

Научная статья

Original article

УДК 539:631.438

DOI:10.24412/2588-0209-2021-10392

**АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ЗЕМЕЛЬ БРЯНСКОЙ
ОБЛАСТИ ПОДВЕРГШИХСЯ РАДИАЦИОННОМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ
В РЕЗУЛЬТАТЕ АВАРИИ НА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС**
STATE OF RECLIMATION OF LANDS OF THE BRYANSK REGION
AFFECTED BY RADIATION AS A RESULT OF THE ACCIDENT AT THE
CHERNOBYL NPP



Клименков Фёдор Иванович, к.с.-х.н, старший научный сотрудник отдела отдаленной гибридизации, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина Российской академии наук (ГБС РАН) 127276 г. Москва, ул. Ботаническая, д.4, email: fedorklim@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2556-7287>, 8(977)924-66-08

Мишанова Екатерина Викторовна, к.б.н, научный сотрудник лаборатории биотехнологии растений, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина Российской академии наук (ГБС РАН) 127276 г. Москва, ул. Ботаническая, д.4, email: mishanova@gbsad.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3433-8897>

Клименкова Ирина Николаевна, научный сотрудник отдела отдаленной гибридизации, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина Российской академии наук (ГБС

РАН) 127276 г. Москва, ул. Ботаническая, д.4, email: irinaklimleon@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9370-4442>

Klimenkov Fedor Ivanovich, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher of the Department of Remote Hybridization, Federal State Budgetary Institution of Science Main Botanical Garden named after V.I. N.V. Tsitsin Russian Academy of Sciences (GBS RAS) 127276 Moscow, st. Botanicheskaya, 4, email: fedorklim@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2556-7287>

Mishanova Ekaterina Viktorovna, Candidate of Biological Sciences, Researcher at the Laboratory of Plant Biotechnology, Federal State Budgetary Institution of Science Main Botanical Garden named after V.I. N.V. Tsitsin Russian Academy of Sciences (GBS RAS) 127276 Moscow, st. Botanicheskaya, 4, email: mishanova@gbsad.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3433-8897>

Klimenkova Irina Nikolaevna, Researcher, Department of Remote Hybridization, Federal State Budgetary Institution of Science Main Botanical Garden named after N.V. Tsitsin Russian Academy of Sciences (GBS RAS) 127276 Moscow, st. Botanicheskaya, 4, email: irinaklimleon@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9370-4442>

Аннотация. В статье приведена оценка радиологической обстановки на сельскохозяйственных угодьях Брянской области. Дана общая оценка по воздействию радионуклидов на человека непосредственно после аварии и ситуации сегодняшнего дня. Описаны некоторые достижения по направлению рекультивации земель. Показано, что средневзвешенная плотность загрязнения ^{137}Cs за последние 30 лет на территориях ранее выведенных из оборота снизилась в среднем на 75% и которые сегодня возвращены в сельхоз оборот по радиологическому критерию, но не смотря на общее снижение уровней радиационного воздействия сохраняется потребность в проведении реабилитационных мероприятий на более чем 20% сельскохозяйственных угодий, это относится к естественным лугам и

пастбищам. Представлены основные мероприятия проводимые органами исполнительной власти субъекта по вовлечению «чернобыльских земель» в оборот сельскохозяйственных территорий. Приведены статистические данные о территориях возвращенных в земли сельскохозяйственного использования.

Abstract. The article gives an assessment of the radiological situation in the agricultural lands of the Bryansk region. A general assessment of the impact of radionuclides on humans immediately after the accident and the situation today is given. Some achievements in the direction of land reclamation are described. It is shown that the average weighted density of contamination with ^{137}Cs has decreased on the average by 75% over the last 30 years on the territories formerly withdrawn from the agricultural turnover, and which are now put back into the turnover by radiological criteria. But, regardless of the general decrease of the radiation exposure, the need to take remediation measures on more than 20% of agricultural lands remains, this applies to natural meadows and pastures. The main measures taken by the executive authorities of the subject to involve "Chernobyl lands" into the turnover of agricultural territories are presented. Provides statistical data on the territories returned to agricultural land.

Ключевые слова: авария, нуклид, радиация, почва, площадь, вредные вещества, загрязнение

Key words: accident, nuclide, radiation, soil, area, harmful substances, pollution

Авария на Чернобыльской АЭС привела к серьезному масштабному загрязнению территорий России, Беларуси и Украины. Самым тяжелым из последствий аварии, несомненно после воздействия на человека, стало радиоактивное загрязнение сельскохозяйственных угодий и природных экологических систем.

Брянская регион оказалась самой «грязной зоной» в Российской Федерации, как по площади, так и по общему количеству выпавших

радионуклидов. В число наиболее пострадавших вошли юго-западные районы: Гордеевский, Злынковский, Климовский, Клинцовский, Красногорский, Новозыбковский, Стародубский по площади это 8373 км² или 24% от всей территории области.

На момент аварии 1986 года в зонах загрязнения находилось свыше 1300 населенных пунктов с населением более 480 тыс. человек, тогда как, сегодня на пострадавших территориях находится около 700 населенных пунктов, в которых проживает 248 тыс. человек, из них 6,6 тыс. чел. (0,5%) живут в зоне отселения; 137,8 тыс. чел. (11,2 %), в зоне с правом на отселение; 103,9 тыс. чел. (8,4%), в зоне с льготным социально-экономическим статусом. [1]. Чернобыльская авария АЭС привела к резкому увеличению содержания в природной среде искусственных радионуклидов, в том числе основного дозообразующего ¹³⁷Cs [2, 3].

В настоящее время в Брянской области площадь сельскохозяйственных угодий с плотностью загрязнения почвы ¹³⁷Cs свыше 37 кБк/м² составляет более 422 тыс. га, в том числе пашни — 271 тыс. га, сенокосов и пастбищ — около 150 тыс. га.

Обстановка по загрязнению почв сельскохозяйственных угодий области претерпевает постоянные изменения в сторону улучшения, но самопроизвольный процесс очищения (полураспада) от радионуклидов очень медленный. Данные Брянского центра «Агрохимрадиология» показывают, стабильное снижение плотности загрязнения почв на 2016 год по сравнению с 1986 годом, так по региону в целом на – 47%, из них пашни – 43%, а сенокосов и пастбищ – 58% (Таблица 1).

Таблица 1 – Динамика загрязнения ¹³⁷Cs земель сельскохозяйственного назначения Брянской области в сравнении (1986 - 2016 г.г.)

Угодья	Год	Площадь	в т.ч. по группам загрязнения, кБк/м ²					Средневзвешенная плотность загрязнения, кБк/м ²
			до 37	37-185	185-555	556-1480	свыше 1480	

Всего с.-х. угодий	1986	1756,7	1054,0	401,5	186,6	97,6	17,0	132
	2016	1665,6	1290,3	231,3	107,8	25,8	1,2	63
пашня	1986	1267,4	787,3	286,8	131,0	55,1	7,2	111
	2016	1251,5	1010,8	168,1	64,7	7,7	0,14	48
сенокосы + пастбища	1986	489,3	267,7	114,7	55,6	42,5	9,8	186
	2016	414,1	288,4	63,2	43,1	18,1	1,1	107
юго-западные территории Брянской области								
Всего с.-х. угодий	1986	523,4	39,1	186,9	183,0	97,4	17,0	389
	2016	478,6	131,6	212,2	107,7	25,9	1,2	174
пашня	1986	359,7	26,4	140,7	130,3	55,0	7,2	326
	2016	345,6	109,3	163,6	64,7	7,7	0,14	130
сенокосы + пастбища	1986	163,7	12,7	46,2	52,7	42,4	9,8	525
	2016	133,0	22,2	18,6	42,9	18,2	1,1	288

При сравнении 2020 с 1986 годами отмечается, что более 250 тыс. га были переведены в разряд чистых земель, уровень радиационного фона на которых составляет менее 1 кюри, это в свою очередь 18,7% от всей площади региона, в том числе в юго-западных районах 101,4 тыс. га, однако на территории свыше 355 тыс. га уровень радиации превышает норму в 1 кюри, около 100 тыс. га, где отмечается значение свыше 5 кюри.

В 2018 году в разряд чистых территорий переведено более 254 тыс. га или 18,7 % сельхозугодий Брянской области, подвергшихся радиоактивному загрязнению после аварии на Чернобыльской АЭС, где уровень радиации не превышает более 1 кюри, что для ведения сельскохозяйственной деятельности является безопасным. Очищение земель от радиационного воздействия происходит не только по причине естественного периода полураспада радиоактивных элементов, но и начавшейся масштабной рекультивации загрязненных почв. Агротехнические работы, такие как вспашка, известкование, внесение сбалансированных доз удобрений, в особенности калийных и т.д., позволяют в 2-2,5 раза снизить воздействие и поступление из почвы в растения радионуклидов.

В Брянском регионе в период с 1986 по 2016 годы были проведены и продолжает проводиться комплекс организационных, агротехнических и агрохимических, которые оказывают существенное влияние в сторону снижения последствий радиационной аварии на Чернобыльской АЭС. [4].

Несмотря на улучшение радиационной обстановки, до сих пор не удалось полностью решить проблему обеспечения безопасности населения. Риск получения загрязненной продукции от животноводства составляет до 37% от молока и до 50% по зеленым кормам в кормопроизводстве. Остро стоит проблема при производстве продукции кормопроизводства на естественных кормовых угодьях, здесь получение укосов зеленой массы, не отвечающей нормативным документам, не снижается ниже значения в 25% [5].

Одним из главных факторов снижения накопления ^{137}Cs в растениеводческой продукции является уровень плодородия почв. Известно что, с увеличением степени окультуренности, накопление ^{137}Cs в продукции растениеводства резко снижается [1].

Загрязнение сельскохозяйственных территорий, производство и потребление продукции с повышенным содержанием радионуклидов служит одним из основных источников внутреннего облучения населения. Это в значительной степени обусловлено почвенными особенностями загрязненных территорий, в первую очередь, наличием в почвенном покрове почв легкого гранулометрического состава, которые характеризуются высокими темпами миграции радионуклидов [7]. Невозможно, без научнообоснованных систем земледелия на техногенно загрязненных угодьях получать сельскохозяйственную продукцию, которая соответствует санитарно-гигиеническому нормативу, где самое важное место занимает комплекс агрохимических и агротехнических мероприятий [8].

Получение продуктов питания с содержанием радионуклидов не превышающие установленные нормы, имеет приоритетное значение, поскольку в отдаленный (временной) период после аварии в формировании доз облучения преобладает внутреннее облучение за счет потребления загрязненной радионуклидами пищи [9].

За весь послеаварийный период учеными из различных стран, в том числе и российскими, украинскими и белорусскими, были проведены многочисленные исследования по миграции радионуклидов в агроэкосистемах. На их основе разработаны многочисленные рекомендации по ведению агропромышленного производства.

По данным Департамента сельского хозяйства Брянской области, земли которые считались непригодными для ведения сельхозработ, массово вовлекаются в оборот, как крупными агрохолдингами, так и представителями среднего и малого бизнеса, такие, как например КФХ «Стародубец» Стародубского района Брянской области, площадь всех пахотных земель которого составляет около 12 тыс.га. Хозяйство осуществляет свою деятельность на рынке с 2007 года, занимаясь преимущественно возделыванием зерновых культур: пшеница, рожь, кукуруза, рапс и в большей степени в юго-западных районах региона, где ранее более 40% земель относилось к категории сильно загрязненных по радиации. Возникающие сомнения по поводу разработки таких земель присутствовали на стадии разработки проектов рекультивации, но используя опыт коллег Беларуси, где товаропроизводители не прекращали обрабатывать зараженную радионуклидами земли со времен аварии на ЧАЭС, при правильном использовании технологии культуртехнических работ, отпали сами собой. Секрет безопасного земледелия на непригодных территориях заключается в технологии обогащения земли микроэлементами, необходимыми для питания растений. Общеизвестно, что в загрязненной радиацией почве возникает недостаток калия, а специфика растений такова,

что при голодании по элементу калий, они взамен его начинают накапливать цезий. Разумеется, такой конечный продукт, в частности зерно и продукты его переработки, становятся непригодными для повсеместного использования.

Использование технологии рекультивации так называемых «чернобыльских земель» по аналогу белорусских коллег, позволило аграриям Брянского региона вовлечь в сельскохозяйственный оборот такие земли. Сама технология не подразумевает сложных способов и заключается в неукоснительном ее соблюдении с составлением технологической карты с научным распределением сельскохозяйственных культур, которые планируются высевать, проведения мониторинга с отбором и исследованием почвенных образцов по каждому конкретному полю, для установления недостатка по элементам питания, и уже исходя из этого, проводится целенаправленное внесение в почву недостающих элементов питания различными расчетными дозами. Вторым не мало важным аспектом таких технологий является использование химической мелиорации – известкование почв. Общеизвестно, что известь при взаимодействии с изотопами ^{137}Cs и ^{90}Sr , оказывает нейтрализующее действие на ионизирующее излучение радиоизотопов. Для этих целей в регионе разработан утвержден ряд программ по поддержке и развитию земель сельскохозяйственного назначения с использованием мелиоративных работ.

При строгом соблюдении данных технологий, конечный продукт, к примеру зерно, абсолютно безопасно. За счет правильного использования технологий, урожайность на таких площадках выше средних показателей по области. Так по итогам 2018 года, сельхозпредприятия, которые использовали в севооборотах такие земли, вошли в пятерку лидеров по среднему валовому сбору конечной продукции: пшеница и рожь 60-70ц/га; кукуруза 120-130 ц/га.

Учитывая полученные результаты, фермеры Брянской области увеличивают пахотные земли за счет разработки «чернобыльских земель». В 2017 году в оборот земель сельскохозяйственного назначения дополнительно ввели около 1 тыс. га, в 2018 году порядка 2 тыс. га, в 2019 году около 3 тыс. га конкретно по юго-западным регионом Брянской области, это именно из разряда чернобыльских участков на границк с Белорусией. Введение в оборот земель подразумевает и обустройство прилегающих к ним территорий. Ответственность за содержание и использование всей прилегающей к таким участкам территории ложится на сельхозпроизводителя.

В полседние годы проделана и продолжается большая работа по этому направлению: введено в целом в сельскохозяйственный оборот более 250 тыс. га. И это цифра продолжает расти. В 2019 году было введено 50 тыс. га неиспользуемых земель конкретно юго-западных районов. В свою очередь, эту проблему очень существенно поможет рашать «Государственная программа по вовлечению в оборот сельскозяйственных земель и развитие мелиоративного комплекса на 2021-2030 годы».

Самой большой проблемой сегодняшнего дня остаются естественные луга и пастбища, пойменные долины и прибрежные зоны — основной источник кормов для крупного рогатого скота, где чаще всего производится молоко с превышением допустимого содержания ^{137}Cs . Основной критерий, по которому определяется необходимость защитных мероприятий в сельском хозяйстве, превышение значение содержания радионуклидов в продукции по нормативно-технической документации [10,11]. При этом поймы рек относятся к критическим экосистемам, поскольку здесь постоянно происходит аккумуляция радионуклидов. Если с землями, которые вводятся в оборот по результатам культуртехнических мероприятий с применением технологий ситуация более оптимистическая, то с естественными угодьями не все так радужно. Нет эффективных

технологий по очищению таких земель от воздействия радиационных изотопов, в силу тех обстоятельств, что это территории находящиеся в непосредственной близости от русл рек и озер, которые в свою очередь в весенний период затапливаются водой, и применение технологий с внесением минеральных компонентов здесь нанесут еще более серьезный вред, нежели пользу. Здесь выход только один, введение в рацион кормовой базы животных кормов и добавок изначально чистых от радиационного воздействия.

Чтобы оценить эффективность таких мероприятий, необходимо учитывать, как затраты на их проведение, так и риск радиационных эффектов облучения (коллективную дозу), который удастся предотвратить. Постоянное и всестороннее изучение состояния и возможностей использования, радиоактивно загрязненных территорий позволяет далее научно обосновать адекватные варианты ведения сельскохозяйственного производства в зонах с высоким содержанием почвенных радионуклидов [12, 13].

По статистическим данным на 2020 год Брянская область использовала 82% от всей площади сельскохозяйственных угодий, пахотные земли освоены на 90% (971,5 тыс. га), в разряде общих не используемых находится 317 тыс. га. Правительством Брянской области поставлена задача в максимально короткие сроки, ввести в оборот все ранее не используемые сельскохозяйственные угодья. Этому способствует и успешно реализуемая в области ведомственная программа «Развитие мелиоративного комплекса Брянской области». Лимит денежных средств областного и федерального бюджетов по различным программам ежегодно составляет более 150 млн рублей. Ведомственные программы предусматривают возмещение до 70% от понесенных затрат конкретному сельхозпроизводителю. Средняя стоимость затрат при проведении культуртехнических работ на 1 га составляет 15 тыс. рублей. Региональные товаропроизводители активно

участвуют в реализации мероприятий государственной программы развития мелиорации. Потенциал мелиорируемых участков превышает обычные, до двух раз. Так, средняя урожайность картофеля на таких почвах достигает 600 ц/га и более, овощей — свыше 750 ц/га.

Работы по вовлечению в оборот сельскохозяйственных угодий продолжаются. Административной властью региона запланировано в течение 2020–2022 годов полностью ввести в оборот неиспользуемые земли.

По статистике из реактора взорвавшегося энергоблока Чернобыльской АЭС суммарный выброс составил: больше десяти 10 000 петабеккерелей, из них 1750 ПБк изотоп йода I-131, 85 ПБк изотоп цезия Cs-137, все остальное – газы, которые не сыграли существенной роли в радиационном загрязнении и достаточно быстро развеялись или осели в близлежащей зоне от энергоблока. При взрыве радиоактивные вещества были разнесены ветрами, причем больше всего пострадали территории Украины, Белоруссии и России. На них в общей сложности приходится примерно 70 процентов от общей площади загрязнений. Основная масса изотопов после аварии осела в 100 км зоне от атомной электростанции и в настоящее время самыми опасными, долгоживущими радионуклидами из них являются, америций-241 (с периодом полураспада ~ 432 года) и плутоний-239 (период полураспада ~24110 лет), которые в большей степени находятся в 30 км зоне от энергоблока – «зона отчуждения», это преимущественно города «Припять» и «Чернобыль». Эта зона является сегодня является самой опасной и не пригодной для проживания человека и останется таковой на протяжении очень большого времени.

Главную опасность для человека на первоначальном этапе представлял изотоп йод-137, его период полураспада составляет 8 суток и через полгода концентрация этого изотопа свелась к минимуму, но его последствия были необратимыми. В начале 90-х годов прошлого века в юго-западных районах

Брянской области произошел «всплеск» заболеваний по щитовидной железе, в т.ч. раковых. Брянская область находилась в антилидирах по этим заболеваниям, при сравнении с общестатистическими данными по стране. Этот изотоп хоть и распался в течение шести месяцев после аварии, а последствия его воздействия находят отражение до сих пор.

В впервые десятилетия после Чернобыля самой большой угрозой для здоровья населения стали цезий-137 и стронций-90. Период их полураспада около 30 лет. Сегодня уже прошел первый период полураспада и половина этих радионуклидов уже перестала быть опасной. Еще через 30 лет распадется половина от оставшегося объема и так далее. Для полного распада радиоактивных цезия и стронция нужно десять периодов по 30 лет, по сути это три столетия.

Мероприятия по смягчению результатов последствий от аварии на Чернобыльской АЭС в Брянской области не останавливались, а в последние годы только усиливалась большая работа, как для населения, продолжают действовать программы по переселению из зон заражения в чистые зоны, так и для агропромышленного комплекса региона в целом. На сегодня введено в сельскохозяйственный оборот более 200 тыс. га земель сельскохозяйственного назначения в прошлом относящихся к загрязненным и эта работа продолжается, но последствия аварии на Чернобыльской АЭС еще очень долго на себе будет ощущать все человечество.

Список источников

1. Сычев В.Г., Лунёв В.И., Орлов П.М., Белоус Н.М. Чернобыль: радиационный мониторинг сельскохозяйственных угодий и агрохимические аспекты снижения последствий радиоактивного загрязнения почв (к 30-летию техногенной аварии на Чернобыльской АЭС). М.: ВНИИА, 2016. 184 с.

2. Alexakhin R., Geras'kin S. 25 years after the accident at the Chernobyl nuclear power plant: radioecological lessons. Radioprotection, 2011, 46: 595-600. <https://doi.org/10.1051/radiopro/20116516s>.

3. Fesenko S., Jacob P., Ulanovsky A., Chupov A., Bogdevich I., Sanzha-rova N., Kashparov V., Panov A., Zhuchenka Yu. Justification strategies in the long term after the Chernobyl accident. J. Environ. Radioactiv., 2013, 119: 39-47. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2010.08.012>.

4. Белоус Н.М. Социально-экономическое развитие районов брянской области пострадавшей от чернобыльской катастрофы // В сборнике: Проблемы экологизации сельского хозяйства и пути их решения. Материалы национальной научно-практической конференции. 2007. С. 9-14.

5. Белоус Н.М., Сидоров И.И., Смольский Е.В., Чесалин С.Ф., Дробышевская Т.В. Риск получения молока и кормов не соответствующих нормативам по содержанию цезия-137 // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30, № 5. С. 75 - 77.

7. Богдевич И.М. и др. Зависимость накопления ^{137}Cs и ^{90}Sr в травяных кормах от степени окультуренности дерново-подзолистых почв // Радиационная биология. Радиоэкология, 2005, Т. 45, № 2. – С. 241-247.

8. Харкевич Л.П., Белоус И.Н., Анишина Ю.А. Реабилитации радиоактивно загрязненных сенокосов и пастбищ: монография. – Брянск, 2011. – 211 с.

9. Bradshaw C., Kapustka L., Barnthouse L., Brown J., Ciffroy P., Forbes V., Geras'kin S., Kautsky U., Bréchnignac F. Using an ecosystem approach to complement protection schemes based on organism-level endpoints. J. Environ. Radioactiv., 2014, 136: 98-104. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2014.05.017>.

10. Beresford N.A., Beaugelin-Seiller K., Burgos J., Cujic M., Fesenko S., Kryshev A., Pachal N., Real A., Su B.S., Tagami K., Vivesi

Battle J., Vives-Lynch S., Wells C., Wood M.D. Radionuclide biological half-life values for terrestrial and aquatic wildlife. *J. Environ. Radioactiv.*, 2015, 150: 270-276. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2015.08.018>.

11. Semioshina N., Voigt G., Fesenko S., Savinkov A., Mukusheva M. A pilot study on the transfer of ^{137}Cs and ^{90}Sr to horse milk and meat. *J. Environ. Radioactiv.*, 2006; 85(1): 84-93. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2005.06.001>.

12. Fesenko S., Isamov N., Barnett C.L., Beresford N.A., Howard B.J., Sanzharova N., Fesenko E. Review of Russian language studies on radionuclide behavior in agricultural animals: biological half-lives. *J. Environ. Radioactiv.*, 2015 Apl; 142: 136-51. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2015.01.015>.

13. Garnier-Laplace J., Geras'kin S., Della-Vedova C., Beaugelin-Seiller K., Hinton T.G., Real A., Oudalova A. Are radiosensitivity data derived from natural field conditions consistent with data from controlled exposures? A case study of Chernobyl wildlife chronically exposed to low dose rates. *J. Environ. Radioactiv.*, 2013 Jul; 121: 12-21. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2012.01.013>.

References

1. Sychev V.G., Lunev V.I., Orlov P.M., Belous N.M. Chernobyl: Radiation Monitoring of Agricultural Lands and Agrochemical Aspects of Impact Mitigation vii of radioactive contamination of soils (to the 30th anniversary of the technogenic accident at the Chernobyl nuclear power plant). Moscow: VNIIA, 2016.184 p.

2. Alexakhin R., Geras'kin S. 25 years after the accident at the Chernobyl nuclear power plant: radioecological lessons. *Radioprotection*, 2011, 46: 595-600. <https://doi.org/10.1051/radiopro/20116516s>.

3. Fesenko S., Jacob P., Ulanovsky A., Chupov A., Bogdevich I., Sanzharova N., Kashparov V., Panov A., Zhuchenka Yu. Justification strategies in the long

term after the Chernobyl accident. *J. Environ. Radioactiv.* 2013, 119: 39-47. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2010.08.012>.

4. Belous N.M. Socio-economic development of areas of the Bryansk region affected by the Chernobyl disaster // In the collection: Problems of greening agriculture and ways to solve them. Materials of the national scientific and practical conference. 2007.S. 9-14.

5. Belous N.M., Sidorov I.I., Smolsky E.V., Chesalin S.F., Drobyshevskaya T.V. The risk of obtaining milk and feed that does not meet the standards for the content of cesium-137 // Achievements of Science and equipment of the agro-industrial complex. 2016.Vol. 30, No. 5, pp. 75 - 77.

7. Bogdevich I.M. etc. Dependence of ^{137}Cs and ^{90}Sr accumulation in grass fodder on the degree of cultivation of sod-podzolic Soil // *Radiation Biology. Radioecology*, 2005, T. 45, No. 2. - S. 241-247.

8. Kharkevich L.P., Belous I.N., Anishina Yu.A. Rehabilitation of radioactively contaminated hayfields and pastures: monograph. - Bryansk, 2011.-- 211 p.

9. Bradshaw C., Kapustka L., Barnhouse L., Brown J., Ciffroy P., Forbes V., Geras'kin S., Kautsky U., Bréchnac F. Using an ecosystem approach to complement protection schemes based on organism-level endpoints. *J. Environ. Radioactiv.*, 2014, 136: 98-104. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2014.05.017>.

10. Beresford NA, Beaugelin-Seiller K., Burgos J., Cujic M., Fesenko S., Kryshev A., Pachal N., Real A., Su BS, Tagami K., Vivesi Batlle J., Vives-Lynch S., Wells C., Wood MD Radionuclide biological half-life values for terrestrial and aquatic wildlife. *J. Environ. Radioactiv.* 2015, 150: 270-276. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2015.08.018>.

11. Semioshina N., Voigt G., Fesenko S., Savinkov A., Mukusheva M. A pilot study on the transfer of ^{137}Cs and ^{90}Sr to horse milk and meat. *J. Environ. Radioactiv.*, 2006; 85 (1): 84-93. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2005.06.001>.

12. Fesenko S., Isamov N., Barnett CL, Beresford NA, Howard BJ, Sanzharova N., Fesenko E. Review of Russian language studies on radionuclide behavior in agricultural animals: biological half-lives. J. Environ. Radioactiv., 2015 Apl; 142: 136-51. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2015.01.015>.

13. Garnier-Laplace J., Geras'kin S., Della-Vedova C., Beaugelin-Seiller K., Hinton TG , Real A., Oudalova A. Are radiosensitivity data derived from natural field conditions consistent with data from controlled exposures? A case study of Chernobyl wildlife chronically exposed to low dose rates. J. Environ. Radioactiv., 2013 Jul; 121: 12-21. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2012.01.013>.

Работа выполнена в рамках государственного задания ГБС РАН «Гибридизация у растений в природе и культуре; фундаментальные и прикладные аспекты» (№19-119012390082-6).

© Клименков Ф.И., Мишанова Е.В., Клименкова И.Н. 2021. , International agricultural journal 2021, № 6, 196-211.

Для цитирования: Клименков Ф.И., Мишанова Е.В., Клименкова И.Н. АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ЗЕМЕЛЬ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ ПОДВЕРГШИХСЯ РАДИАЦИОННОМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ В РЕЗУЛЬТАТЕ АВАРИИ НА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС // International agricultural journal. 2021. № 6, 196-211.