

УДК 631.415.1:631.438

**ПРОГНОЗ СНИЖЕНИЯ КОЛЛЕКТИВНОЙ ДОЗЫ НАСЕЛЕНИЯ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ ЗА СЧЕТ ОПТИМИЗАЦИИ
КИСЛОТНОСТИ ПОЧВ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ ^{90}Sr**

Ю.В. Путятин, О.Б. Адианова

Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время радиозэкологическая обстановка в Беларуси определяется действием долгоживущих изотопов. Среди них – ^{90}Sr с периодом полураспада 28,7 лет. Стронций-90 в почве по сравнению с цезием-137 имеет более высокую долю мобильных форм, что является определяющим фактором в процессах миграции радионуклида по трофическим цепям. Радиоактивное загрязнение почв, являющихся основным депо радионуклидов в экосистемах и начальным звеном трофических

цепей, обуславливает накопление изотопов в организмах растений, животных и человека, а также формирование дозовых нагрузок.

Статус территорий радиоактивного загрязнения регулируется Законом Республики Беларусь «О правовом режиме территорий, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС», который устанавливает приоритет принципа радиационной безопасности при проведении всех мероприятий в загрязненных районах. Это значит, что при выборе стратегий реабилитации предпочтение должно отдаваться вариантам, в наибольшей степени способствующим снижению дозовых нагрузок. В этом случае имеет место редкий случай однонаправленности экономического и экологического критериев, так как затраты на снижение коллективных доз облучения населения всегда будут во много раз меньше затрат на лечение заболевших от облучения. Необходимо отметить, что хотя "аварийные" дозы в настоящее время в большинстве населенных пунктов ниже доз облучения от других источников, но в социальном плане они стоят на первом месте как основной источник беспокойства. Поэтому радиационная защита населения должна планироваться с учетом реакции населения на аварийную ситуацию.

При разработке стратегий применения защитных мероприятий в растениеводстве, направленных на получение максимального эффекта от их применения с минимальными дополнительными вложениями, необходимо учитывать ряд факторов к числу которых, определяющих формирование доз внутреннего облучения, относятся плотность и состав выпадений, тип и плодородие почв.

Ликвидация последствий аварии в агропромышленном комплексе стала важным элементом в обеспечении радиационной безопасности населения. Разработанная система контрмер привела к снижению доз облучения населения и в значительной степени сократила производство загрязненной продукции. Исследователи указывают, что наибольший эффект от применения контрмер отмечался в первые годы после аварии, уменьшаясь во времени [1]. Эффективность уменьшения содержания радионуклидов в урожае в результате известкования кислых и бедных питательными веществами почв существенно выше, чем плодородных почв [2].

Известкование почв является основным агрохимическим способом снижения миграции ^{90}Sr из почвы в растения. Для достижения оптимального уровня кислотности почвы в Беларуси были разработаны дозы известки, дифференцированные по плотности радиоактивного загрязнения и гранулометрическому составу. В настоящее время основная потребность в известковых удобрениях определяется в соответствии с «Инструкцией определения дополнительной потребности материально-технических ресурсов для сельского хозяйства в зоне радиоактивного загрязнения» [3]. На минеральные земли с плотностью загрязнения ^{137}Cs 5,0 и более $\text{Ки}/\text{км}^2$ (185 $\text{кБк}/\text{м}^2$) и ^{90}Sr 0,3 и более $\text{Ки}/\text{км}^2$ (11 $\text{кБк}/\text{м}^2$) предусматривается дополнительное внесение известки с целью ускоренного доведения реакции почв до оптимальных значений. В послеварийный период систематическое известкование в повышенных дозах позволило значительно сократить площади кислых почв.

Согласно нормам радиационной безопасности НРБ-2000 и Научного комитета ООН по действию атомной радиации в качестве основного дозового предела для населения при нормальных условиях установлено значение эффективной дозы равное 1 мЗв в год, сверх годовой эффективной эквивалентной дозы от природных источников равной 2,4 мЗв [4,5]. При обосновании стратегий ведения сельскохозяйственного производства на загрязненных территориях, а также при анализе эффективности защитных мероприятий помимо использования радиологических критериев (т.е. оценки снижения удельной активности радионуклидов в продукции после внедрения контрмеры) широко используются радиологические показатели (оценка предотвращенной дозы за счет применения защитной меры, выраженная в единицах коллективной дозы и измеренная в чел.-Зв).

Критерием эффективности защитных мер является оценка международных экспертов (МКРЗ, МАГАТЭ) для развитых стран – проведение защитного мероприятия может считаться оправданным, если в результате его проведения стоимость снижения коллективной дозы на 1 чел.-Зв составят 20 тыс. долларов США, с возможными вариациями в два раза в обе стороны, т.е. от 10 000 до 40 000 долларов США/чел.-Зв. [6,7]. Данные значения стоимости предотвращенной дозы могут рассматриваться в качестве критерия обоснованности экономической целесообразности проведения контрмеры. Если стоимость предотвращенной дозы выше значений указанного интервала, вмешательство не может считаться экономически оправданным. В долгосрочный период после аварии есть необходимость в более взвешенной оценке в реализации применения контрмер с целью более эффективного использования материально-технических ресурсов.

Целью данного исследования было установить ожидаемую эффективность оптимизации кислотности почвы на снижение коллективной дозы облучения ^{90}Sr на население Республики Беларусь на основе дозовой оценки и стоимости затрат на предотвращение коллективной дозы.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

В расчете прогноза загрязнения продукции использована электронная база данных агрохимического и радиологического обследования сельскохозяйственных земель (2005-2008 гг.)

Института почвоведения и агрохимии: показатели pH_{KCl} и плотности загрязнения пашни по 16 районам Гомельской и Могилевской областей, коэффициенты перехода ^{90}Sr из почвы в зерновые культуры (озимая рожь, озимое тритикале, озимая и яровая пшеница, ячмень и овес) в зависимости от $pH_{(KCl)}$ и гранулометрического состава [8] с учетом доли зерновых культур – 50% от площади пашни. Для прогноза загрязнения урожая использованы верхние границы значений оптимальных параметров $pH_{(KCl)}$ для дерново-подзолистых суглинистых почв – 7, супесчаных – 6,2, песчаных – 5,8 [9]. В данной работе расчеты были выполнены для пахотных земель с плотностью загрязнения ^{90}Sr свыше $0,15 \text{ Ки/км}^2$ ($5,55 \text{ кБк/м}^2$).

Расчет изменений загрязнения продукции ^{90}Sr в результате оптимизации кислотности производился по формуле:

$$\Delta Ya = Pz(KPf - KPo) \times 37, \quad (1)$$

где:

ΔYa – разница между удельной активностью продукции при фактическом и оптимальном значении $pH_{(KCl)}$, ^{90}Sr , Бк/кг;

Pz – плотность загрязнения почв (данные XI тура агрохимического обследования), ^{90}Sr Ки/км²;

KPf – коэффициент перехода ^{90}Sr [8] в зависимости от гранулометрического состава почв при фактических значениях $pH_{(KCl)}$ (данные XI тура агрохимического обследования);

KPo – коэффициент перехода ^{90}Sr [8] в сельскохозяйственную культуру при оптимальных значениях $pH_{(KCl)}$ в зависимости от гранулометрического состава почв;

37 – коэффициент пересчета нКи/кг в Бк/кг.

При проведении расчетов предотвращенных коллективных доз облучения E_{coll}^{avert} ^{90}Sr за счет оптимизации почвенной кислотности было применено выражение:

$$E_{coll}^{avert} = (Q_1 - Q)V \times dk_i, \text{ чел.} - \text{Зв}, \quad (2)$$

где:

Q – загрязнение сельскохозяйственной продукции ^{90}Sr (Бк/кг) при оптимизации $pH_{(KCl)}$ почвы;

Q_1 – загрязнение сельскохозяйственной продукции ^{90}Sr (Бк/кг) при текущих значениях $pH_{(KCl)}$ почвы (данные XI тура агрохимического обследования);

V – производство растениеводческой продукции в год с единицы площади (га), кг (усредненные данные за 2005-2008 гг.);

dk_i – коэффициент пересчета от годового поступления ^{90}Sr в организм человека к эффективной дозе.

Поскольку ^{90}Sr накапливается в организме человека в течение всей жизни, для расчетов был использован дозовый коэффициент 8×10^{-8} Зв/Бк для критической группы – дети в возрасте от 12-17 лет [4].

Для расчетов по достижению заданной оптимальной $pH_{(KCl)}$ в исследовании использованы нормативы затрат $CaCO_3$ для сдвига реакции среды дерново-подзолистых почв на 0,1 рН – 0,75-1,38 т/га в зависимости от гранулометрического состава почв [10]. Затраты на нейтрализацию кислотности были рассчитаны исходя из стоимости 1 тонны доломитовой муки с внесением – 43,2 тыс. бел. руб. (16 USD) и срока действия доломитовой муки – 5 лет. Расчет стоимости предотвращенной дозы облучения рассчитывался как отношение величины предотвращенной дозы к величине затрат на проведение агрохимической защитной меры на 1 гектар.

В данной работе критерием экономической обоснованности проведения контрмеры была принята стоимость снижения коллективной дозы на 1 чел. – Зв – 40 000 долларов США (USD) [6]. Если стоимость предотвращенной дозы выше указанного значения, вмешательство оценивалось как экономически неоправданное.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Среди обследованных районов Беларуси высокий вынос ^{90}Sr зерном колосовых культур отмечается в Хойникском (1070 МБк/год), Брагинском (1022) и Речицком (596), низкий в Лельчицком (6), Славгородском (19) и Краснопольском районах (13 МБк/год). Существенные различия в выносе

радионуклидов с товарной продукцией в районах республики в основном обусловлены величинами плотности и площадью загрязнения ^{90}Sr пахотных почв (табл. 1). Всего ежегодно с загрязненных территорий площадью 169 тыс. га с плотностью загрязнения свыше $0,15 \text{ Ки/км}^2$ с урожаем зерна выносятся по республике ^{90}Sr – 4027 МБк/год (3447-4790), что ориентировочно эквивалентно величине потенциальной коллективной дозы облучения населения 322 (276-383) чел.-Зв. Если учесть, что на продовольственные цели используется около 20% произведенного зерна, при переработке значительная часть радионуклидов остается во вторичных продуктах (отруби) и переход ^{90}Sr из рациона в продукцию животноводства составляет 0,04-3,2% на килограмм продукта [8], то фактические коллективные дозы ^{90}Sr при использовании зерна на продовольствие, фураж и переработку будут на порядок ниже и по самым жестким прогнозам составят ориентировочно менее 30 чел.-Зв в год.

Таблица 1

Загрязнение ^{90}Sr и кислотность пахотных почв районов пострадавших от аварии на ЧАЭС

Район	Площадь загрязнения пашни ^{90}Sr ($>0,15 \text{ Ки/км}^2$) га	Средневзвешенная плотность загрязнения пашни, ^{90}Sr		Средневзвешенное значение $\text{pH}_{(\text{КС})}$ ед.	Вынос ^{90}Sr зерновыми культурами*, МБк/год		
		кБк/м ²	Ки/км ²		Ср.	Мин.	Макс.
Гомельская обл.							
1. Брагинский	23598	28,9	0,78	6,07	1022	875	1216
2. Буда-Кошелевский	15883	7,4	0,20	6,08	202	173	241
3. Ветковский	18757	11,5	0,31	5,90	335	286	398
4. Добрушский	13791	13,0	0,35	5,96	281	241	334
5. Ельский	6013	8,1	0,22	6,06	69	59	82
6. Кормянский	2121	7,0	0,19	6,17	22	18	26
7. Лельчицкий	562	9,3	0,25	5,63	6	5	7
8. Мозырский	3117	6,3	0,17	5,87	36	31	43
9. Наровлянский	10434	11,5	0,31	5,89	186	159	221
10. Речицкий	39011	10,4	0,28	6,07	596	510	709
11. Хойникский	19529	37,4	1,01	6,19	1070	915	1272
12. Чечерский	5850	11,1	0,30	6,03	97	83	115
Итого	158666	-	-	6,04	3922	3355	4664
Могилевская обл.							
13. Костюковичский	4449	6,3	0,17	6,18	47	41	56
14. Краснопольский	859	8,9	0,24	6,19	13	11	16
15. Славгородский	1808	5,9	0,16	6,17	19	17	23
16. Чериковский	2895	5,9	0,16	6,36	26	23	31
Итого	10011	-	-	6,23	105	92	126
Всего 16 районов	168677	-	-	-	4027	3447	4790

* расчеты выполнены, исходя из урожайности зерновых культур в 2005-2008 гг., коэффициентов перехода радионуклида из почвы в зерно, общей площади загрязнения почв и доли зерновых на пашне – 50%.

В работе Я.Э. Кенигсберга и Ю.Е. Крюк (2007) приводятся данные, что за весь послеаварийный период (1986 – 2005 гг.) на ликвидацию последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС Республикой Беларусь затрачено 17 млрд. долларов США и величина предотвращенной коллективной дозы составила 152000 чел.-Зв [12]. Исходя из вышеназванных затрат можно рассчитать, что стоимость 1 чел.-Зв предотвращенной коллективной дозы за 20-ти летний период после аварии составила 112 тыс. долларов США. Довольно высокая стоимость экономии дозы объясняется тем, что в суммарные затраты на ликвидацию последствий катастрофы на ЧАЭС вошли не только расходы на радиационную защиту, но и расходы на строительство жилья для переселенцев, компенсационные выплаты, радиоэкологический мониторинг и др.

Интенсивность перехода ^{90}Sr из почвы в растения зависит от кислотности почвы, и с увеличением pH переход радиостронция из почвы в растения снижается. Интенсивность действия нейтрализации кислотности на снижение перехода ^{90}Sr в растения при более низких значениях pH выше. В интервалах pH выше 6 темпы снижения накопления радионуклидов при известковании резко снижаются. Если принять за единицу накопление радионуклидов сельскохозяйственными культурами при pH – 6,0 оптимальном для выращивания большинства видов растений, и рассчитать накопление при доведении pH с 5 до 6, можно отметить, что накопление ^{90}Sr при увеличении pH на 1 единицу сокращается до 1,6 – 2,8 раз. При доведении pH с 6 до 7, также на 1 единицу, снижение накопления ^{90}Sr составляет лишь 0,5-0,8 раз. Увеличение pH почвы на 0,1 единицы в интервале 5-6 вызывает снижение накопления ^{90}Sr в среднем у зерновых культур на 6%, в интервале pH 6-7 темпы снижения поступления ^{90}Sr уменьшаются в среднем в 1,5 раза [2]. Следовательно затраты на предотвращение

коллективной дозы при известковании почв с более высокими исходными рН будут выше чем на кислых почвах.

Для оптимизации защитных мероприятий в сельскохозяйственном производстве обычно используют анализ «затраты – выгода», который приводит экономические и радиологические показатели к единой стоимостной шкале – стоимости предотвращенной коллективной дозы (1 чел.-Зв) [6,11].

Для известкования почв Республика Беларусь обладает большими запасами разведанного карбонатного сырья, пригодного для промышленного производства известковых мелиорантов. Объемы производства полностью обеспечивают потребности сельского хозяйства республики в доломитовой муке при сравнительно ее невысокой цене на внутреннем рынке.

При расчете затрат на предотвращение коллективной дозы за счет оптимизации кислотности почвы под зерновые культуры путем внесения доломитовой муки нами установлено, что в Хойникском и Брагинском районах с высокой плотностью загрязнения ^{90}Sr эти затраты минимальны – 21 и 24 тыс. долларов США на 1 чел.-Зв на гектар пашни, в Чечерском, Мозырском и Костюковичском районах затраты превышают 90 тыс. долларов США (табл. 2).

Таблица 2

Прогноз предотвращенных доз ^{90}Sr за счет оптимизации кислотности почв

Район	Предотвращенная доза, $^{90}\text{Sr}^*$			Стоимость предотвращенной коллективной дозы на 1 га**			
	чел.-мЗв/га			млн. руб./ чел.-Зв			
	Ср.	Мин.	Макс.	Ср.	Ср.	Мин.	Макс.
Гомельская область							
1. Брагинский	0,408	0,349	0,485	71	24301	20436	28404
2. Буда-Кошелевский	0,122	0,105	0,145	230	86813	73003	101468
3. Ветковский	0,285	0,244	0,339	141	53151	44696	62123
4. Добрушский	0,265	0,227	0,315	137	46951	39482	54876
5. Ельский	0,204	0,174	0,242	145	54568	45888	63780
6. Кормянский	0,122	0,105	0,145	181	68210	57359	79723
7. Лельчицкий	0,326	0,279	0,388	179	67435	56708	78819
8. Мозырский	0,163	0,140	0,194	259	97665	82129	114151
9. Наровлянский	0,285	0,244	0,339	143	54037	45441	63159
10. Речицкий	0,183	0,157	0,218	157	59253	49828	69256
11. Хойникский	0,367	0,314	0,436	57	21359	17961	24964
12. Чечерский	0,122	0,105	0,145	257	97148	81694	113547
Среднее	0,237	0,203	0,282	163	60907	51218	71189
Могилевская область							
13. Костюковичский	0,048	0,042	0,058	442	166975	140055	192243
14. Краснопольский	0,121	0,105	0,144	171	64703	54271	74494
15. Славгородский	0,097	0,084	0,116	228	86096	72216	99125
16. Чериковский	0,048	0,042	0,058	194	73052	61274	84106
Среднее	0,078	0,0682	0,094	259	97706	81954	112492
Среднее, 16 районов	0,197	0,169	0,235	187	70107	58902	81514

* расчеты выполнены на основе данных агрохимического и радиологического обследования при условии достижения оптимальной кислотности пахотных почв;

** расчеты выполнены с учетом затрат стоимости доломитовой муки с внесением для достижения рН в почвах с фактических до оптимальных значений.

Высокий эффект (стоимость менее 40 тыс. долларов США на 1 чел.-Зв на гектар пашни) на предотвращение коллективной дозы ^{90}Sr при возделывании зерновых культур можно ожидать при известковании дерново-подзолистых супесчаных почв с плотностью загрязнения ^{90}Sr более 0,32 Ки/км² (12 кБк/м²), песчаных более 0,42 (16), суглинистых более 0,45 Ки/км² или 17кБк/м² (рис. 1). В настоящее время доля пахотных почв с плотностью загрязнения ^{90}Sr свыше 0,3 Ки/км² составляет около половины от площади загрязненных пахотных земель – 86 тыс. га.

Оптимизация степени кислотности почв является одним из условий повышения урожайности сельскохозяйственных культур и получения потенциальной прибыли при производстве нормативно чистой продукции на загрязненных территориях. Если стоимость прибавки урожая полученной от известкования покрывает вложенные затраты и соответственно затраты на предотвращение коллективной дозы, важно отметить, что применение известкования, даже при нулевой рентабельности, будет экономически оправданным с точки зрения снижения коллективных доз

облучения и при низкой плотности загрязнения почв, но при условии, что темпы снижения удельной активности ^{90}Sr в урожае будут выше, чем темпы роста прибавки урожая после известкования.

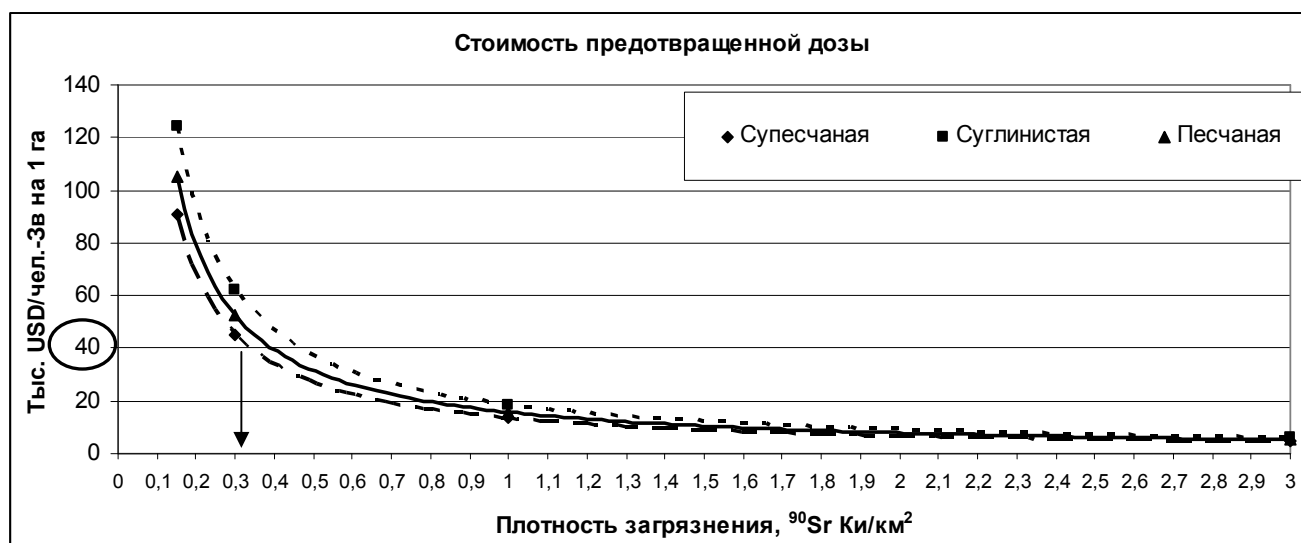


Рис. 1. Стоимость предотвращенной коллективной дозы (зерновые культуры) на 1 гектар в зависимости от плотности загрязнения ^{90}Sr дерново-подзолистых почв различного гранулометрического состава

В текущий период в ряде районов республики наблюдается значительная часть почв с реакцией среды близкой к нейтральной. В Гомельской области при средневзвешенном показателе $\text{pH}_{(\text{КСИ})}$ в целом на пахотных почвах – 5,92 [13] на загрязненных землях – 6,04 (+0,12), в Могилевской области – 6,09 и 6,23 (+0,14) соответственно. В Брагинском районе средневзвешенные значения $\text{pH}_{(\text{КСИ})}$ составляют – 6,07, в Хойникском – 6,19, в Кормянском – 6,17, в Могилевской области в Краснопольском – 6,19, Чериковском – 6,36 и т.д. В настоящее время, возможности радикального снижения поступления радиостронция в сельскохозяйственные культуры за счет оптимизации кислотности почв в вышеназванных районах в значительной степени исчерпаны, поскольку более 75% пахотных почв района имеют реакцию почв выше $\text{pH}_{(\text{КСИ})} > 5,5$. Следует отметить, что после аварии на ЧАЭС, известкование кислых почв являлось приоритетным защитным мероприятием и широкомасштабное внесение доломитовой муки в повышенных дозах позволило практически оптимизировать состояние почвенной кислотности загрязненных радионуклидами земель и свести к минимуму переходы радионуклидов в урожай. В отдаленный период после аварии на ЧАЭС основная задача применения данной защитной меры – поддержание достигнутого оптимального уровня реакции почв и известкование отдельных участков с высокой кислотностью, обеспечивая получение растениеводческой продукции с минимумом содержания радионуклидов на всей площади сельскохозяйственных земель.

ВЫВОДЫ

В настоящее время, возможности радикального снижения поступления радиостронция в сельскохозяйственные культуры за счет оптимизации кислотности почв в загрязненных радионуклидами районах в значительной степени исчерпаны, поскольку более 75% пахотных почв района имеют реакцию почв выше $\text{pH}_{(\text{КСИ})} > 5,5$. В Гомельской и Могилевской областях наиболее загрязненных радионуклидами средневзвешенные значения показателя pH загрязненных почв на 0,12 и 0,14 единиц выше, чем в целом на пахотных землях.

При расчете затрат на предотвращение коллективной дозы за счет оптимизации кислотности почвы под зерновые культуры путем внесения доломитовой муки установлено, что минимальные затраты на 1 чел.-Зв на гектар пашни можно прогнозировать в Хойникском и Брагинском районах, характеризующихся высокой плотностью загрязнения ^{90}Sr . Высокого эффекта на снижение коллективной дозы от оптимизации почвенной кислотности можно ожидать на почвах с плотностью загрязнения ^{90}Sr более 0,3 Ки/км² (11,1 кБк/м²) доля которых составляет по республике менее 85 тыс. га

Принимая в расчет текущую ситуацию состояния кислотности почв, можно отметить, что в ближайшие годы, по мере снижения плотности загрязнения почв в результате естественного распада

радионуклидов и оптимизации почвенной кислотности стоимость предотвращенных доз будет расти, и соответственно дозовая эффективность известкования будет падать. Необходимо отметить, несмотря на то, что дозовые нагрузки от "чернобыльских радионуклидов" в настоящее время ниже доз облучения от других источников, мероприятия по радиационной защите должны планироваться не только с учетом получения дозового и экономического эффектов, но и с учетом их социальной значимости. В отдаленный период после аварии на ЧАЭС основная задача применения данной защитной меры – поддержание достигнутого уровня реакции почв с целью получения растениеводческой продукции с минимумом содержания радионуклидов.

Полученные данные могут быть использованы для радиолого-экономических оценок эффективности защитных мероприятий и определения дальнейших приоритетов в выборе оптимальных путей снижения дозовых нагрузок ^{90}Sr на население.

ЛИТЕРАТУРА

1. Панов, А.В. Влияние сельскохозяйственных защитных мероприятий на облучение населения, проживающего на территориях загрязненных после аварии на Чернобыльской АЭС Радиационная биология / А.В. Панов [и др.] // Радиоэкология. – 2006. – № 46(2). – С. 273-279.
2. Путятин, Ю.В. Минимизация поступления радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в растениеводческую продукцию: монография. – Минск: РУП «Институт почвоведения и агрохимии», 2008. – 255 с.
3. Инструкция определения дополнительной потребности материально-технических ресурсов для сельского хозяйства в зоне радиоактивного загрязнения. – Минск, 1999. – 26 с.
4. ГН 2.6.1.8-127-2000. Нормы радиационной безопасности (НРБ-2000). – Минск: УП ДИЭКОС, 2001. – 124 с.
5. Источники, эффекты и опасность ионизирующей радиации: доклад Науч. комитета ООН по действию атомной радиации Генеральной Ассамблее за 1988 г. – М.: Мир, 1993. – Т. 2. – 341 с.
6. Оптимизация радиационной защиты на основе анализа соотношения затраты – выгода / Публикация 37 МКРЗ. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 186 с.
7. Age dependent doses to members of the public from intakes of radionuclides: part I / ICRP publication. – Pergamon Press, 1990. – № 56.
8. Руководство по ведению агропромышленного производства в условиях радиоактивного загрязнения земель республики Беларусь на 1993-1995 гг. – Минск, 1993. – 116 с.
9. Агрохимические регламенты для повышения плодородия почв и эффективного использования удобрений: учеб. пособие / Лапа В.В. [и др.]. – Горки: БГСХА, 2002. – 48 с.
10. Клебанович, Н.В. Известкование почв Беларуси / Н.В. Клебанович, Г.В. Василюк. – Минск: Изд-во БГУ, 2003. – 322 с.
11. Панов, А.В. Оптимизация защитных мероприятий в сельских населенных пунктах в зоне аварии на Чернобыльской АЭС / А.В. Панов, С.В. Фесенко, Р.М. Алексахин // Докл. Рос. акад. с.-х. наук. – 2005. – № 3. – С. 3-6.
12. Кенигсберг, Я.Э. Оценка предотвращенного ущерба при ликвидации последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС в Республике Беларусь / Я.Э. Кенигсберг, Ю.Е.Крюк // Радиация и риск. – 2007. – т.16. – № 2- 4. – С. 27-32.
13. Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь. – Минск: РУП «ИПА НАН Беларуси», 2006. – 288 с.

FORECAST OF DECREASE COLLECTIVE DOZE OF THE POPULATION OF BELARUS IN THE RESULT OF OPTIMIZATION OF ACIDITY OF SOIL, CONTAMINATED BY ^{90}Sr

Yu.V. Putyatin, O.B. Adianova

Summary

Results of researches on study of efficiency of soil acidity optimization on decrease of a collective doze of an irradiation ^{90}Sr on the population of Belarus are submitted. On the basis of the "cost-benefit" analysis it is shown, that expenses for averted collective doze for liming on cereals are 21-170 thousand \$ per 1 man.-Sv depending on density of ^{90}Sr soil contamination of rural districts.

Поступила 12 марта 2009 г.