

ОЦЕНКА И ПРОГНОЗ УРОВНЕЙ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ^{137}Cs СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ ЮГО-ЗАПАДНЫХ РАЙОНОВ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ, ПОДВЕРГШИХСЯ ВОЗДЕЙСТВИЮ ОТ АВАРИИ НА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС

¹А.В. Панов, д.б.н., ¹Е.В. Гордиенко, ²П.В. Прудников, д.с.-х.н.

¹ВНИИ радиологии и агроэкологии, e-mail: riar@mail.ru

²Центр химизации и сельскохозяйственной радиологии «Брянский», e-mail: agrohim_32@mail.ru

Дана оценка современной радиологической обстановки на сельскохозяйственных угодьях хозяйств шести юго-западных районов Брянской области, в наибольшей степени подвергшихся воздействию от аварии на Чернобыльской АЭС. Выполнен долгосрочный прогноз изменения поверхностной плотности загрязнения ^{137}Cs сельскохозяйственных угодий исследуемых хозяйств. Определены периоды времени, когда в результате радиоактивного распада произойдет снижение плотности загрязнения ^{137}Cs сельскохозяйственных угодий юго-западных районов Брянской области до уровня менее 37 кБк/м² (1 Ку/км²).

Ключевые слова: авария на Чернобыльской АЭС, радиоактивное загрязнение, сельскохозяйственные угодья, прогноз, оценка, Брянская область.

ASSESSMENT AND FORECAST OF LEVELS OF ^{137}CS CONTAMINATION OF AGRICULTURAL LANDS OF THE SOUTHWEST DISTRICT OF THE BRYANSK REGION WHICH WERE AFFECTED FROM THE CHERNOBYL ACCIDENT

¹Dr. Sci. A.V. Panov, ¹E.V. Gordienko, ²Dr. Sci. P.V. Prudnikov

¹All-Russian Institute for Radiology and Agroecology, e-mail: riar@mail.ru

²State Center for Chemization and Agricultural radiology «Bryansky», e-mail: agrohim_32@mail.ru

The assessment of a modern radiological situation on agricultural lands of farms of six southwest districts of the Bryansk region which were the most affected from the Chernobyl accident is given. The long-term forecast of the change of the surface density of ^{137}Cs contamination of the studied farms is made. The periods of time when radioactive decay will be reduced by decrease in density of ^{137}Cs contamination of agricultural land of southwest districts of the Bryansk region to level less than 37 kBq/m² (1 Ku/km²) are determined.

Keywords: Chernobyl NPP accident, radioactive contamination, farmland, forecasting, estimation, Bryansk region.

На всех этапах после радиационной аварии на Чернобыльской АЭС основой для оценки радиологической ситуации в агропромышленном комплексе и планирования сельскохозяйственного производства с целью получения продукции, удовлетворяющей нормативам, служат данные о загрязнении земель радионуклидами [1, 2]. После аварии на ЧАЭС результаты радиологического обследования сельскохозяйственных угодий стали базовой информацией при принятии решений по реабилитации загрязненных территорий [3-5].

Основным нуклидом с точки зрения радиационной опасности в чернобыльских выпадениях является ^{137}Cs . Максимальные уровни загрязнения ^{137}Cs (свыше 1480 кБк/м²) были выявлены в Брянской области. Общая площадь сельскохозяйственных угодий с плотностью загрязнения ^{137}Cs свыше 1480 кБк/м² (40 Ку/км²) в 1987 г. составила 17,1 тыс. га,

в том числе сенокосов и пастбищ – 9,8 тыс. га, а пахотных земель – 7,3 тыс. га [4]. В Брянской области наиболее загрязнены ^{137}Cs территории юго-западных районов: Гордеевский, Злынковский, Климовский, Клинцовский, Красногорский и Новозыбковский. Несмотря на то, что после аварии на ЧАЭС прошло 30 лет, проблема высоких уровней радиоактивного загрязнения сельскохозяйственных угодий этих районов остается актуальной [6].

Мероприятия по широкомасштабному радиологическому обследованию сельскохозяйственных угодий достаточно дорогостоящие, трудоемкие и проводятся на одной и той же территории турами 1 раз в 4-5 лет [7]. Поэтому при планировании агропромышленного производства на загрязненных территориях стали использовать методы прогнозирования уровней загрязнения радионуклидами сельскохозяйственных угодий [8]. Ранее в работе

[9] был дан сравнительный анализ долгосрочных прогнозных оценок уровней загрязнения ¹³⁷Cs сельскохозяйственных угодий на примере южных районов Калужской области, подвергшихся воздействию от аварии на ЧАЭС. Также оценена роль факторов, влияющих на точность таких оценок. Было показано, что при прогнозировании уровней загрязнения ¹³⁷Cs сельскохозяйственных угодий необходимо учитывать как распад радионуклидов, так и фактор проведения защитных и реабилитационных мероприятий.

В 2009 г. выпущен Атлас современных и прогнозных аспектов последствий аварии на ЧАЭС, где выполнены оценки уровней радиоактивного загрязнения территории России до 2056 г. с привязкой к населенным пунктам [10]. В то же время в населенных пунктах проводили специальные мероприятия для снижения плотности их загрязнения ¹³⁷Cs, поэтому уровни загрязнения данным радионуклидом сельскохозяйственных угодий, как правило, являются более высокими. В настоящее время поверхностная плотность загрязнения ¹³⁷Cs сельскохозяйственных угодий ряда хозяйств Брянской области превышает 1480 кБк/м² (40 Ки/км²) и будет сохраняться на таких высоких уровнях достаточно длительное время [11]. Это приводит к необходимости выполнения прогнозных оценок уровней загрязнения ¹³⁷Cs сельскохозяйственных угодий юго-западных районов Брянской области и определения периодов времени, когда произойдет естественное «очищение» данной территории в результате радиоактивного распада, т.е. снижения плотности загрязнения ¹³⁷Cs территории до уровня менее 37 кБк/м² (1 Ки/км²).

Материалы и методы. В шести наиболее радиоактивно загрязненных юго-западных районах Брянской области расположены 115 коллективных сельскохозяйственных предприятий (КСХП). Площадь сельскохозяйственных угодий в них составляет 324,7 тыс. га, включая 221,7 тыс. га пашни и 103,0 тыс. га сенокосно-пастбищных угодий. Наибольшее (29) число сельскохозяйственных предприятий функционирует в Климовском районе, наименее радиоактивно загрязненном. В наиболее загрязненных районах часть сельскохозяйственных угодий с максимальными уровнями загрязнения

¹³⁷Cs выведена из хозяйственного оборота и не используется.

Для анализа и прогнозирования изменения радиационной обстановки был выполнен прогноз уровней загрязнения ¹³⁷Cs пашни и лугопастбищных угодий по хозяйствам и районам для периода 2015-2030 гг. и далее до снижения плотности загрязнения данным радионуклидом ниже порога в 37 кБк/м² (1 Ки/км²). Для каждого рассматриваемого года оценивали уровни загрязнения сельскохозяйственных угодий с учетом распада ¹³⁷Cs по формуле:

$$\sigma(t) = \sigma_n \cdot \exp\left(\frac{-0,693 \cdot \Delta t}{T_{1/2}}\right), \text{ кБк/м}^2$$

где: σ_{n1} – плотность загрязнения ¹³⁷Cs сельскохозяйственных угодий в последний год радиологического обследования, кБк/м²; Δt – время, число лет, прошедших с последнего года радиологического обследования до расчетного года; $T_{1/2}$ – период полураспада ¹³⁷Cs, равный 30,17 года.

Результаты исследований. Анализ современной радиационной обстановки показал, что средние уровни загрязнения ¹³⁷Cs сельскохозяйственных угодий в 2015 г. составляют 210 кБк/м² и варьируют в очень широких пределах от 7 до 1217 кБк/м² (табл. 1).

Воздействию аварии на ЧАЭС в наибольшей степени подверглись сельскохозяйственные угодья Новозыбковского района, где поверхностная плотность загрязнения ¹³⁷Cs в 2015 г. составляет в среднем 335 кБк/м² (9 Ки/км²). Однако, наиболее критичные сельскохозяйственные предприятия с максимальными уровнями выпадения ¹³⁷Cs расположены в Красногорском районе. Так, в хозяйствах «Кирова» и «Имени 24 съезда» этого района средние уровни загрязнения ¹³⁷Cs сельскохозяйственных угодий достигают величины более 1200 кБк/м² (32 Ки/км²), а лугопастбищных угодий – 1370-1600 кБк/м² (37-43 Ки/км²). В других исследуемых районах также есть предприятия с высокими уровнями загрязнения ¹³⁷Cs сельскохозяйственных угодий. Например, в Гордеевском районе к ним относятся хозяйства «Дружба», «Мирный» и «Петровобудское». Средняя плотность загрязнения ¹³⁷Cs сельскохозяйственных угодий

1. Поверхностная плотность загрязнения ¹³⁷Cs сельскохозяйственных угодий хозяйств юго-западных районов Брянской области (данные 2015 г.), кБк/м²

Район	Всего			Пашня			Сенокосы и пастбища		
	среднее	min	max	среднее	min	max	среднее	min	max
Гордеевский	221	85	422	182	63	340	281	104	570
Злынковский	218	22	655	193	19	581	296	37	873
Климовский	80	7	167	70	19	148	128	11	326
Клинцовский	125	15	348	96	15	222	187	19	500
Красногорский	267	37	1217	224	37	1132	349	37	1606
Новозыбковский	335	130	740	284	118	544	447	163	907

дий в этих хозяйствах превышает 370 кБк/м² (10 Ку/км²). В Злынковском районе такими предприятиями являются ТОО «Родина» (средняя плотность загрязнения ¹³⁷Cs 655 кБк/м²) и производственный кооператив «Сельхозхимия» (395 кБк/м²). В Климовском районе, наиболее радиологически благополучном из изученных, максимальная плотность загрязнения ¹³⁷Cs лугопастбищных угодий зафиксирована в ООО «Нива» (325 кБк/м²), а средние уровни загрязнения данным радионуклидом в этом хозяйстве составляют 165 кБк/м² (4,5 Ку/км²). В Клиновском районе наиболее критичными являются совхоз «Майский» и колхоз «Охотник». Средние плотности загрязнения ¹³⁷Cs сельскохозяйственных угодий в этих хозяйствах в настоящее время находятся на уровне 320-350 кБк/м² (8,7-9,4 Ку/км²), а лугопастбищных угодий достигают 500 кБк/м² (13,5 Ку/км²). В Новозыбковском районе наиболее радиоактивно загрязнены угодья семи хозяйств, а максимальная плотность загрязнения ¹³⁷Cs отмечается в колхозе «Комсомолец» и хозяйстве «Решительный». В этих двух предприятиях средние уровни загрязнения ¹³⁷Cs сельскохозяйственных угодий составляют 670-740 кБк/м² (18-20 Ку/км²), а лугопастбищных угодий – 850-925 кБк/м² (23-25 Ку/км²).

Практически во всех хозяйствах уровни загрязнения ¹³⁷Cs сенокосов и пастбищ выше аналогичных показателей пашни в среднем в 1,8 раза. Максимальная разница может достигать при этом 3 раз. Такие отличия обусловлены тем, что на пашне проводят ежегодную перепашку на различную глубину с перераспределением радионуклидов в почвенном профиле, в то время как на лугопастбищных угодьях агромероприятия осуществляют в гораздо меньших объемах. Поэтому при планировании агропромышленного производства на радиоактивно загрязненных территориях эту особенность необходимо учитывать, поскольку до настоящего времени определенная доля продукции животноводства из хозяйств юго-западных районов области все еще не отвечает установленным радиологическим нормативам [5].

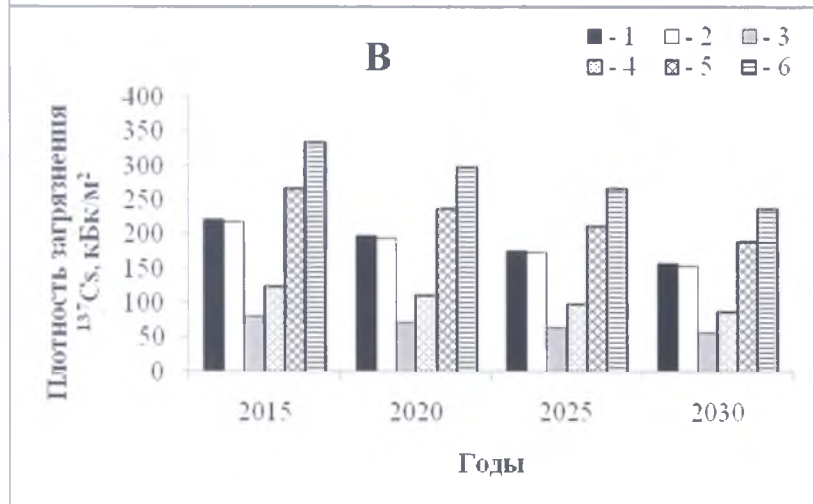
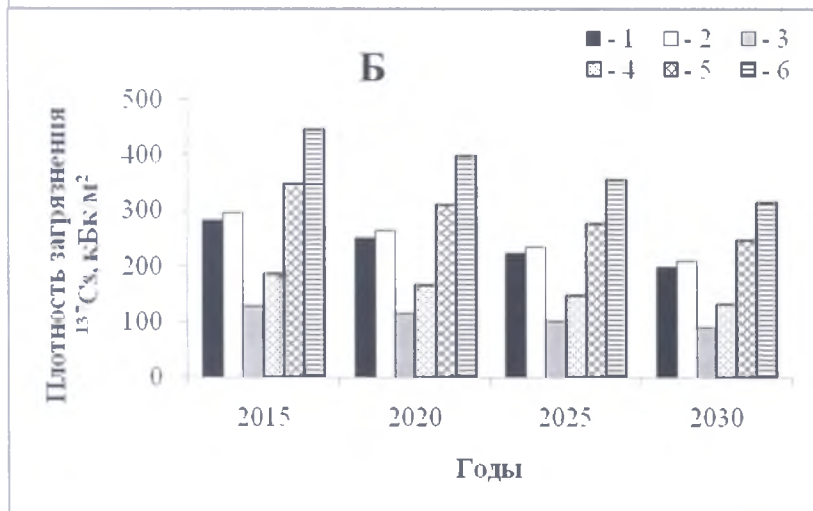
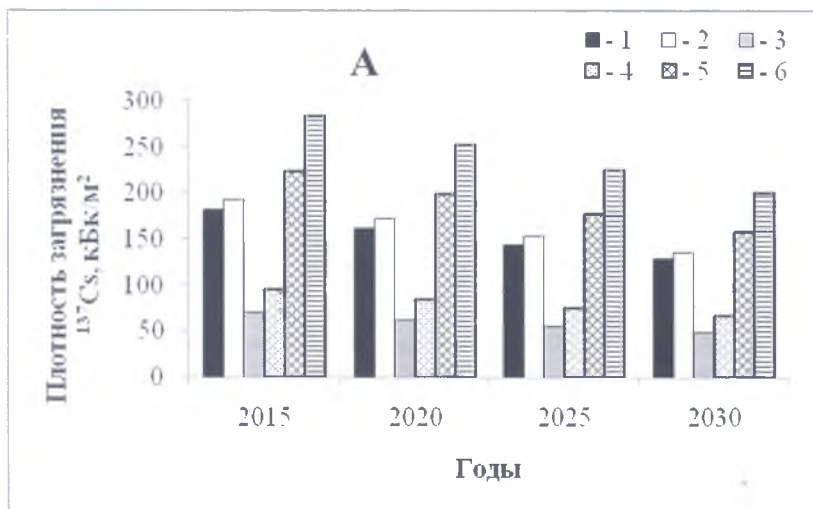
Из рассмотренных 115 хозяйств юго-западных районов Брянской области лишь в восьми из них уровни загрязнения ¹³⁷Cs сельскохозяйственных угодий не превышают 37 кБк/м² (1 Ку/км²) и их можно отнести к категории «чистых». Эти предприятия расположены в Злынковском (колхоз «им. Щорса»), Климовском (ООО «Сельхозкультура», ООО «Жевода», ООО «Хоромное») и Клиновском (колхоз «Трудовик», совхоз «Унеча», совхоз «Щорсовский», ГСХП «Семена») районах. В Гордеевском, Красногорском и Новозыбковском районах во всех агропромышленных предприятиях уровни загрязнения ¹³⁷Cs сельскохозяйственных угодий превышают уровень 37 кБк/м² (1 Ку/км²).

Анализ результатов прогнозных оценок изменения радиационной обстановки на пашне и лугопастбищных угодьях показал, что за ближайшие 15 лет (2015-2030 гг.) уровни загрязнения ¹³⁷Cs всех сельскохозяйственных угодий по исследуемым районам снизятся примерно на 30%. Например, поверхностная плотность загрязнения ¹³⁷Cs пашен в наиболее радиоактивно загрязненном Новозыбковском районе в период с 2015 до 2030 гг. уменьшится в среднем с 284 до 201 кБк/м², в то время как в Климовском районе, наименее загрязненном ¹³⁷Cs, аналогичный показатель снизится с 70 до 49 кБк/м² (рис. 1А). Схожая динамика уменьшения поверхностной плотности загрязнения ¹³⁷Cs наблюдается и по другим районам. В то же время, несмотря на продолжительный временной период оценок, следует отметить, что за 15 лет радиационная обстановка в сфере сельскохозяйственного производства исследуемых районов существенно не изменится. Так, если из 115 хозяйств не являются радиоактивно загрязненными (плотность загрязнения по ¹³⁷Cs менее 37 кБк/м²) лишь 7%, то к 2030 г. доля таких предприятий составит 17% (19 хозяйств), т.е. радиоактивное загрязнение сельскохозяйственных угодий юго-западных районов Брянской области будет сохраняться достаточно продолжительное время. Исходя из этого был проведен расчет периодов времени, в течение которого поверхностная плотность загрязнения ¹³⁷Cs снизится до уровня менее 37 кБк/м² (1 Ку/км²). Оценка выполненных прогнозов показала, что плотность загрязнения ¹³⁷Cs сельскохозяйственных угодий 115 хозяйств до уровня менее 37 кБк/м² снизится к 2050 г. в 33% из них, к 2100 г. – в 78% и к 2150 г. – в 98%. В наиболее критичном сельскохозяйственном предприятии «Имени 24 съезда» Красногорского района снижение поверхностной плотности загрязнения ¹³⁷Cs участков сенокосов и пастбищ до уровня менее 37 кБк/м² произойдет лишь к 2180 г.

На основе прогнозных оценок для каждого из исследуемых юго-западных районов Брянской области был определен период времени, когда хотя бы в одном из хозяйств поверхностная плотность загрязнения ¹³⁷Cs сельскохозяйственных угодий снизится до уровня менее 37 кБк/м². Из данных таблицы 3 видно, что в Новозыбковском районе лишь к 2080 г. уровни загрязнения ¹³⁷Cs сенокосов и пастбищ станут ниже 37 кБк/м², а полное «очищение» лугопастбищных угодий за счет естественного распада будет проходить до 2155 г. В Красногорском районе такой период времени будет максимальным и продлится до 2180 г. Сделанные прогнозные оценки позволяют сформировать общую картину сохранения радиологических проблем на сельскохозяйственных угодьях юго-западных районов Брянской области.

2. Год, когда поверхностная плотность загрязнения ^{137}Cs сельскохозяйственных угодий в хозяйствах юго-западных районов Брянской области не превысит 37 кБк/м² (1 Ки/км²)

Район	Всего		Пашня		Сенокосы и пастбища	
	min	max	min	max	min	max
Гордеевский	2050	2120	2035	2110	2060	2135
Злынковский	до 2015	2140	до 2015	2135	до 2015	2150
Климовский	до 2015	2080	до 2015	2075	до 2015	2110
Клинцовский	до 2015	2110	до 2015	2095	до 2015	2130
Красногорский	2015	2165	2015	2165	2015	2180
Новозыбковский	2070	2145	2065	2130	2080	2155



Прогноз изменения поверхностной плотности загрязнения ^{137}Cs сельскохозяйственных угодий юго-западных районов Брянской области
 А – пашня,
 Б – сенокосы и пастбища,
 В – среднее
 (1 – Гордеевский;
 2 – Злынковский;
 3 – Климовский;
 4 – Клинцовский;
 5 – Красногорский;
 6 – Новозыбковский районы)

Таким образом, в результате проведенных исследований дан прогноз изменения поверхностной плотности загрязнения ^{137}Cs сельскохозяйственных угодий хозяйств шести юго-западных районов Брянской области, в наибольшей степени подвергшихся воздействию от аварии на ЧАЭС. Результаты расчетов показали общее снижение средней плотности загрязнения ^{137}Cs почв сельскохозяйственных угодий на 30% за 15 лет. В то же время отмечено, что даже после 2030 г. более 80% сельскохозяйственных угодий

исследуемых районов будут относиться к зонам радиоактивного загрязнения. Прогнозные оценки показали, что плотность загрязнения ^{137}Cs сельскохозяйственных угодий 115 хозяйств до уровня менее 37 кБк/м² снизится к 2050 г. в 33% из них, к 2100 г. – в 78% и к 2150 г. – в 98% сельскохозяйственных предприятий. В Красногорском районе в хозяйстве с максимальными уровнями загрязнения ^{137}Cs полное «очищение» лугопастбищных угодий от данного радионуклида произойдет лишь к 2180 г.

Литература

1. Сборник «Инструкции и методические указания по оценке радиационной обстановки на загрязненной территории». – М.: Гидрометеиздат, 1989. – 148 с.
2. Сельскохозяйственная радиоэкология / Под ред. Н.А. Корнеева, Р.М. Алексахина. – М.: Экология, 1992. – 400 с.
3. Воробьев Г.Т., Гучанов Д.Е., Маркина З.Н. и др. Радиоактивное загрязнение почв Брянской области. – Брянск: Грани, 1994. – 148 с.
4. Загрязнение почв Брянской, Калужской, Тульской и Орловской областей. – Брянск, 1993. – 67 с.
5. Сотникова Н.А., Панов А.В., Курбаков Д.Н. База данных по технологиям ведения растениеводства на радиоактивно загрязненных территориях, составленная по результатам научных исследований // Агрехимический вестник, 2015, № 2. – С. 15-18.
6. Чернобыль: 25 лет спустя / Под ред. С.К. Шойгу. – М., 2011. – 354 с.
7. Прудников П.В., Карпеченко С.В., Новиков А.А. и др. Агрехимическое и агроэкологическое состояние почв Брянской области. – Брянск: Изд-во ГУП «Клинцовская городская типография», 2007. – 608 с.
8. Методика прогнозирования уровней загрязнения почв сельскохозяйственных угодий, при которых обеспечивается получение нормативно чистых продуктов питания / Н.И. Санжарова, А.В. Панов, Г.И. Попова и др. – Обнинск: ГНУ ВНИИСХРАЭ, 2007. – 17 с.
9. Панов А.В., Иванова Е.Г., Соломатин В.М. и др. Оценка факторов, влияющих на изменение плотности загрязнения ^{137}Cs сельскохозяйственных угодий // Доклады РАСХН, 2011, № 2. – С. 28-31.
10. Атлас современных и прогнозных аспектов последствий аварии на Чернобыльской АЭС на пострадавших территориях России и Беларуси (АСПА Россия-Беларусь) / Под ред. Ю.А. Изразля и И.М. Богдевича. – Москва-Минск: Фонд «Инфосфера» – НИА-Природа, 2009. – 139 с.
11. Паспорт безопасности проживания на радиоактивно загрязненных территориях. Сельскохозяйственное предприятие СХПК «Комсомолец» Новозыбковского района Брянской области. – Обнинск, 2014. – 56 с.

УДК 633.2.03(255):504.5:546.36(476)

СПОСОБЫ ОПТИМИЗАЦИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЕСТЕСТВЕННЫХ КОРМОВЫХ УГОДИЙ ПОЙМЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ РАДИОНУКЛИДАМИ

Т.А. Тимофеева, к.б.н.

Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины, e-mail: myshlion@mail.ru

Предложены способы оптимизации использования естественных сенокосно-пастбищных угодий, загрязненных долгоживущими радионуклидами ^{137}Cs и ^{90}Sr на примере пойменной экосистемы реки Сож в Гомельской области. Дана оценка радиоэкологической и биогеохимической обстановки в пойменном ландшафте и разработаны рекомендации для частичного или выборочного использования поймы с учетом плотности загрязнения почвы и действия геохимических барьеров (участков, в силу каких-либо геохимических особенностей, аккумулирующих повышенные концентрации ^{137}Cs и ^{90}Sr) в пойме и исключения данных участков из сельскохозяйственного использования. С учетом пространственно-временной дифференциации распределения радионуклидов (различия в накоплении травостоем в первом и втором укосах) даны рекомендации по наиболее оптимальному использованию для каждого фациального элемента пойменного ландшафта с целью снижения поступления радионуклидов в корма животных.

Ключевые слова: пойма, сенокосно-пастбищные угодья, геохимические барьеры, радионуклиды, Республика Беларусь.