

УДК [631.61: 504.61:351.78]:614.8:61/69

## ОЦЕНКА РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗЕМЕЛЬ, ВЫВЕДЕННЫХ ИЗ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ОБОРОТА ПОСЛЕ АВАРИИ НА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС

О. А. МЕРЗЛОВА

ГНУ «НИЭИ Минэкономки Республики Беларусь»,  
г. Могилев, Республика Беларусь, 212030, e-mail: [o-merzlova@yandex.ru](mailto:o-merzlova@yandex.ru),

Н. Н. ЦЫБУЛЬКО

РУП «Институт почвоведения и агрохимии»  
г. Минск, Республика Беларусь, 220108, e-mail: [nik.nik1966@tut.by](mailto:nik.nik1966@tut.by)

(Поступила в редакцию 26.03.2018)

*В период с 1986 по 1991 гг. из сельскохозяйственного оборота Могилевской области изъято 46,9 тыс. гектаров сельскохозяйственных земель. Данная мера являлась временной и связана с большим риском производства сельскохозяйственной продукции, загрязненной радионуклидами сверх санитарно-гигиенических нормативов. В связи с невозможностью возврата в сельскохозяйственное производство в долгосрочной перспективе сельскохозяйственным организациям передано более 70 % земель. Временно неиспользуемыми по состоянию на 2014 г. оставалось около 11 тыс. гектаров.*

*Одним из мероприятий по радиационной защите населения на территории чернобыльских выпадений стало временное выведение земель из сельскохозяйственного оборота. За прошедший период радиологическая ситуация улучшилась. Назрела необходимость формирования стратегии их возврата. Это потребовало уточнения радиационной обстановки и разработки подхода их оценки. В статье представлены результаты радиологического обследования земель Могилевской области, обоснование подхода и методика радиологической оценки возможности их использования. Приведены итоги оценки.*

**Ключевые слова:**  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ , РДУ, сельскохозяйственный оборот, радиационная безопасность.

*In the period from 1986 to 1991, 46.9 thousand hectares of agricultural land were excluded from agricultural use in the Mogilev region. This measure was temporary and is associated with a high risk of production of agricultural products contaminated with radionuclides in excess of sanitary and hygienic standards. Due to the impossibility of returning to agricultural production in the long term, more than 70% of the land was transferred to forestry organizations. As of 2014, about 11 thousand hectares remained temporarily unused.*

*One of the measures for the radiation protection of the population in the territory of Chernobyl fallout was the temporary removal of land from agricultural use. Over the past period, the radiological situation has improved. There is a need to formulate a strategy for their return. This required a clarification of the radiation situation and the development of an approach to their assessment. The article presents results of a radiological survey of lands in the Mogilev region, the rationale for the approach and the method of radiological evaluation of the possibility of their use. We have presented results of the assessment.*

**Key words:**  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ , republican allowable levels, agricultural use, radiation safety.

### Введение

За прошедший период благодаря естественным процессам произошло снижение плотности загрязнения земель, снизились коэффициенты перехода радионуклидов в сельскохозяйственные растения. В связи с этим целесообразность возвращения земель стала предметом дискуссии между органами государственного управления и учеными. Оценка возможности использования земель и разработка долгосрочной стратегии потребовали совершенствования инструментария оценки целесообразности их возврата. Проведение непосредственно оценки стало возможно после уточнения радиологической обстановки и культуртехнического состояния.

### Основная часть

В комплексе оценка выведенных из оборота радиоактивно загрязненных длительно неиспользуемых земель является оптимизационной задачей, решение которой лежит в плоскости соблюдения баланса двух основных групп критериев: радиологических и производственно-экономических. В данной статье представлены результаты первого этапа оценки, которая в контексте решаемой задачи является первоочередной.

Радиационная защита населения, безопасность ведения сельскохозяйственного производства на загрязнённых радионуклидами землях и уровень ее обеспечения характеризуется следующими широко используемыми показателями: мощность дозы  $\gamma$ -излучения, плотность радиоактивного загрязнения почв  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  (в Республике Беларусь) и прогнозируемое за-

грязнение продукции.

Для однозначности оценки земель разработана шкала показателей радиологической целесообразности возвращения земель в сельскохозяйственный оборот. Она основана на научно обоснованных подходах обеспечения радиационной безопасности, внедренных в практику, подкрепленных законодательной базой. По возможности безопасного использования земель выделено четыре категории: использование без ограничений; умеренно ограниченное использование; использование очень ограниченное использование; использование недопустимо (табл. 1). Они формируются в результате оценки по каждому из показателей, составляющих группу радиологических критериев. Для установления пороговых значений данных категорий в пределах каждого показателя использованы следующие доводы. Мощность дозы  $\gamma$ -излучения 0,6 мкЗв/ч в сложившейся практике является контрольным уровнем для принятия решений о проведении дезактивации территорий населенных пунктов. Данный порог применен для определения недопустимого фона радиоактивного загрязнения на участке, рассматриваемом для возвращения в сельскохозяйственное производство. При мощности дозы в интервале 0,2–0,6 мкЗв/ч использование участка возможно для ограниченного использования с учетом результатов дальнейшей оценки. Уровень ниже 0,2 мкЗв/ч является нормальным (с учетом природного  $\gamma$ -фона) и участок пригоден для использования без ограничений.

Таблица 1. Шкала показателей оценки земель по радиологическим критериям

Показатель	Использование недопустимо	Ограниченное использование		Использование без ограничений
		очень	умеренно	
Мощность дозы $\gamma$ -излучения, мкЗв/ч	0,6 и выше	0,2–0,6		до 0,2
Плотность загрязнения почвы $^{137}\text{Cs}$ , кБк/м <sup>2</sup> (Ки/км <sup>2</sup> )	1480,0 (40) и выше	555,0–1479,9 (15,0–39,9)	185,0–554,9 (5,0–14,9)	до 185,0 (5,0)
Плотность загрязнения почвы $^{90}\text{Sr}$ , кБк/м <sup>2</sup> (Ки/км <sup>2</sup> )	111,0 (3,0) и выше	37,1–110,9 (1,01–2,99)	18,51–37,00 (0,51–1,00)	до 18,5 (0,50)
Прогнозируемое загрязнение продукции	не соответствует РДУ	соответствие кормов для дойного стада РДУ	соответствие кормов для откорма КРС ТР ТС 21/2011	соответствие продукции РДУ на пищевые цели

Загрязнение почвы  $^{137}\text{Cs}$  выше 40 Ки/км<sup>2</sup> и выше  $^{90}\text{Sr}$  3,0 Ки/км<sup>2</sup> свидетельствует о недопустимости использования земель в связи с запретом ведения хозяйственной деятельности.

При более низких плотностях загрязнения различные культуры имеют свои предельные значения загрязнения почвы, при которых обеспечивается производство продукции в соответствии с требованиями РДУ. Они дифференцируются в зависимости от почвенных характеристик. Наиболее высокие переходы радионуклидов отмечаются на торфяных почвах. Предельной величиной загрязнения почв  $^{137}\text{Cs}$  для возделывания злаковых культур на пищевые цели на торфяных почвах в среднем является уровень около 5 Ки/км<sup>2</sup> и  $^{90}\text{Sr}$  около 0,5 Ки/км<sup>2</sup>. Данные величины также используются при выделении зоны проживания с периодическим радиационным контролем, поскольку позволяют удерживать среднегодовую эффективную дозу облучения населения в пределах 1 мЗв в год. Приведенные доводы свидетельствуют в пользу использования данных уровней для выделения группы земель использования без ограничений.

Промежуточная группа земель, которые могут использоваться с ограничением по видам производимой продукции, предполагает сокращение списка культур, возделывание которых не несет риска превышения норматива. Она состоит из двух подгрупп. Для умеренно ограниченного использования земель выступает плотность загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  – 5,0–14,9 Ки/км<sup>2</sup> и  $^{90}\text{Sr}$  – 0,51–1,00 Ки/км<sup>2</sup>, что соответствует загрязнению территории при проживании на которой среднегодовая эффективная доза может превысить 1 мЗв в год. Возрастает список культур, для которых данные плотности являются предельными. Очень ограниченное использование земель с плотностью загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  – 15,0–39,9 Ки/км<sup>2</sup> и  $^{90}\text{Sr}$  – 1,01–2,99 Ки/км<sup>2</sup> (среднегодовая эффективная доза для населения может превысить 5 мЗв в год, предъявляются специальные требования к охране труда работников, список культур для гарантированного обеспечения требований нормативов, особенно на торфяных и пойменных землях, сильно ограничен).

Одним из наиболее важных показателей радиологической группы критериев является прогнозируемый уровень загрязнения продукции и его соответствие санитарно-гигиеническим нормативам. Выполнение данного требования стало причиной отнесения сельскохозяйственных земель к радиационно опасным, что объясняет необходимость данного шага. Кроме того, он с большой точностью корректирует результаты оценки по первым трем показателям и завершает ее.

Выделение категорий земель по данному показателю обусловлено значительными различиями РДУ для продукции на пищевые цели, для кормов, в зависимости от конечной животноводческой продукции, технических культур и возможности их обеспечения.

В качестве критерия для группы земель использования без ограничений логично применение наиболее жестких нормативов. Это требования РДУ-99 к содержанию радионуклидов в продукции и сырье, предназначенных для пищевых целей (зерно яровой пшеницы, озимой ржи и гороха, картофель, овощи). Соответствие расчетных величин по приведенному перечню культур РДУ свидетельствует об обеспечении радиационной защиты населения и возможности неограниченного использования земель в сельскохозяйственном производстве.

Выделение подгрупп ограниченного использования земель обусловлено значительной вариацией РДУ для кормовых культур, в зависимости от группы животных, в рационе которых используются данные корма, и конечной животноводческой продукции.

Умеренно ограниченное использование земель предполагает сокращение списка культур, возделывание которых не несет риска превышения норматива. В качестве ограничения менее «жесткого» по сравнению с предыдущей группой выступают предельно допустимые уровни загрязнения кормов для откорма крупного рогатого скота, позволяющие производить мясо в соответствии с требованиями Технического регламента Таможенного союза. Обеспечение данного норматива гарантирует экспортные преимущества продукции и обеспечивает более высокий уровень радиационной защиты населения республики.

Следующими по уровню «жесткости» являются допустимые уровни содержания радионуклидов в кормах, используемых при производстве молока цельного (РДУ). Их целесообразно применять для выделения группы земель очень ограниченного использования.

Земли, на которых возможно обеспечение требований РДУ в кормах только для откорма крупного рогатого скота с допустимым содержанием 500 Бк/кг, не рассматриваются для вовлечения в оборот. Их использование сопряжено с высокой технологической дисциплиной в кормопроизводстве и животноводстве, что при сложившемся дефиците трудовых ресурсов в сельскохозяйственном производстве трудно реализуемо и сопряжено с риском несоответствия животноводческой продукции выдвигаемым требованиям.

При превышении расчетными величинами по ключевым культурам уровней санитарно-гигиенических нормативов возврат земель является недопустимым.

Для оценки возможности возврата выведенных из оборота в 90-е годы радиоактивно загрязненных земель, на площади 10973 га сотрудниками Могилевского филиала РНИУП «Институт радиологии» осуществлено уточнение радиологической обстановки. Оно проведено в соответствии с инструкцией по обследованию земель, выведенных из оборота после аварии на Чернобыльской АЭС, и отбору проб почвы на участке, разработанной на основе методических указаний крупномасштабного агрохимического и радиологического обследования почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь. В качестве учетной единицы принят отдельно оконтуренный участок. Вымочки и неудобицы площадью менее 1 га исключены из обследования.

Мощности дозы  $\gamma$ -излучения фиксировались с использованием спектрометра МКГ-АТ1321 по достижении статистической погрешности не более 10 %.

Определение удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  осуществлено экспрессным методом без отбора проб с использованием спектрометра МКС-АТ6101 ДР. Фиксированная погрешность измерения прибора 30 % достигалась путем автоматического контроля в ходе выполнения измерений средствами программного обеспечения спектрометра.

Определение удельной активности  $^{90}\text{Sr}$  в объединенных почвенных образцах проведено радиохимическим методом в соответствии с МВИ. МН 1932-2003 «Методика радиохимического определения УА  $^{90}\text{Sr}$  в почвах без разделения в системе стронций-кальций» (в лаборатории массовых анализов РНИУП «Институт радиологии»).

Радиологическая обстановка на момент обследования складывалась следующим образом. Уровень мощности дозы  $\gamma$ -излучения 0,2 мкЗв/ч (среднее значение на участке) превышен на 4996,4 га, или 46 % обследованной площади Климовичского, Краснопольского, Славгородского и Чериковского районов (143 участка). В их составе 586,5 га, где фон превысил 0,6 мкЗв/ч (табл. 2).

Таблица 2. Результаты радиологического обследования

Район	Год	Мощность дозы $\gamma$ -излучения, мкЗв/ч			Удельная активность радионуклидов в почве, Бк/кг					
					$^{137}\text{Cs}$ , Бк/кг			$^{90}\text{Sr}$		
		среднее	минимум	максимум	среднее	минимум	максимум	среднее	минимум	максимум
Бельничский	2014	0,08	0,02	0,12	96,2	40	213	7,7	1,4	25,4
Быховский	2015	0,12	0,06	0,21	723,9	61	1800	5,3	0,5	14,1
Климовичский	2016	0,71	0,38	1,04	5470,8	2000	9500	19,9	10,7	29,3
Кличевский	2015	0,07	0,01	0,18	556,0	20	1800	4,5	1,2	11,8
Краснопольский	2014	0,29	0,04	1,23	2222,7	173	11500	18,8	5,7	45,4
Кричевский	2016	0,09	0,02	0,58	634,0	38	4200	6,4	1,6	23,1
Могилёвский	2014	0,09	0,03	0,15	400,2	38	418	3,1	2,6	5,0
Славгородский	2015	0,17	0,01	0,91	876,1	15	2900	7,9	1,3	25,8
Чаусский	2014	0,08	0,03	0,22	231,7	42	657	13,8	1,8	47,3
Чериковский	2016	0,21	0,05	1,03	1616,5	37	12800	9,0	1,4	59,6

В данных районах получены наиболее высокие результаты удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  в почве. Абсолютный максимум показателя зафиксирован в Чериковском районе (12800 Бк/кг). Максимальные средневзвешенные активности  $^{137}\text{Cs}$  отмечены в Климовичском районе (5471 Бк/кг), Краснопольском – 2223 Бк/кг, Чериковском – 1617 Бк/кг. Наиболее загрязненным  $^{90}\text{Sr}$  является Климовичский район, средняя удельная активность нуклида в почве составила 19,9 Бк/кг.

Пересчет удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в поверхностное загрязнение осуществлен по формуле запаса радионуклидов в пахотном слое почвы. Тип и гранулометрический состав почв установлены по почвенным картам. Наибольший удельный вес (74,5 %) занимают участки с плотностью загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  1,0–4,9 Ки/км<sup>2</sup>, затем по убыванию 15,0–39,9 Ки/км<sup>2</sup> (17,8 %), до 1,0 Ки/км<sup>2</sup> (5,2 %), свыше 40 Ки/км<sup>2</sup> (2,5 %).

На долю земель плотностью загрязнения  $^{90}\text{Sr}$  до 0,15 Ки/км<sup>2</sup> приходится 85,9 %, в диапазоне 0,15–0,30 Ки/км<sup>2</sup> – 12,8 %, 0,31–0,50 Ки/км<sup>2</sup> – 1,3 %. Участки с недопустимым для ведения сельскохозяйственного производства уровнем загрязнения по  $^{90}\text{Sr}$  не выявлены.

На основании результатов радиологического обследования дана оценка радиационной безопасности возврата неиспользуемых земель Могилевской области в сельскохозяйственный оборот. Установлено, что плотность загрязнения земель  $^{90}\text{Sr}$  позволяет вести сельскохозяйственное производство без ограничений по перечню возделываемых культур на всей обследованной площади, по величине мощности дозы гамма-излучения – на 7341,1 га, по плотности загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  – на 4647,4 га (табл. 3).

Таблица 3. Радиологическая оценка неиспользуемых земель Могилевской области, выведенных из оборота (по итогам обследования 2014–2016 гг.), га

Показатели	Использование недопустимо	Ограниченное использование		Использование без ограничений
		очень	умеренно	
Мощность дозы $\gamma$ -излучения	384,7	3247,5		7341,1
Плотность загрязнения почвы $^{137}\text{Cs}$	384,7	1848,6	4102,6	4637,4
Плотность загрязнения почвы $^{90}\text{Sr}$	0	0	0	10973,3
Соответствие продукции ДУ при: пахотном использовании луговом использовании	3171,4	136,5	388,4	824,0
	5374,1	1694,7	3089,7	0

Примечание: из оценки соответствия ДУ сельскохозяйственной продукции при пахотном использовании, исключены пойменные земли (5638,2 га) и земли, не имеющие потенциала сельскохозяйственного использования (814,8 га) исключены из оценки обоих направлений.

Для умеренно ограниченного использования (выращивания кормовых культур с учетом требований к продукции животноводства технического регламента Таможенного союза), согласно первым трем показателям, дополнительно может быть вовлечено 4102,6 га; для очень ограниченного использования (производства кормов, предназначенных дойному стаду при получении цельного молока), – еще 1848,6 га. Недопустимыми для использования по мощности дозы  $\gamma$ -излучения и плотности загрязнения земель являются 384,7 га.

Представленные результаты существенно изменила оценка соответствия сельскохозяйственной продукции и сырья требованиям допустимых уровней содержания радионуклидов. Это обусловлено значительным удельным весом почв с повышенными переходами  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в растения на участках, выведенных из оборота в связи с радиоактивным загрязнением.

Так, на долю земель, где почвенный покров представлен торфяно-болотными почвами, приходится 19 %. Минеральные почвы включают 42 % супесчаных, 11 % песчаных и только 25,5 % суглинистых. Причем в состав каждой из групп, выделенных по гранулометрическому составу почв, входят аллювиальные дерновые почвы, доля которых в общем балансе 36,2 %.

Прогноз загрязнения составлен для двух групп сельскохозяйственных культур, предназначенных на пищевые цели (зерно, картофель, овощи) и для производства кормов (зерно, зеленая масса).

Для оценки культур на пищевые цели выбраны наиболее распространенные, обладающие повышенными коэффициентами перехода, яровая пшеница и озимая рожь, горох. В качестве индикаторной культуры загрязнения овощей использована свекла столовая (для нее наиболее полно представлены ряды коэффициентов перехода радионуклидов на различных почвах).

Оценка пригодности земель для производства кормов основывалась на расчете прогноза загрязнения фуражного зерна яровой пшеницы, зерна люпина, а также зеленой массы многолетних злаковых трав и зеленой массы клевера, являющихся непосредственно зеленым кормом, а также источником для получения сена, сенажа, силоса. В расчетах учтены технологические ограничения возделывании ряда культур на отдельных типах почв.

По итогам оценки возможность неограниченного производства сельскохозяйственной продукции на пищевые цели и все виды кормов на пашне для крупного рогатого скота, независимо от вида конечной продукции, установлена на 824,0 га.

Дополнительно на площади 388,4 га могут производиться корма для всех групп крупного рогатого скота, в том числе и на заключительном откорме с учетом требований к содержанию  $^{137}\text{Cs}$  в мясе менее 200 Бк/кг (умеренно ограниченное использование). Группа земель очень ограниченного использования, на которых возможно производство зернофуража, пастбищного корма и заготовка травяных кормов для дальнейшего использования дойному стаду, ориентированное на конечный продукт – молоко цельное, включает 136,5 га.

Оценку «недопустимо» по критерию соответствия нормам допустимых уровней содержания радионуклидов в сельскохозяйственной продукции и кормах получили 3171,4 га земель при пахотном использовании.

Учитывая значительную долю участков, потенциально пригодных для лугового использования (51 %), среди которых доля пойменных земель составляет 37,8 %, а также потребность сельскохозяйственных организаций в естественных сенокосах и пастбищах, осуществлена оценка возможности возврата в оборот всей площади земель для луговодства. В этом случае для умеренно ограниченного использования пригодно 3089,7 га (28,2 %), для очень ограниченного использования пригодно 1694,7 га (15,4 %). Возврат 5374,1, га (50,0 %) является недопустимым для производства луговых кормов.

В целом по критерию радиологической безопасности с учетом всех возможных вариантов использования для возврата в сельскохозяйственное производство пригодно 5497,4 га. Из них 1899,2 га могут использоваться как в пахотном, так и луговом направлении; 107,6 га – только в пахотном, 3490,6 га – только в луговом.

### **Заключение**

В ходе исследования определено, что показателями, характеризующими радиологическую безопасность возврата земель, изъятых как радиационно опасные, являются мощность дозы  $\gamma$ -излучения, плотность радиоактивного загрязнения почв  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  и прогнозируемое загрязнение продукции. Шкала количественных оценок, основанная на научно обоснованных подходах обеспечения радиационной безопасности, подкрепленных законодательной базой и внедренных в практику предусматривает выделение четырех категорий земель по возможности использования: использование без ограничений; умеренно ограниченное, очень ограниченное; недопустимо.

Радиологическое обследование неиспользуемых земель Могилевской области (11 тыс. гектаров), выведенных из оборота как радиационно опасные, позволила оценить перспективы возврата в сельскохозяйственный оборот по одному из определяющих критериев.

Установлено, что, с точки зрения радиологической безопасности, для возврата в сельскохозяйственное производство пригодно 5497,4 га. Из них 1899,2 га могут использоваться как в пахотном, так и луговом направлении, 107,6 га – только в пахотном, 3490,6 га – только в луговом. Для неограниченного по перечню возделываемых культур на пашне пригодно 824,0 га, для ограниченного пахотного – 524,9 га, лугового – 4784,4 га. Недопустим возврат 5374,1 га.

Следует отметить, что данный результат является первым шагом комплексной эколого-экономической оценки.

*ЛИТЕРАТУРА*

1. Крупномасштабное агрохимическое и радиологическое обследование почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь: методические указания / И. М. Богдевич [и др.]; под ред. И. М. Богдевича. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2012. – 48 с.

2. Сборник нормативных правовых актов по вопросам преодоления последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС. – Минск: Институт радиологии, 2013. – 160 с.