальные сочетания защитных мероприятий в различные периоды после аварии.

Полученные на локальном уровне данные экстраполируются на все населенные пункты и хозяйства, находящиеся на радиоактивно загрязненной территории. Такой комплексный двухуровневый подход позволяет дать реалистичную оценку сложившейся радиологической ситуации на

загрязненной территории и обеспечивает адресное планирование стратегий ее реабилитации.

Обоснование оптимальных стратегий контрмер (как в коллективном, так и в частном секторе) является сложной, многофакторной задачей и проводится в несколько этапов:

- I. Оценка радиационной ситуации.
- II. Анализ необходимости применения защитных мероприятий.
- III. Обоснование потенциально эффективных защитных мероприятий.
- IV. Сравнительный анализ эффективности стратегий применения контрмер.

Оценка радиационно-экологической обстановки загрязненных территорий

В соответствии с разработанным методологическим подходом на первом этапе обоснования защитных мероприятий в сельском хозяйстве был выполнен анализ радиационной обстановки, сложившейся на загрязненной после аварии на ЧАЭС территории Российской Федерации. На региональном уровне проведена классификация населенных пунктов и хозяйств коллективного сектора по потребности в проведении контрмер.

Для классификации населенных пунктов создана база данных с их характеристиками на основе информации каталогов доз облучения населения (1991, 1994, 1996, 2002 и 2004 гг.), включая данные по загрязнению ¹³⁷Cs территории населенного пункта, внутренней, внешней и суммарной доз облучения населения. Дополнительно в базу данных включена информация о расстоянии между населенным пунктом и лесом, числе жителей в населенном пункте, о поголовье частного скота. Всего в базу данных была введена информация о 6093 населенных пунктов, плотность выпадений ¹³⁷Cs на территории которых превышала 37 кБк/м². Согласно закону «О радиационной безопасности населения», защитные мероприятия необходимо проводить в населенных пунктах, в которых, согласно текущим официальным оценкам, среднегодовые дозы облучения населения превышают 1 мЗв. Проведенная классификация показала, что в 2004 г. на территории с плотностью загрязнения ¹³⁷Cs более чем 37 кБк/м² (1 Ки/км²) находились 3597 сельских населенных пунктов, 121 из которых с ежегодной дозой облучения жителей более чем 1 мЗв (табл. 1).

Данные таблицы 1 показывают соотношение населенных пунктов, расположенных близко к лесу (3535) и далеко от леса (62). В 1996 г. такое соотношение было иным: 3771 «лесных» и 894 удаленных от леса [9]. Это подчеркивает важность потребления природной продукции при формировании дозы внутреннего облучения населения.

Для оценки радиологической ситуации в хозяйствах коллективного сектора, наиболее пострадавших от аварии на ЧАЭС областей, создана система баз данных по загрязнению ¹³⁷Cs сельскохозяйственных угодий и продукции, а также по защитным мероприятиям, проведенным на этих территориях. На основе собранных данных оценены риски (вероятность) превышения нормативов содержания радионуклидов в производимой в хозяйствах сельскохозяйственной продукции. В хозяйствах, где существует риск превышения нормативов в продукции более 5%, необхо-

димо проведение защитных мероприятий. Классификация хозяйств по рискам показала, что в последние годы в растениеводстве минимальный риск превышения нормативов существует для картофеля и овощей, при возделывании которых отсутствует необходимость в проведении каких-либо контрмер, связанных с обеспечением соблюдения норм радиационной безопасности.

Превышение радиологических стандартов в зерне (до 30% в 2001 г.) отмечено лишь в 2 хозяйствах. В 33 хозяйствах необходимо ограниченное проведение агрохимических защитных мероприятий. К 2015 г. число таких хозяйств уменьшится до 11, а к 2025 г. проведение защитных мероприятий будет необходимо только в двух хозяйствах. В кормопроизводстве в 2001 г. риск превышения контрольных уровней в кормах отмечен в 107 хозяйствах юго-западных районов Брянской области. При этом в 38 хозяйствах со-

держание ^{137}Cs в зеленой массе превышало контрольные уровни более чем в 50% случаев, еще в 38 хозяйствах риск был менее 10%. По грубым кормам (сену) в 22 хозяйствах риск превышения нормативов был выше 50%. Превышение контрольных уровней по силосу отмечено в 68 хозяйствах, однако только в 8 из них риск превышения нормативов наблюдался более чем в 50% случаев.

Основываясь на полученных данных распределения хозяйств по категориям рисков превышения нормативов СанПиН 2.3.2.1078-01 по ^{137}Cs в молоке, можно сделать вывод, что в 2001 г. из 104 рассматриваемых хозяйств в 82 риск превышения этих нормативов составлял менее 10% (табл. 2). В 11 хозяйствах превышение нормативов будет носить долговременный характер, причем более половины производимого в этих хозяйствах молока не будет удовлетворять требованиям нормативов.

Таблица 1

Классификация населенных пунктов на территории, загрязненной ^{137}Cs после аварии на ЧАЭС, и их жителей по данным на 2004 г. [8]

Средняя доза внутреннего облучения, мЗв/год	Плотность загрязнения территории населенного пункта ^{137}Cs , кБк/м ²			
	37–185	185–370	370–555	>555
Число населенных пунктов, расположенных близко к лесу				
<0,5	3098 (0)*	263 (0)	54 (15)	2 (0)
0,5–1	10 (2)	8 (4)	19 (19)	58 (58)
>1	3 (3)	6 (6)	2 (2)	12 (12)
Количество населения, проживающего в населенных пунктах, расположенных близко к лесу, чел.				
<0,5	394 619 (0)	26 909 (0)	10 441 (2409)	324 (0)
0,5–1	3454 (466)	3730 (2411)	3397 (3397)	10 053 (10 053)
>1	1764 (1764)	1657 (1657)	307 (307)	2768 (2768)
Число населенных пунктов, расположенных далеко от леса				
<0,5	60 (0)	2 (0)	0 (0)	0 (0)
0,5–1	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
>1	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Количество населения, проживающего в населенных пунктах, расположенных далеко от леса, чел.				
<0,5	12171 (0)	38 (0)	0 (0)	0 (0)
0,5–1	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
>1	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)

* – населенные пункты и население со СГЭД выше 1 мЗв показаны в скобках.

Таблица 3

Классификация хозяйств юго-западных районов Брянской области по степени риска превышения нормативов ^{137}Cs СанПиН 2.3.2.1078-01 в продукции животноводства в 2001 г., число хозяйств

Риск превышения нормативов в продукции, %	Плотность загрязнения кормовых угодий ^{137}Cs , кБк/м ²			
	37–185	185–370	370–555	>555
Молоко				
0–10	22	51	5	4
10–50	1	4	3	3
50–90	1	2	1	4
>90	0	0	2	1
Говядина				
0–10	5	6	0	0
10–50	16	34	4	2
50–90	2	12	4	3
>90	1	4	4	7

Анализ данных распределения хозяйств по категориям рисков превышения нормативов СанПиН 2.3.2.1078-01 по ¹³⁷Cs в говядине показывает, что в 37 из них вероятность превышения нормативов составляла в 2001 г. более 50% и только в 11 хозяйствах эта вероятность была незначительна.

Представленные данные позволяют заключить, что продукция с одинаковым риском превышения нормативов производится в хозяйствах, существенно отличающихся по загрязнению кормовых угодий. Это определяет потребность дальнейшего внедрения защитных мероприятий, однако их применение должно носить не крупномасштабный, а адресный характер.

Обоснование стратегии адресной реабилитации сельских территорий

При ведении сельскохозяйственного производства на территориях, подверженных воздействию аварии, необходимо руководствоваться принципом оптимизации, т.е. получения продукции с минимальным, экономически обоснованным содержанием в ней радионуклидов. Для реализации данного принципа использовалась концепция оценки эффективности контрмер на основе анализа «затраты – выгода». На основе использования различных критериев (кратность снижения, экономия дозы, стоимость предотвращенной коллективной дозы) проведен сравнительный анализ различных защитных мероприятий для частного [10] и коллективного сектора [11] как на локальном, так и на региональном уровне (табл. 3).

течение всего периода, когда в этом сохраняется необходимость. На третьем этапе проводился анализ соотношения стоимости предотвращенной коллективной дозы (1 чел.-Зв) в результате применения защитных мероприятий к суммарным затратам на их проведение. Наиболее оптимальными признаны контрмеры с наименьшей стоимостью 1 чел.-Зв и минимальными затратами на их внедрение [12].

Показано, что наиболее эффективной мерой, направленной на уменьшение загрязнения ¹³⁷Cs молока в коллективном секторе, является применение ферроцинсодержащих препаратов в виде бифежа (БИФ) или болюсов (БО). Стоимость 1 чел.-Зв при проведении данного мероприятия на всей территории, где наблюдается превышение нормативов СанПиН-2.3.2.1078-01 по содержанию ¹³⁷Cs в молоке, составит около 1 тыс. евро при суммарных затратах 2,6 млн евро (рис. 1А). Эффективность проведения коренного улучшения сенокосов и пастбищ (КУ) выше, чем использования силосно-сенажного рациона в стойловый период содержания коров и кормления их по типу «зеленого конвейера» в пастбищный период (СИЛ/ЗК). Несмотря на то, что затраты на проведение коренного улучшения примерно на 400 тыс. евро выше, однако стоимость 1 чел.-Зв в 2,2 раза меньше.

Наиболее эффективными контрмерами в частном секторе являются проведение коренного улучшения лугопастбищных угодий (КУ) и применение ферроцинсодержащих препаратов (БИФ) на всей территории, где наблюдается превышение дозовых нормативов (1 мЗв/год).

Таблица 3

Перечень защитных мероприятий для частного и коллективного сектора

Мероприятие	Коллективный сектор	Частный сектор	Принятые сокращения
Коренное улучшение сенокосов и пастбищ	+	+	КУ
Применение ФСП в виде:			
бифежа	+	+	БИФ
болюсов	+	–	БО
Кормление животных:			
стойловое содержание – силосно-сенажный рацион	+	–	СИЛ
пастбищное содержание по принципу зеленого конвейера	+	–	ЗК
Минеральные удобрения для картофеля	–	+	МК
«Чистые» корма для скота	–	+	ЧГ
Ограничения на сбор грибов	–	+	ОГ
Ограничения на содержание частного скота	–	+	ОМ
Дезактивация территории населенного пункта	–	+	ДЗ

Оценка потенциальной эффективности защитных мероприятий проводилась в три этапа. На первом рассчитаны предотвращенные коллективные дозы в результате применения контрмер. На втором оценены суммарные затраты, необходимые для внедрения защитных мероприятий, при этом все контрмеры были ранжированы по этому критерию. Такого рода оценки сделаны для каждой контрмеры с учетом независимого их применения в

Эти мероприятия схожи как по стоимости предотвращенной дозы (9,98 и 10,4 2 тыс. евро), так и по суммарным затратам на их проведение (1,42 и 1,48 млн евро, рис. 1Б). На третье место по эффективности можно поставить применение минеральных удобрений под картофель (МК), а на четвертое – использование «чистых» кормов для коров за три месяца до убоя (ЧГ). Несмотря на то, что затраты на применение минеральных удобрений выше по сравнению с исполь-

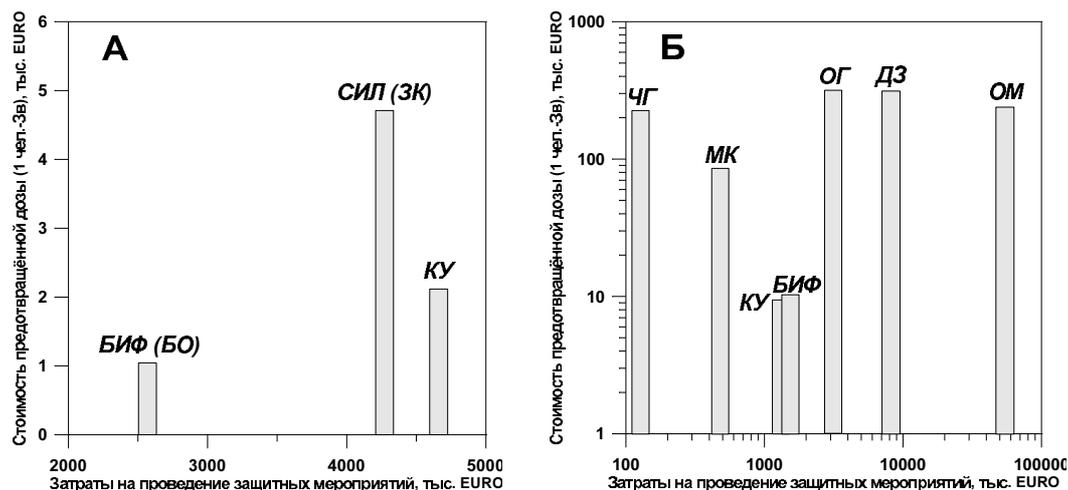


Рис. 1. Зависимость стоимости предотвращенной коллективной дозы от суммарных затрат при внедрении защитных мероприятий в коллективном (А) и частном (Б) секторе

зованием «чистых» кормов на 355 тыс. евро, стоимость 1 чел.-Зв при этом в 2,6 раза ниже (86,1 и 223,8 тыс. евро соответственно). В связи с тем, что затраты на проведение двух данных мероприятий существенно ниже, чем проведение коренного улучшения земель и применения ФСП, их можно рекомендовать для использования в наиболее радиоактивно загрязненных районах с повышенным содержанием ¹³⁷Cs в говядине и картофеле. Тройку наименее эффективных контрмер составляют ограничения на сбор и употребление грибов (ОГ), проведение дезактивации частных подворий (ДЗ) и ограничения на содержание частных молочных коров (ОМ). Стоимость внедрения этих контрмер на всей загрязненной радионуклидами территории со среднегодовой дозой облучения сельских жителей более 1 мЗв варьирует от 3 до 52,7 млн евро, а стоимость 1 чел.-Зв – от 240 до 320 тыс. евро. Таким образом, если в первый период после аварии на ЧАЭС ограничительные и дезактивационные мероприятия были оправданы, то в отдаленный период данные контрмеры нецелесообразно применять во всех сельских населенных пунктах с превышением дозовых нормативов у жителей.

На основе проведенного анализа «затраты – выгода» для населенных пунктов и хозяйств коллективного сектора, находящихся в различных зонах загрязнения, разработаны стратегии их адресной реабилитации в виде комплекса защитных мер, обеспечивающих максимально быстрое снижение годовых доз облучения населения до уровня, установленного законом «О радиационной безопасности», и уровней загрязнения ¹³⁷Cs сельхозпродукции до установленных нормативов СанПиН-2.3.2.1078-01 (табл. 4, 5) [13].

Из данных таблиц 4, 5 видно, что в зависимости от увеличения доз внутреннего облучения (рисков превышения нормативов) и плотности загрязнения ¹³⁷Cs возрастает необходимость применения все более эффективных, но и более дорогих комбинаций защитных мероприятий. Показано, что в ряде населенных пунктов, расположенных в наиболее загрязненных радионуклидами районах (плотность загрязнения ¹³⁷Cs почвы более 555 кБк/м²), в ближайшие годы невозможно будет добиться снижения доз облучения населения до уровня менее 1 мЗв/год только за счет внедрения сельскохозяйственных контрмер.

Таблица 4

Стратегия адресной реабилитации населенных пунктов, находящихся на территории, подвергшейся загрязнению после аварии на ЧАЭС

Доза внутреннего облучения, мЗв/год	Плотность загрязнения территории населенного пункта, кБк/м ²			
	37–185	185–370	370–555	>555
<0,5	–	–	100% КУ, 50% БИФ	100% КУ, 50% БИФ
0,5–1	100% КУ, 30% БИФ	100% КУ, 50% БИФ	100% КУ, 80% БИФ, 15% МК	Поэтапная реабилитация
>1	100% КУ, 50% БИФ	100% КУ, 100% БИФ, 50% МК, 50% ЧГ, 50% ОГ	Поэтапная реабилитация	Поэтапная реабилитация

Стратегия адресной реабилитации коллективных хозяйств, находящихся на территории, подвергшейся загрязнению после аварии на ЧАЭС

Риск превышения нормативов, %	Плотность загрязнения кормовых угодий по ¹³⁷ Cs, кБк/м ²			
	37–185	185–555	555–740	>740
0–10	50% КУ	50% КУ	50% КУ	50% КУ
10–50	85% КУ	85% КУ; 15% БИФ	100% КУ; 25% БИФ	100% КУ; 50% БИФ
50–90	100% КУ; 100% БИФ	100% КУ; 100% БИФ	100% КУ; 100% БИФ	100% КУ; 50% БИФ; 25% ЗК
>90	100% КУ; 100% БИФ	100% КУ; 100% БИФ; 50% ЗК	100% КУ; 100% БИФ; 75% ЗК	100% КУ; 100% БИФ; 100% ЗК

Для этой категории населенных пунктов разработан комплекс мер по их поэтапной реабилитации в виде последовательной смены организационных и сельскохозяйственных защитных мероприятий [14]. На первом этапе поэтапной реабилитации в тех населенных пунктах, где ограничительные мероприятия были введены ранее, они сохраняются, в остальных они вводятся вновь. Второй этап включает снятие ограничений, когда снижения среднегодовой дозы до уровня менее 1 мЗв можно добиться использованием сельскохозяйственных защитных мероприятий (коренное улучшение и применение ферроцинсодержащих препаратов). Третий этап заключается в отказе от применения ферроцинсодержащих препаратов, если снижение суммарной дозы облучения можно добиться применением только коренного улучшения лугопастбищных угодий.

Заключение

Предложена классификация коллективных хозяйств и населенных пунктов, расположенных на загрязненной территории, на основе факторов, определяющих необходимость проведения контрмер. Для каждой группы хозяйств и населенных пунктов, выделенных при классификации, разработана стратегия их адресной реабилитации в виде комплекса защитных мероприятий, обеспечивающих максимально быстрое снижение годовых доз облучения населения и уровней загрязнения радионуклидами сельскохозяйственной продукции до установленных нормативов.

Литература

- Environmental Consequences of the Chernobyl Accident and Their Remediation: Twenty Years of Experience. Report of the UN Chernobyl Forum, Expert Group «Environment» (EGE). Working material. August 2005. 164 p.
- Aleksakhin, R.M. In the Book: 20 Years After the Chernobyl Accident: Past, Present And Future. Ed. by E.B. Burlakova & V.I. Naidich. Nova Science Publishers / R.M. Aleksakhin [et. al.]. – New York, 2006. – 358 p.
- Fesenko, S.V. Twenty years' application of agricultural countermeasures following the Chernobyl accident: lessons learned / S.V. Fesenko [et. al.] // Journal of Radiological Protection. – 2006. – 26. Issue 4. – P. 351–359.
- Fesenko, S.V. An extended critical review of twenty years of countermeasures used in agriculture after the Chernobyl accident / S.V. Fesenko [et. al.] // Science of the Total Environment. -V. 383, № 1–3. – P. 1–24.
- Панов, А.В. Радиоэкологическая ситуация в сельскохозяйственной сфере на загрязненных территориях России в отдаленный период после аварии на Чернобыльской АЭС / А.В. Панов [и др.]. // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2007. – Т. 47, № 4. – С. 423–434.
- Фесенко, С.В. Методический подход к обоснованию защитных мероприятий в сельских населенных пунктах в отдаленный период после аварии на Чернобыльской АЭС / С.В. Фесенко, А.В. Панов, Р.М. Алексахин. // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2001. – Т. 41, вып. 4. – С. 415–426.
- Fesenko, S. Important factors governing exposure of the population and countermeasure application in rural settlements of the Russian Federation in the long term after the Chernobyl accident / S. Fesenko [et. al.] // Journal of Environmental Radioactivity. – 2001. – V. 56, № 1–2. – P. 77–98.
- Средние годовые эффективные дозы облучения в 2004 г. жителей населенных пунктов Российской Федерации, отнесенных к зонам радиоактивного загрязнения по постановлению Правительства Российской Федерации № 1582 от 18 декабря 1997 года «Об утверждении Перечня населенных пунктов, находящихся в границах зон радиоактивного загрязнения вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС»: Информационный сборник. – М., 2006. – 176 с.
- Панов, А.В. Оценка эффективности применения защитных мероприятий, направленных на снижение доз облучения сельского населения в отдаленный период после аварии на ЧАЭС: автореф. дисс... канд. биол. наук / А.В. Панов. – Обнинск: ВНИИСХРАЭ, 2001. – 31 с.
- Панов, А.В. Стратегии защитных мероприятий в сельских населенных пунктах в отдаленный период после аварии на Чернобыльской АЭС / А.В. Панов [и др.] // Вестник РАСХН. – 2005. – № 5. – С. 61–63.
- Панов, А.В. Мероприятия по снижению радионуклидов в продукции коллективных хозяйств после аварии на Чернобыльской АЭС / А.В. Панов [и др.] // Вестник РАСХН. – 2005. – № 1. – С. 55–58.
- Панов, А.В. Эффективность мероприятий, направленных на снижение доз облучения жителей сельских населенных пунктов в отдаленный период после аварии на Чернобыльской АЭС / А.В. Панов, С.В. Фесенко, Р.М. Алексахин // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2001. – Т. 41, вып. 6. – С. 682–694.
- Fesenko S.V. Identification of optimal countermeasures strategies in agriculture in the long term after the ChNPP accident / S.V. Fesenko [et al.] // ECORAD 2001: The radioecology-ecotoxicology of continental and estuarine environments: Proc. Intern. congress. France, 3-7 September, 2001. V. 1 / Ed. by F. Brechignac. Radioprotection. Radioprotection-Colloques 2002. – V. 37, C. 1. – P. 109–114.
- Фесенко, С.В. Сравнительный анализ эффективности стратегий применения защитных мероприятий в сельских населенных пунктах в отдаленный период после аварии на Чернобыльской АЭС / С.В. Фесенко, А.В. Панов. // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2002. – Т. 42, вып. 1. – С. 100–109.

A.V. Panov

**Development of address rehabilitation strategy
for the rural territories affected by the Chernobyl accident**

Russian Institute of Agricultural Radiology and Agroecology RAAS, Obninsk

Abstract. A methodological approach for the justification of rational countermeasure options in agricultural production in the long term after the Chernobyl NPP accident is presented. Settlements and collective farms located on the contaminated territory were divided in categories based on the ^{137}Cs soil surface activity and in the first case on annual internal doses and on risk of the overestimation of standards, restricting the use of agricultural products (in the second case). For each category of the farms the ranking of rehabilitation options and the time periods when their application would be of importance were justified and estimated.

Key words: Chernobyl accident, agricultural production, radioactive contamination, protective measures, radiation protection.

Поступила 13.07.2010 г.

А.В. Панов
Тел: (48439) 9-69-68
E-mail: riar@mail.ru