

<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2022-18-4-201-209>

УДК 634.1:546.42

© 2022

Поступила 20.10.2022

Received 20.10.2022



Принята в печать 22.12.2022

Accepted 22.12.2022

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors declare no conflict of interests

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL ARTICLE

НАКОПЛЕНИЕ ^{90}Sr В РАСТИТЕЛЬНОМ ОПАДЕ ПЛОДОВОГО ЦЕНОЗА

Виктория А. Погорелова¹, Бэлла С. Ципинова^{2*},
Евгений А. Мельченко¹, Юнус Н. Ашинов²

¹ ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина»;
ул. Калинина, 13, г. Краснодар, 350044, Российская Федерация

² ФГБОУ ВО «Майкопский государственный технологический университет»;
ул. Первомайская, д. 191, г. Майкоп, 385000, Российская Федерация

Аннотация. Рост промышленного и сельскохозяйственного производства на фоне увеличения численности населения на планете требует все большего количества энергии. В настоящее время известно довольно много вариантов ее получения: тепловые и гидроэлектростанции, использование энергии солнца (солнечные батареи), ветра и т.д. Также продолжает довольно высокими темпами развиваться атомная энергетика. После аварий на Чернобыльской АЭС и в Японии на Фукусиме-1 во всем мире поднялась волна радиофобии. Но жизнь берет свое, и уже в настоящее время построены или строятся атомные электростанции в Белоруссии, Англии, Китае и т.д. Реакторы для АЭС модернизируются, однако гарантий от аварий нет. При этом возможно загрязнение различных территорий, в том числе и сельскохозяйственных угодий. Выполненная научная работа вносит заметный вклад в решение актуальной задачи – возврат радиоактивно загрязненных плодородных земель в сельскохозяйственное производство. Цель исследований – изучить миграцию и накопление ^{90}Sr в опаде в плодовом саду в зависимости от варианта расположения нуклида в почве. Для достижения цели исследований поставлены следующие задачи: определить удельную активность листьев, коры и древесины яблони для варианта исследований при поверхностном расположении радионуклида на почве; определить удельную активность листьев, коры и древесины яблони для варианта исследований при заглубленном расположении радионуклида на почву на 50 см. Для решения поставленных задач используется полевой метод, анализ содержания радионуклида в растении выполнен на приборе УСК ГАММА Плюс с бета-трактом. При расположении радионуклида в верхней части почвы наибольший вклад по радиационному признаку будет приносить кора плодового растения, затем листья и древесина. Наибольшее накопление радионуклида во втором варианте опыта произошло в листьях. Различие в удельной активности ^{90}Sr между листвой и корой в 2016 году составило 2,0 раза, между листвой и древесиной – 2,2 раза. Установлено, что изучаемые варианты опыта оказали влияние на накопление загрязнителя в растительный опад.

Ключевые слова: почва, радионуклид, растительный опад, миграция, накопление, плодовый ценоз, плодовый сад, загрязнители, радиоактивные загрязнения, чернозем выщелоченный, удельная активность

Для цитирования: Накопление ^{90}Sr в растительном опаде плодового ценоза / Погорелова В.А. [и др.] // Новые технологии. 2022. Т. 18, № 4. С. 201-209. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2022-18-4-201-209>

ACCUMULATION OF ^{90}SR IN PLANT LITTER OF FRUIT COENOSIS

Victoria A. Pogorelova¹, Bella S. Tsipinova^{2*},
Evgeny A. Melchenko¹, Yunus N. Ashinov²

¹ FSBEI HE «Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin»;
13 Kalinin str., Krasnodar, 350044, the Russian Federation

² FSBEI HE «Maikop State Technological University»;
191 Pervomayskaya str., Maikop, 385000, the Russian Federation

Abstract. The growth of industrial and agricultural production, against the backdrop of an increase in the population on the planet, requires an increasing amount of energy. Currently, quite a lot of options for its production are known: thermal and hydroelectric power plants, the use of solar energy (solar batteries), wind, etc. The nuclear power industry continues to develop at a fairly high pace. After the accidents at the Chernobyl nuclear power plant and in Japan, Fukushima 1, a wave of radiophobia rose around the world. But life is taking its toll, and nuclear power plants have already been built or are being built in Belarus, England, China, and so on. Reactors for nuclear power plants are being modernized, but there are no guarantees against accidents. In this case, pollution of various territories, including agricultural land, is possible. The performed scientific work makes a significant contribution to the solution of an urgent problem, i. e. the return of radioactively contaminated fertile lands to agricultural production. The purpose of the research is to study the migration and accumulation of ^{90}Sr in the litter in the orchard, depending on the location of the nuclide in the soil. To achieve the goal of the research, the following tasks have been set: to determine the specific activity of the foliage, bark and wood of the apple tree for the research option with the surface location of the radionuclide on the soil; to determine the specific activity of the foliage, bark and wood of the apple tree for the research option with a buried location of the radionuclide in the soil by 50 cm. To solve the tasks, the field method was used, the radionuclide content in the plant was analyzed on the USK GAMMA Plus device with a beta tract. When the radionuclide is located in the upper part of the soil, the bark of the fruit plant will make the greatest contribution in terms of radiation, followed by leaves and wood. The greatest accumulation of the radionuclide in the second variant of the experiment occurred in the leaves. The difference in the specific activity of ^{90}Sr between foliage and bark in 2016 was 2.0 times, between foliage and wood – 2.2 times. It was established that the studied variants of the experiment had an impact on the accumulation of the pollutant in the plant litter.

Keywords: soil, radionuclide, plant litter, migration, accumulation, fruit cenosis, orchard, pollutants, radioactive contamination, leached chernozem, specific activity

For citation: Accumulation of ^{90}SR in plant litter of fruit cenosis / Pogorelova V.A. [et al.] // New technologies. 2022. V. 18, No. 4. P. 201-209. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2022-18-4-201-209>

Миграция радиоактивных веществ в звене «soil – plant» (почва – растение) является определяющей в процессах их перераспределения в наземных экосистемах в

целом. В плодовом ценозе за многие годы его эксплуатации образуется растительный опад. Он является своеобразным «депо» для многих загрязнителей, в том числе и для радионуклидов. Изучено накопление ^{90}Sr в опаде плодовых насаждений для случая, когда радионуклид расположен в почве на глубине 50 см и на ее поверхности.

Изучая миграцию и накопление ^{90}Sr из почвы в плодовые ценозы, возникают вопросы о содержании радионуклида в опаде. Основной вклад в поступление растительных остатков в подстилку составляет опад листьев, коры, отмерших ветвей. В XXI веке исследования процессов трансформации растительных остатков в составе опада изучаемого ценоза и выноса из него радиационной составляющей, несомненно, становятся одной из главных составляющих при изучении миграции различных загрязнителей в звене «soil – plant». Как уже было сказано, растительные подстилки являются основным «депо» радионуклидов при различных вариантах поступления, кроме того, в процессе разложения опада создаются некоторые физические и химические действия, которые улучшают условия для возможного перехода радионуклидов в более подвижные, доступные формы.

Интенсивность выщелачивания из опада в лесных ценозах различных радионуклидов практически одинакова и составляет в среднем около 50%. Среди гамма-излучающих радионуклидов повышенным процентом потерь характеризуется ^{106}Ru , что особенно проявляется в хвойных ценозах [1,4].

Сопоставляя процессы высвобождения радионуклидов из растительного опада и частиц радиоактивных выпадений [2; 4], можно заключить, что миграционная способность радионуклидов, поступающих в почву с опадом, несравнимо выше, чем в составе радиоактивных выпадений. Другими словами, растительность усиливает

миграционную способность радионуклидов [4].

Исследований о миграции и накоплении ^{90}Sr в опаде плодового ценоза в условиях Краснодарского края ранее не проводилось.

Однако были выполнены исследования по вертикальной миграции ^{90}Sr в почве чернозем выщелоченный. Оказалось, что ^{90}Sr более мобилен, чем ^{137}Cs . Кроме того, при корневом поступлении для стронция-90 характерно накопление его в растениях, затем стабилизация в содержании, иногда даже снижение [3–5].

Некоторые исследователи указывают на длительный период в накоплении стронция-90 в древесине растений [1; 6]. При завершении определенного этапа научных исследований желательно составить прогноз поведения радионуклидов для территории наблюдений и разработать рекомендации по возможному использованию в сельскохозяйственном производстве радиоактивно загрязненной почвы.

Полевой эксперимент выполнен в плодовом семечковом саду. На территории сада за изучаемый период его жизни образуется растительный опад. В нем накапливаются радионуклиды в дальнейшем они могут мигрировать как вертикально в почвенные горизонты, так и по цепям питания животных. Объектом исследований является радиоактивный растительный опад, который образуется в яблоневом саду на почве чернозем выщелоченный. Почва, на которой расположен сад – чернозем выщелоченный среднегумусный сверхмощный. Обследованы почвенные условия на территории опытных делянок: объемный вес составил в слое 0–10 см – 1,24 г/см³, глубже, в слое 20–30 см этот показатель уже был 1,29 г/см³, при общей скважности – 51%. Важным показателем, который непосредственно влияет на интенсивность миграции радиоактивного загрязнителя в почве, является рН солевой вытяжки, в наших условиях он составил 6,9.

В нижних слоях реакция слегка щелочная (рН 7,2–7,5). На почве опытных делянок обменная кислотность составила 0,6 мг-экв на 100 г почвы, гидrolитическая кислотность 1,3 мг-экв на 100 г почвы. Сумма поглощенных оснований в пахотном горизонте составляет 37,5 мг-экв на 100 г почвы. Содержание гумуса – 3,8 % [7–10]. Исследования на указанной площади были начаты в 1989 г., при этом в почву был внесен $^{90}\text{SrCl}_2$, к 2018 г. его активность составила 250 МБк/м². Период полураспада ^{90}Sr составляет 29 лет.

По рекомендациям, предложенным в методиках опытного дела, повторностей в опыте 6. По краям опытных делянок расположены защитные растения. Расположение делянок – рядовое. Каждый отдельный эксперимент отделен контролем. В опыте с яблоней 2 варианта: 1 вариант – радионуклид внесен на поверхность почвы до образования опада, 2 вариант – ^{90}Sr расположили на глубине 50 см до образования опада. В обоих вариантах площадь питания растений 24 м² (то есть рекомендованные для древесных семечковых пород 6×4 м). Эксперимент выполнен на территории ВНИИБЗР в г. Краснодаре в плодовом семечковом саду.

После отбора проб растений и образовавшегося со временем опада определяли удельную активность ^{90}Sr в каждом исследуемом образце на спектрометрическом комплексе УСК «Гамма Плюс». Это базовый прибор, на котором выполняется спектрометрия радионуклидных источников. Для определения удельной активности изучаемого радионуклида в исследуемых образцах применили методику измерения удельной активности ^{90}Sr в счетных образцах с использованием сцинтилляционного бета-спектрометра.

С биологической точки зрения одним из наиболее опасных продуктов деления является ^{90}Sr . Этот радионуклид хорошо включается в метаболические процессы у растений, животных и человека. У него длительный период полураспада – 29 лет. Независимо от пути и ритма поступления

в организм, растворимые соединения радиоактивного стронция избирательно накапливаются в скелете. Хронически эффективные дозы, не вызывающие значительного сокращения продолжительности жизни, оказывают существенное влияние на состояние функции печени и почек, нейроэндокринную систему и иммунную реактивность, сперматогенез и овогенез. ^{90}Sr – жесткий бета-излучатель, который создает локальный источник облучения в организме. Кроме того, он обладает длительным периодом полувыведения из организма человека. В отдаленные сроки после поражения как при однократном, так и при длительном поступлении радионуклида развиваются опухоли костей, лейкозы. В организм человека изучаемый загрязнитель может попасть различными путями – с пищей, водой и при дыхании. В рационе человека находятся продукты питания растительного и животного происхождения. Поэтому обе эти группы достойны пристального внимания на предмет содержания в них радиоактивных веществ. Плодоводством на Кубани занимаются многие десятилетия. Большие площади отведены под семечковые, косточковые и орехоплодные культуры. Яблони среди плодовых растений занимают одно из первых мест. Почти в каждом дворе есть эти растения, созданы и сады больших площадей, например Сад-Гигант.

В яблоневом саду основу растительного опада составляют листья, отслоившаяся кора, сухие ветки. За многие годы использования сада образуется растительная подстилка. В ней накапливаются радионуклиды, которые в дальнейшем могут мигрировать по пищевым цепям и вертикально в почву. Для определения доли радиоактивного вклада в опад определена удельная активность листьев, коры и древесины яблони для первого варианта исследований (см. рис. 1).

Предложенный нами первый вариант по размещению радионуклида в почве оказал благоприятное действие на

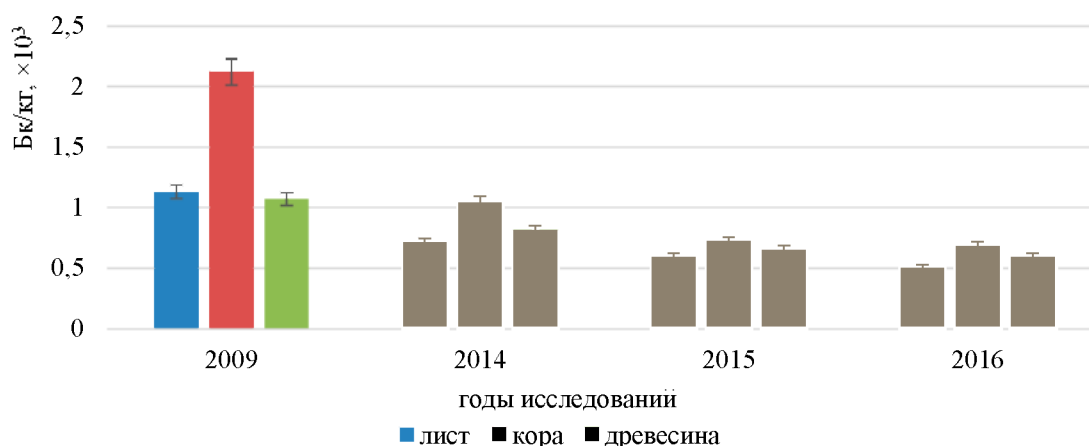


Рис. 1. Удельная активность растительных компонентов, составляющих опад для первого варианта опыта

Fig. 1. The specific activity of plant components that make up the litter for the first variant of the experiment

миграционные процессы ^{90}Sr в растение, так как в процессе роста и развития саженца происходит большое его накопление в листе, коре, древесине, причиной этого действия является корневая система, которая находится в тесном и длительном контакте с ^{90}Sr . Сад был заложен в 1989 г.

Однако с течением времени древесное растение развивается и корневая система уходит глубже в почву, что снижает контакт радионуклида с корневой системой. Поэтому даже в годы исследований с 2009 по 2016 годы заметна тенденция к снижению удельной активности во всех изучаемых органах растения. В листьях за этот период удельная активность уменьшилась в 2,3 раза, в коре – в 3,1 раза, в древесине – в 1,8 раза. Тем не менее, активность еще довольно высокая, что и отражается в изучаемом опаде. Также, согласно экспериментальным данным, можно отметить, что активность ^{90}Sr в коре выше, чем в других изучаемых органах растения. В 2009 г различие между удельной активностью в коре и древесине составило в 2,0 раза, а различие в коре и листьях – в 1,9 раз. Кора, кроме загрязнения корневым путем, при поверхностном расположении нуклида

может загрязняться под действием ветра. Сильные порывы ветра могут срывать верхний радиоактивный слой почвы, который при попадании на растение загрязняет его аэрально. Больше этому загрязнению подвержена кора деревьев.

Во втором изучаемом варианте была изменена глубина нахождения ^{90}Sr в почве. Экспериментальные данные об удельной активности ^{90}Sr в изучаемых органах растения приведены на рисунке 2.

Предложенный нами второй вариант нахождения ^{90}Sr в почве имитирует плантажную вспашку. В этом случае основными «вкладчиками» в формирование удельной активности опада будут листья и кора. В древесине в сравнении с листвой и корой активность ниже, соответственно в 1,5 и 1,3 раза. Согласно приведенным экспериментальным данным (см. рис. 2) удельная активность ^{90}Sr в течение периода исследований снижается – в листьях в 1,9 раз, в коре – в 3,3 раза, в древесине – в 2,8 раза.

Также нами было установлено, что в листве накопление данного нуклида было наибольшим из изучаемых органов растения. Различие в удельной активности ^{90}Sr между листвой и корой в 2016 г. составило в 2,0 раз, между листвой и

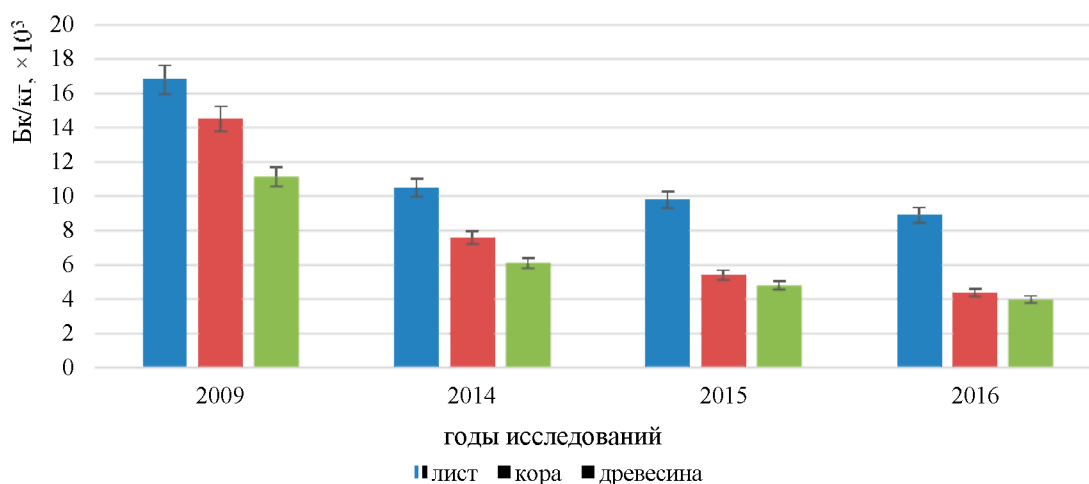


Рис. 2. Удельная активность растительных компонентов, составляющих опад для второго варианта опыта

Fig. 2. The specific activity of plant components that make up the litter for the second variant of the experiment

древесиной – в 2,2 раза. Во втором варианте опыта основным путем проникновения радионуклида в растение является корневой. То есть, в первые годы жизни растения (сад заложен в 1989 г.) накопление радионуклида будет очень малым. Корневая система основной своей массой еще не добралась до залегающего в почве на глубине 50 см радионуклида. С течением времени растение развивается и корневая система уходит глубже в почву. Наступает период, когда корни имеют тесный и длительный контакт с исследуемым радионуклидом. Происходит и большее его накопление в изучаемых органах растения.

Сравнивая удельную активность ^{90}Sr в листьях в варианте 1 и варианте 2 (см. рис. 1 и 2) определяем различие, которое составляет в 2016 году в 17,8 раз, в коре – в 6,4 раза, в древесине – в 6,7 раз.

В результате эксперимента определена удельная активность опада в зависимости от варианта исследований (см. рис. 3).

Удельная активность ^{90}Sr в опаде, образовавшегося в саду, различается по вариантам опыта. В 2009 г. различие между первым и вторым вариантом опыта по

радиационному признаку в опаде составляло в 7,9 раз, в 2016 г. – в 8,8 раз. Причиной такого различия являются варианты нахождения изучаемого загрязнителя в почве. Первый вариант имитировал простое выпадение ^{90}Sr из радиоактивного облака, которое по траектории своего движения оказалось на данной территории. Второй вариант – это непосредственные действия человека, которые, предположительно, должны были снизить накопление загрязнителя в изучаемых растениях.

В первом варианте опыта после выпадения радиоактивного техногенного загрязнителя на почву с течением времени происходит уменьшение накопления радионуклида в органах растения из-за снижения контакта корневой системы с радионуклидом. В связи с этим уменьшается и добавление радиоактивного загрязнения в опад. Во втором варианте загрязнения изучаемых органов растения продолжается, так как корневая система имеет довольно тесный контакт с радионуклидом, расположенным в почве. Поэтому продолжается поступление радионуклида в растительный опад в саду.

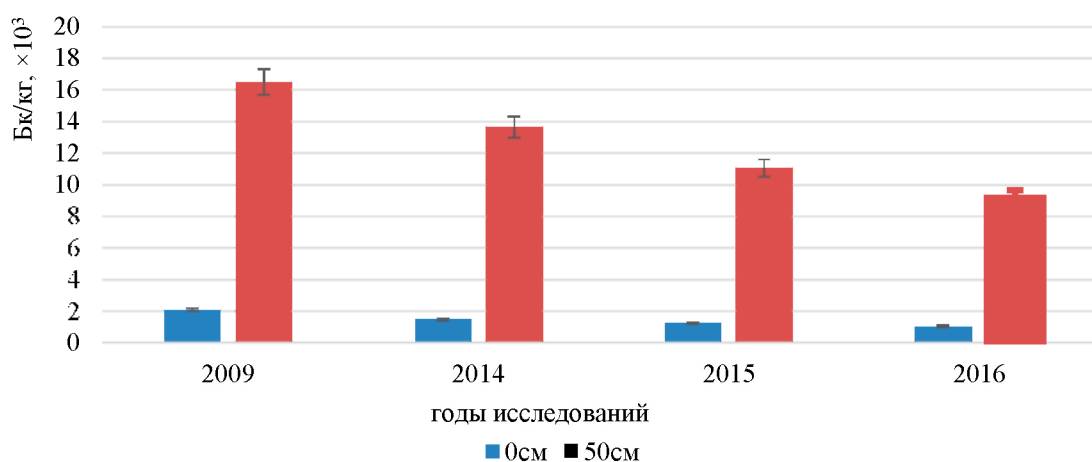


Рис. 3. Удельная активность растительного опада в яблоневом саду при различных вариантах расположения изучаемого радионуклида в почве

Fig. 3. Specific activity of plant litter in an apple orchard with different variants of the location of the studied radionuclide in the soil

В результате исследований (см. рис. 3) была установлена тенденция к снижению содержания радионуклида в растительном опаде для обоих изучаемых вариантов. Снижению способствуют не только погодные условия, которые могут в результате осадков активизировать миграционные процессы загрязнителя в почву. Большую роль в снижении содержания радионуклида в опаде играют процессы деятельности микроорганизмов. Итогом этой деятельности является высвобождение большого количества растворимых органических веществ, которые способствуют усилению миграции радионуклида вследствие образования более подвижных соединений. Особенно актуально это будет проявляться для ^{90}Sr , так как поглощение его в почвах в основном обусловлено ионным обменом.

Заключение

1. Для первого опытного варианта исследований наибольший вклад по радиационному признаку будет приносить кора плодового растения, затем листья и древесина. В 2009 г. различие между удельной активностью в коре и древесине составило в 2,0 раза, а различие в коре и листьях – в 1,9 раз.

2. Наибольшее накопление радионуклида во втором варианте опыта произошло в листьях. Различие в удельной активности ^{90}Sr между листвой и корой в 2016 г. составило в 2,0 раз, между листвой и древесиной – в 2,2 раза.

3. В зависимости от варианта расположения радионуклида в почве изменяются основные «поставщики» радиоактивного загрязнения в растительный опад.

4. При радиоактивном загрязнении территории сада не следует выполнять плантажную вспашку, которая переместит радионуклид на глубину 50–60 см.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Щеглов А.И. Биогеохимия техногенных радионуклидов в лесных экосистемах. М.: Наука, 2000. 268 с.
2. Иванов Ю.А., Кашпаров В.А., Лазарев Н.М. Физико-химические формы выпадений выброса ЧАЭС и долговременная динамика поведения радионуклидов выброса в компонентах агроэкосистем // Чернобыль-94: доклады IV Международной научно-технической конференции «Итоги 8 лет работ по ликвидации последствий аварии на ЧАЭС». Т. 1. Чернобыль, 1996. С. 256–269.

3. Погорелова В.А. Динамика мобильности ^{90}Sr в почве и трофической цепи почва-растение в условиях Краснодарского края: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.02.13. М., 2022. 24 с.
4. Погорелова В.А., Мазиров М.А., Мельченко А.И. Вертикальная миграция ^{90}Sr в изученных почвенных горизонтах чернозема выщелоченного // *Агрохимический вестник*. 2021. № 2. С. 50–53.
5. Мельченко А.И., Мельченко Е.А., Мельченко В.А. Накопление радионуклидов в сельскохозяйственных культурах в зависимости от времени их контакта с растениями // *Труды Кубанского государственного аграрного университета*. 2011. № 4 (31). С. 157–162.
6. Мельченко А.И., Алексахин Р.М., Маликов В.Г. Поступление искусственных и тяжелых естественных радионуклидов в овощные культуры при орошении // *Агрохимия*. 1990. № 8. С. 110–115.
7. Соколов М.С. Актуальные задачи оздоровления почв России // *Почвы в биосфере и жизни человека: монография*. М.: МГУЛ, 2012. С. 356–384.
8. Вальков В.Ф., Штомпель Ю.А., Тюльпанов В.И. Почвоведение (почвы Северного Кавказа): учебник для вузов. Краснодар: Сов. Кубань, 2002. 728 с.
9. Терпелец В.И., Плитинь Ю.С. Гумусное состояние чернозема выщелоченного в агроценозах Азово-Кубанской низменности: монография. Краснодар: КубГАУ, 2015. 127 с.
10. Погорелова В.А., Мазиров М.А., Мельченко А.И. Вертикальная миграция ^{90}Sr в изучаемых почвенных горизонтах чернозема выщелоченного // *Агрохимический вестник*. 2021. № 2. С. 50–53.

REFERENCES:

1. Shcheglov A.I. Biogeochemistry of technogenic radionuclides in forest ecosystems. Moscow: Nauka, 2000. (In Russ.)
2. Ivanov Yu.A., Kashparov V.A., Lazarev N.M. Physical and chemical forms of fallout from the Chernobyl APS and long-term dynamics of the behavior of the radionuclides of the release in the components of agroecosystems. Chernobyl-94: reports of the IV International Scientific and Technical Conference «The Results of 8 years of work to eliminate the consequences of the Chernobyl accident». V. 1. Chernobyl; 1996: 256–269. (In Russ.)
3. Pogorelova V.A. Dynamics of ^{90}Sr mobility in the soil and the soil-plant trophic chain in the conditions of the Krasnodar Territory: Dis. ... Cand. Of Biology: 03.02.13. Moscow, 2022. (In Russ.)
4. Pogorelova V.A., Mazirov M.A., Melchenko A.I. Vertical migration of ^{90}Sr in the studied soil horizons of leached chernozem. *Agrochemical Bulletin*. 2021; 2: 50–53. (In Russ.)
5. Melchenko A.I., Melchenko E.A., Melchenko V.A. Accumulation of radionuclides in agricultural crops depending on the time of their contact with plants. *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*. 2011; 4(31): 157–162. (In Russ.)
6. Melchenko A.I., Alexakhin R.M., Malikov V.G. Receipt of artificial and heavy natural radionuclides in vegetable crops during irrigation. *Agrochemistry*. 1990; 8: 110–115. (In Russ.)
7. Sokolov M.S. Actual tasks of improving soils in Russia. *Soils in the biosphere and human life: a monograph*. Moscow: MGUL; 2012: 356–384. (In Russ.)
8. Valkov V.F., Shtompel Yu.A., Tyulpanov V.I. Soil science (soils of the North Caucasus): a textbook for universities. Krasnodar: Sov. Kuban; 2002. (In Russ.)
9. Terpelets V.I., Plitin Yu.S. Humus state of leached chernozem in agrocenoses of the Azov-Kuban lowland: monograph. Krasnodar: KubSAU; 2015. (In Russ.)
10. Pogorelova V.A., Mazirov M.A., Melchenko A.I. Vertical migration of ^{90}Sr in the studied soil horizons of leached chernozem. *Agrochemical Bulletin*. 2021; 2: 50–53. (In Russ.)

Информация об авторах / Information about the authors

Погорелова Виктория Александровна, кандидат биологических наук, доцент кафедры прикладной экологии ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина»,
vikkim88@mail.ru
тел.: +7 (918) 699 97 22

Ципинова Бэлла Схатбиевна, кандидат биологических наук, доцент кафедры землеустройства ФГБОУ ВО «Майкопский государственный технологический университет»
bella-0101@mail.ru
тел.: +7(952) 811 21 21

Мельченко Евгений Александрович, аспирант ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина»
alexkuban59@mail.ru
тел.: +7 (961) 598 56 00

Ашинов Юнус Нухович, доктор биологических наук, доцент, заведующий кафедрой землеустройства ФГБОУ ВО «Майкопский государственный технологический университет»
unus.n@mail.ru
тел.: +7 (918) 165 95 02

Victoria A. Pogorelova, an associate professor of the Department of Applied Ecology, FSBEI HE «Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin», Candidate of Biology
vikkim88@mail.ru
tel.: +7 (918) 699 97 22

Bella S. Tsipinova, Candidate of Biology, an associate professor of the Department of Land Management of FSBEI HE «Maikop State Technological University»
bella-0101@mail.ru
tel.: +7(952) 811 21 21

Evgeniy A. Melchenko, a post-graduate student of FSBEI HE «Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin»
alexkuban59@mail.ru
tel.: +7 (961) 598 56 00

Yunus N. Ashinov, Doctor of Biology, an associate professor, head of the Department of Land Management of FSBEI HE «Maikop State Technological University»
unus.n@mail.ru
tel.: +7 (918) 165 95 02