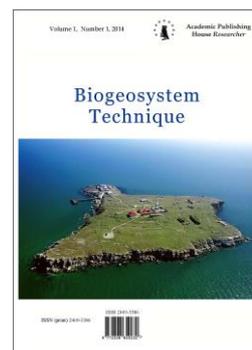


Copyright © 2016 by Academic Publishing House *Researcher*



Published in the Russian Federation
Biogeosystem Technique
Has been issued since 2014.
ISSN: 2409-3386
E-ISSN: 2413-7316
Vol. 7, Is. 1, pp. 65-76, 2016

DOI: 10.13187/bgt.2016.7.65
www.ejournal19.com



UDC 630:635.9:502.55

Deepening ^{90}Sr to the Soil as an Option to Reduce Its Accumulation in Vegetative and Generative Parts of Shrubs

¹ Alexander I. Melchenko
² Maxim V. Tatarin
³ Evgene A. Melchenko

¹⁻³ Kuban State Agrarian University, Russian Federation

¹ Candidate of Biological (Radiobiology) Sciences, Associate Professor of Department of Applied Ecology

E-mail: alexkuban59@mail.ru

² Postgraduate student

E-mail: maksim.tatarin@yandex.ru

³ Postgraduate student

E-mail: mel@yuga.ru

Abstract

In the field stationary experiment in All-Russian Scientific-Research Institute of Biological Protection of Plants the study is fulfilled of migration and accumulation of ^{90}Sr in vegetative and generative organs of shrubs – the Filbert (*Corylus maxima* L.), the Dogwood (*Swida sanguinea* (L.) Opiz.) – at artificial placement of radionuclide on the soil surface and to the depth of 50 cm. The study of ^{90}Sr under the Filbert was of 18 years long. It was determined that placement of radionuclide to the depth of 50 cm compared to soil surface placement causes statistically reliable reduction of ^{90}Sr accumulation in the nut kernel of Filbert. Variability of ^{90}Sr accumulation in Filbert bark at placement of radionuclide to the depth of 50 cm compared to soil surface placement was statistically unreliable. In Filbert kernel the accumulation of ^{90}Sr was 1.4 times less when radionuclide placed to the depth of 50 cm compared to its soil surface placement.

The study of ^{90}Sr under the Dogwood was of 12 years long.

The placement of radionuclide to the depth of 50 cm compared to soil surface placement causes reduction of ^{90}Sr accumulation in the bark, wood and leaves for 3,6; 2,2 and 3,0 times respectively.

Keywords: radionuclide, translocation of «soil – plant», accumulation, vegetative organs, the generative organs.

Введение

В XXI веке все больше внимания уделяется развитию атомной энергетики, применению атома в военной промышленности, медицине, строительстве и других областях хозяйственной деятельности человека. Атомные электростанции дают огромное количество энергии городам, заводам, военным предприятиям. Представить развитие человечества без увеличения использования энергии атома просто невозможно. Растущее

благополучие человека требует увеличения затрат энергии на его производство. Но, к сожалению, есть и обратная сторона использования атома в народном хозяйстве и военной промышленности. Например, аварийные ситуации на АЭС [21,22,25,26], военных предприятиях, атомных подводных лодках. Кроме того, испытание ядерного оружия так же вносит свой вклад в загрязнения окружающей среды. Последствия аварийных ситуаций могут носить локальный и глобальный характер. В 2016 году исполняется 30 лет аварии на ЧАЭС. Вся мировая общественность помнит эту дату, помнит людей, которые ценой своей жизни, своего здоровья смогли ликвидировать последствия этой аварии.

В настоящее время и в дальнейшем исследования в области возможного использования радиоактивно загрязненных земель в сельском хозяйстве будут носить актуальный характер. Не менее актуальной остается проблема утилизации радиоактивных отходов. К уже существующим вариантам утилизации радиоактивных отходов должны быть разработаны новые смелые варианты, но с учетом требований санитарных правил СП 2.6.6.1168-02 «Санитарные правила обращения с радиоактивными отходами (СПОРО-2002)».

В последние десятилетия появилось довольно много научных трудов посвященных изучению миграции радионуклидов и тяжелых металлов по трофическим цепям [1-4, 18, 19, 21], однако вопрос использования радиоактивно загрязненных территорий для выращивания садов, виноградников, ягодных культур в условиях лесостепной и степной черноземной биогеохимической зоны юга России остается открытым. Комплекс исследований должен охватывать и садозащитные лесные полосы, которые играют большую роль в защите сада от неблагоприятных погодных условий.

Так как в Краснодарском крае большое внимание уделяется плодоводству одним из вариантов использования радиоактивно загрязненных земель в условиях лесостепной и степной черноземной биогеохимической зоны юга России является создание садов. Со времен освоения Кубани орехоплодные растения всегда выращивались на подворье и, в дальнейшем, им уделялось большое внимание. Наибольшей популярностью среди орехоплодных культур пользуется фундук (*Corylus maxima* L.), относительно малотрудоемкая культура при ее выращивании и уборке плодов. Поэтому вариант создания орехоплодного сада на радиоактивно загрязненных территориях может быть предложен, однако для этого следует изучить эту возможность.

На Кубани этой орехоплодной культуре уделяется большое внимание, так как плоды содержат 15-16 % белков, 42-77 % жиров, 60-72 % невысыхающего масла, 2-5 % сахарозы и витамин В. Кустарник высотой 7-8 м, плоды созревают с августа по октябрь. Корневая система неглубокая, расположена на поверхности почвы. Фундук неприхотлив к почве, но любит свет. На Северном Кавказе этой культуре всегда уделялось особое место в садоводстве [5].

Но сад невозможен без садозащитных лесных полос. Для садозащитных лесных полос в основном рекомендуют ажурно-продуваемый тип конструкции. В таком типе обязательно присутствуют кустарники. Кустарниковые породы, используемые при создании лесных полос, по возможности не должны иметь общих вредителей и болезни, не образовывать много поросли, которая будет наступать на поля. При этом возможно использование кустарниковой растительности в хозяйственных целях: плетение изгородей, изготовление плетеных корзин и т.д. [29].

Одним из оптимальных кустарников для условий лесостепной и степной черноземной биогеохимической зоны юга России является свидина кровавокрасная (*Swida sanguinea* (L.) Opiz.).

Дерен кроваво-красный или свидина кроваво-красная листопадный кустарник, обычно достигает высоты до 3 м. В целом крона может быть неправильной формы или иметь полушаровидный вид. Дерен кроваво-красный цветет от пятнадцати до двадцати дней. Его щитковидные соцветия имеют до семи сантиметров в диаметре, они очень пушистые появляются в мае-июне и повторно в начале осени. Плоды несъедобны. Дерен кроваво-красный неприхотлив к почве, растет не только на влажных, но и на сухих грунтах, засухоустойчив, хорошо выносит жару. К тому же он зимостойкий [6].

Одним из факторов, влияющих на подвижность радионуклидов в почве, является вспашка. На радиоактивно загрязненной территории она способствует увеличению количества почвенной массы, взаимодействующей с загрязнениями, и тем самым

способствует «разбавлению» и сорбции радионуклидов в минеральной части почвы. При вспашке процесс минерализации органогенных горизонтов и органических остатков ускоряется, что в свою очередь ускоряет переход радионуклидов в минеральную часть почвы. Кроме того, плантажная вспашка может перемещать верхний, часто наиболее радиоактивно загрязненный слой почвы на такую глубину, где процессы корневого поглощения радионуклидов существенно снижены. В то же время радиоактивно загрязненная территория не должна оставаться свободной от растительности, так как возможно развитие водной и ветровой эрозии и рассеяние радионуклидов [13-16,23].

Определенное влияние на подвижность радионуклида оказывают органические вещества, удобрения, орошение [17,27,28].

Несомненна актуальность исследований, направленных на изучение использования радиоактивно загрязненных территорий в сельскохозяйственном производстве, так как, с одной стороны, они увеличат продовольственную базу страны, а с другой, – снизится распространение радионуклидов в окружающей среде, в том числе, за счет создания технических средств надежной рассредоточенной утилизации радионуклидов внутри почвы.

Цель работы – изучить накопление и определить коэффициенты перехода в вегетативные и генеративные органы кустарниковых растений ^{90}Sr при различной глубине его залегания в почве.

Экспериментально полученные в полевых условиях сведения о качественных и количественных закономерностях переноса радиоактивных веществ в различных биологических цепочках, важны для оценки степени радиационной опасности территории в целом для биоты.

Объекты и методы

Опыты проводили на черноземе выщелоченном малогумусном, сверхмощном. Мощность гумусового горизонта 180 см, тяжелый механический состав: физической глины 62 %, фракции ила 33 %, песка почти нет. Общая скважность – 51 %. Пахотный слой на участке выполняемых опытов имеет нейтральную реакцию (рН солевой вытяжки 6,9). В нижних слоях реакция слегка щелочная (рН 7,2 – 7,5). Обменная кислотность 0,6 мг-экв на 100 г почвы. Гидролитическая 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, 8].

Все работы по подготовке участка проводили тщательно с соблюдением однородности условий. Для агротехнических опытов рекомендуют и чаще всего используют в исследовательской работе делянки с шестью растениями [9]. На концах рядов расположены защитные растения – по 2 растения. С учетом сказанного, полевые опыты заложены стандартным методом размещения вариантов.

В 1989 году в полевых условиях Всероссийского НИИ биологической защиты растений (ВНИИБЗР, г. Краснодар) был заложен экспериментальный участок – сад фундука. Начиная с 1995 года, по мере отбора растений фундука для анализа, появились свободные делянки, которые были заняты саженцами свидины кроваво-красной для дальнейших исследований накопления ^{90}Sr по уже существующим вариантам его расположения в почве.

Опыты по фундуку располагались по следующей схеме: 1 вариант – в почву поверхностно загрязненную $^{90}\text{SrCl}_2$, проведена посадка саженцев фундука сорт «Луиза». Площадь питания саженцев 4×4 м. Уровень загрязнения опытного участка составил 500 МБк/м²; 2 вариант – на делянках проведена посадка саженцев с расположением радионуклида в почве на глубине 50 см. Площадь питания высаженных саженцев 4×4 м. Уровень загрязнения опытного участка составил 500 МБк/м². Повторность опыта 6 кратная.

Опыты по свидине кроваво-красной располагались по следующей схеме: 1 вариант – в почву поверхностно загрязненную $^{90}\text{SrCl}_2$, проведена посадка саженцев свидины кроваво-красной. Площадь питания саженцев 4×4 м. Уровень загрязнения опытного участка составил 500 МБк/м²; 2 вариант – на делянках проведена посадка саженцев кустарника с расположением радионуклида в почве на глубине 50 см. Площадь питания высаженных саженцев 4×4 м. Уровень загрязнения опытного участка составил 500 МБк/м². Повторность опыта 6 кратная. То есть получилось 4 варианта в опыте.

После отбора проб растения разделяли на органы и части, высушивали при температуре 105°C, взвешивали и измельчали на мельницах МРП-1 или ЭМ-ЗА.

Испытания продукции по признаку радиоактивного загрязнения выполнены на приборе УСК «Гамма Плюс» по методике измерения активности бета-излучающих радионуклидов в счетных образцах с применением программного обеспечения «Прогресс». Методика разработана ГП ВНИИФТРИ и утверждена Госстандартом России 05.05.1996 году. Настоящая методика является основной в определении значений активности бета-излучающих радионуклидов в счетном образце и позволяет выполнить расчет погрешности каждого измерения. Для регистрации бета-излучения от счетного образца используется бета-спектро-метрический тракт со сцинтилляционным блоком детектирования (СБД). Для экспонирования счетных образцов применяются специальные алюминиевые кюветы (Комплекс универсальный спектрометрический «Гамма Плюс», 1995).

При контроле почвы применяли Инструкцию по отбору проб почвы при радиационном обследовании загрязненности местности, утвержденные Госкомгидрометом в 1987 году. При контроле содержания ^{90}Sr в почвах и растениях, кроме того применяли методические указания (Методические указания по определению содержания стронция-90 и цезия-137 в почвах и растениях, ЦИНАО, 1985), ГОСТ Р 50801-95, а также ОСТ Р 10070-95 Почвы. Методика определения стронция-90 в почвах сельхозугодий (ОСТ Р 10070-95). Полученные результаты обрабатывали методами математической статистики по Б.А. Доспехову [9].

Результаты и обсуждение

В отличие от большинства радиоактивных продуктов деления ^{90}Sr в почвах находится в основном в обменном состоянии; переход его в необменные формы («старение»), если и происходит, то очень медленно. По истечении 12 лет после попадания ^{90}Sr в выщелоченный чернозем 92-96 % находилось в обменном состоянии. Длительное пребывание ^{90}Sr в почве в обменной и, следовательно, легкодоступной для усвоения растениями форме и медленная миграция по профилю почвы обеспечивают существование устойчивого источника поступления этого радионуклида в растения [10-12].

Анализ различных радиологических ситуаций (облучение от естественного радиационного фона, аварийные и технологические выбросы радионуклидов предприятий ядерной энергетики, глобальное загрязнение внешней среды от ядерных испытаний и другое) свидетельствует о том, что роль почвенного пути миграции радионуклидов в дополнительном облучении населения является весьма значительная, а иногда и доминирующая. Особенно эта роль важна при выбросе в биосферу биологически подвижных долгоживущих радионуклидов (^{14}C , ^{90}Sr , ^{129}I , ^{137}Cs и др.).

В выполненных экспериментах в полевых условиях определено существенное, в зависимости от варианта расположения радионуклида в почве, различие в накоплении ^{90}Sr в коре кустарниковых растений (рис. 1).

При расположении радионуклида на поверхности почвы в коре обоих растений его накапливается больше, чем при его заглублении на 50 см. Если различие в 1998 году для свидины кроваво-красной составляло в 3,1 раза, то к 2007 году – в 3,6 раз.

Коэффициент перехода ($K_{п}$) нуклида из почвы в кору свидины кроваво-красной в первом варианте составил $0,25 \times 10^{-5}$ (Бк/кг)/(Бк/м²), а во втором – $0,07 \times 10^{-5}$ (Бк/кг)/(Бк/м²).

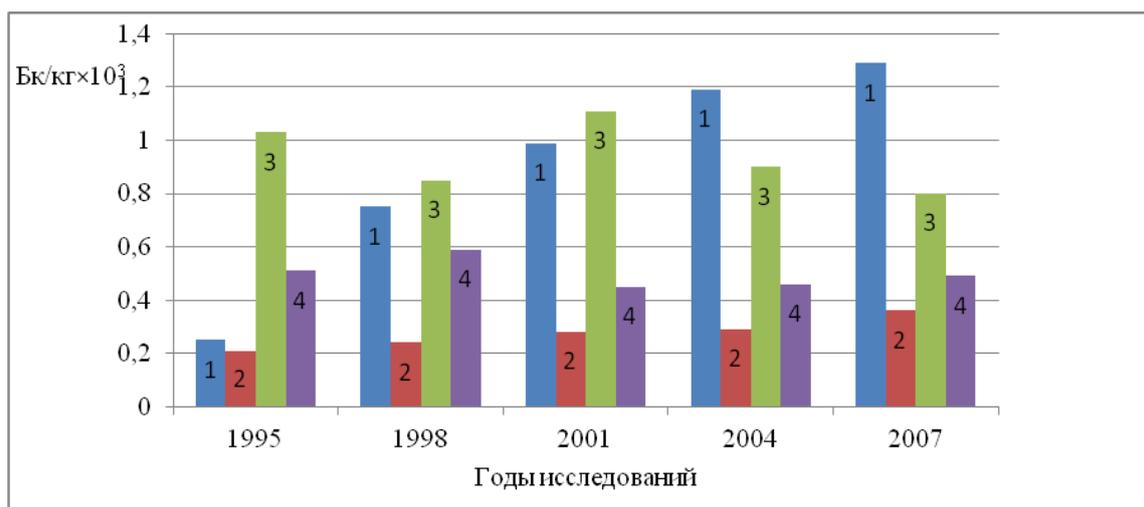


Рис. 1. Содержание ^{90}Sr в коре кустарниковых растений в зависимости от глубины его расположения в почве (свидина кроваво-красная: 1 – 0 см, 2 – 50 см, фундук: 3 – 0 см, 4 – 50 см)

Посадка свидины осуществлена в 1995 году, корневая система у молодых растений расположена не глубоко в почве. Поэтому в первый год исследований различий существенных в накоплении нуклида в коре не обнаружено. В дальнейшем в первом варианте происходит большее накопление нуклида в коре, тогда, как во втором варианте поверхность почвы не загрязнена и накопления, как такового нет. Однако к 2007 году корневая система свидины кроваво-красной глубже проникла в почву, что постепенно привело ее к контакту с расположенным на глубине нуклидом. Поэтому происходит постепенное увеличение содержания ^{90}Sr в коре и во втором варианте. Но в целом его накопилось в коре значительно меньше, чем в первом варианте.

Сад фундука был заложен в 1989 году. Поэтому к 1998 году его корневая система уже имела определенную глубину проникновения. И если в первые годы в первом варианте происходил рост содержания нуклида в коре, то уже с 2001 года, то есть через 12 лет после посадки мы наблюдаем постепенное его снижение (рис. 1). Во втором варианте происходит постепенный рост накопления в коре изучаемого нуклида. Одной из особенностей фундука является образование молодой поросли. С течением времени старые стволы фундука удаляют и оставляют молодые для поддержания высокой урожайности куста. Этим можно объяснить волнообразное накопление нуклида в коре фундука.

Накопление ^{90}Sr в коре свидины кроваво-красной существенно зависит от вариантов расположения его в почве и описывается экспоненциальным уравнением (1):

$$y = 18 \times e^{(4,61 \times 10^{-3} \times X)} \quad (1)$$

при $r = 0,938$ $F = 29,4$ разница существенна на 5 % уровне значимости.

Накопление ^{90}Sr в коре фундука существенно зависит от вариантов расположения его в почве: при $F = 48,8$ влияние фактора на отклик доказано на 5 % уровне значимости.

Коэффициент перехода (Кп) нуклида из почвы в кору фундука в первом варианте составил $0,16 \times 10^{-5}$ (Бк/кг)/(Бк/м²), а во втором – $0,09 \times 10^{-5}$ (Бк/кг) / (Бк/м²).

За этот же период времени (1995–2007 гг.) нами проведены исследования по накоплению радионуклида в древесине изучаемых кустарников. Оказалось, что меньше его накапливается во втором варианте (с заглубление нуклида в почву на 50 см) (рис. 2).

В древесине свидины кроваво-красной больше накопилось радионуклида к 2007 году в первом варианте, чем втором и это различие составляет в 2,2 раза. В первом варианте нуклид имеет контакт с корневой системой растения с первого года после посадки его в почву, поэтому происходит постепенное его накопление, что и подтверждает рисунок 2. Во втором варианте контакт корневой системы кустарника начинается через несколько лет, когда корневая система достигает глубины в 50 см. Это подтверждается данными приведенными на рисунке 2, различие между 1995 и 2007 годом составляет в 1,5 раз.

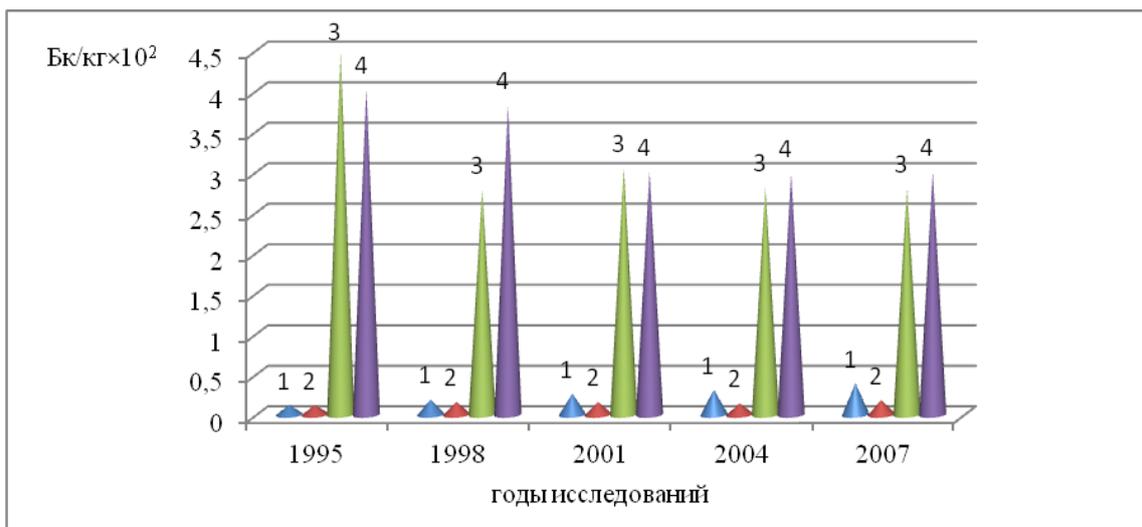


Рис. 2. Содержание ^{90}Sr в древесине кустарниковых растений в зависимости от глубины его расположения в почве (свидина кроваво-красная: 1 – 0 см, 2 – 50 см, фундук: 3 – 0 см, 4 – 50 см)

Коэффициент перехода (K_p) нуклида из почвы в древесину свидины кроваво-красной в первом варианте составил $0,7 \times 10^{-7}$ (Бк/кг)/(Бк/м²), а во втором – $0,3 \times 10^{-7}$ (Бк/кг)/(Бк/м²).

В первые годы жизни изучаемых кустарниковых растений (сад был заложен в 1989 г.) накопление нуклида в древесине было более интенсивным.

К 2007 году сад фундука прожил 18 лет. За это время произошло снижение содержания радионуклида в древесине орехоплодного растения в первом и втором вариантах. Причем, если в первом варианте с 1995 года по 2007 год снижение составило в 1,6 раз, то во втором – в 1,3 раза. Корневая система в первом варианте со временем выходит за пределы загрязненного слоя и контакт с ним уменьшается, во втором – наоборот контакт со временем увеличивается. Различие в накоплении нуклида в древесине фундука по вариантам несколько нивелируется из-за удаления старых стволов и появления новых – молодых, которые оставляют, как более урожайные. В целом снижение накопления нуклида в растениях может быть объяснено уменьшением под влиянием времени его подвижности в почве. За садом фундука продолжают наблюдения и, за следующие годы исследований, появится дополнительный научный материал.

Накопление ^{90}Sr в древесине свидины кроваво-красной существенно зависит от вариантов расположения его в почве и описывается уравнением геометрической зависимости (2):

$$y = 6,69 \times x^{0,257} \quad (2)$$

при $r = 0,76$ $F = 5,48$ разница существенна на 5 % уровне значимости.

Коэффициент перехода (K_p) нуклида из почвы в древесину фундука в первом варианте составил $0,5 \times 10^{-6}$ (Бк/кг)/(Бк/м²), а во втором – $0,6 \times 10^{-6}$ (Бк/кг) / (Бк/м²).

Один из важнейших показателей в накоплении радионуклида в растении это листовой аппарат, так как он является пищей для некоторых представителей насекомых, которые в свою очередь по цепи питания могут оказаться пищей для птиц и т.д. Кроме того листовой опад – это «дом» для почвенной мезофауны, которая так же участвует в трофических цепях.

Нами выполнены исследования по накоплению ^{90}Sr в листьях свидины кроваво-красной и фундука, которые приведены на рисунке 3.

Анализ данных, приведенных на рисунке 3 показал, что накопление нуклида в листе свидины кроваво-красной происходит в обоих вариантах, но более динамично – в первом. На полученный результат оказало влияние в первую очередь размещение нуклида в почве и время его контакта с корневой системой. Различие между изучаемыми вариантами в накоплении ^{90}Sr в свидине кроваво-красной составляет на 2007 год в 3,0 раза.

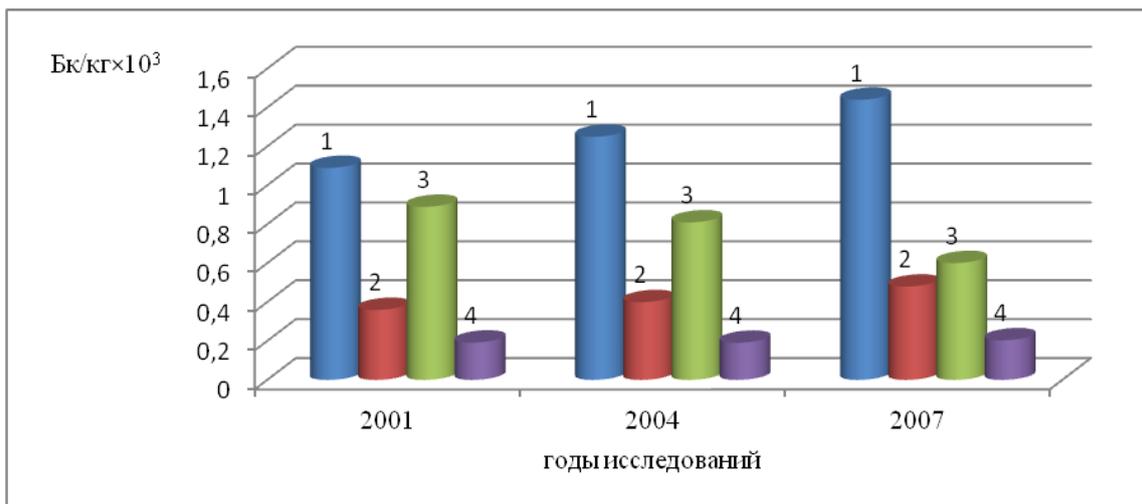


Рис. 3. Содержание ^{90}Sr в листе кустарниковых растений в зависимости от глубины его расположения в почве (свидина кроваво-красная: 1 – 0 см, 2 – 50 см, фундук: 3 – 0 см, 4 – 50 см)

Коэффициент перехода (K_p) нуклида из почвы в листу свидины кроваво-красной в первом варианте составил $0,28 \times 10^{-5}$ (Бк/кг)/(Бк/м²), а во втором – $0,09 \times 10^{-5}$ (Бк/кг)/(Бк/м²).

Накопление ^{90}Sr в листе свидины кроваво-красной существенно зависит от вариантов расположения его в почве и описывается линейным уравнением:

$$y = -2,17 + x \times 0,345 \quad (3)$$

при $r = 0,99$ $F = 99,7$ разница существенна на 5 % уровне значимости.

В листе фундука так же есть различие, которое к 2007 году составило в 2,9 раз.

Коэффициент перехода (K_p) нуклида из почвы в листу фундука в первом варианте составил $0,12 \times 10^{-5}$ (Бк/кг)/(Бк/м²), а во втором – $0,04 \times 10^{-5}$ (Бк/кг) / (Бк/м²).

Накопление ^{90}Sr в листе фундука существенно зависит от вариантов расположения его в почве и описывается геометрическим уравнением:

$$y = 35,4 \times x^{-0,14} \quad (4)$$

при $r = 0,97$ $F = 36,2$ разница существенна на 5 % уровне значимости.

Важнейшим показателем при изучении накопления нуклидов в растениях это его содержание в плодах. Нами в процессе исследований получен экспериментальный материал, который приведен на рисунке 4.

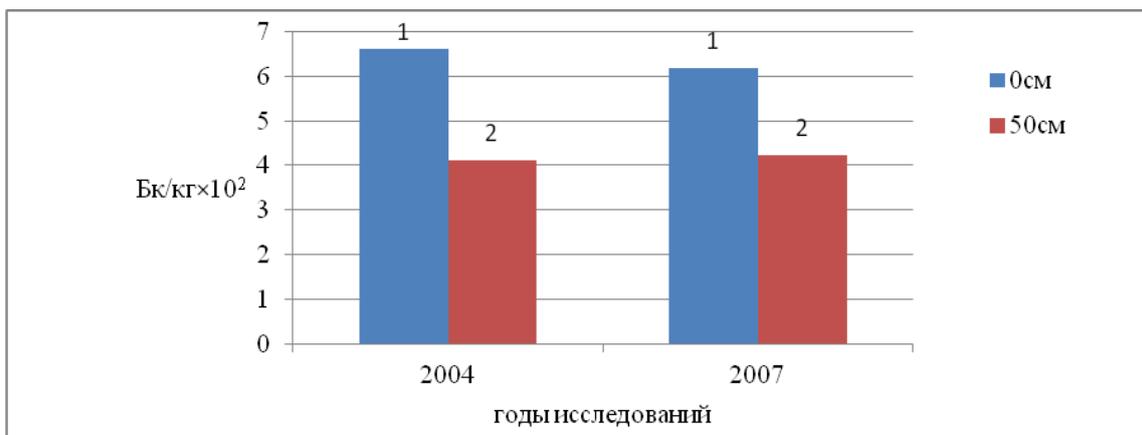


Рис. 4. Содержание ^{90}Sr в плодах (ядре) фундука в зависимости от глубины его расположения в почве (1 – 0 см, 2 – 50 см)

В плодах (ядре) фундука больше ^{90}Sr накопилось в первом варианте, чем во втором в 1,5 раза. То есть вариант расположения нуклида в почве оказал влияние на накопление его в ядре.

Коэффициент перехода (K_p) нуклида из почвы в плоды (ядро) фундука в первом варианте составил $0,12 \times 10^{-5}$ (Бк/кг)/(Бк/м²), а во втором – $0,08 \times 10^{-5}$ (Бк/кг)/(Бк/м²).

Кроме того, из рисунка 4 видно, что в первом варианте происходит постепенное снижение радионуклида в ядре, тогда, как во втором – постепенное увеличение.

С течением времени происходит уменьшение подвижности нуклида в почве, то есть происходит его «старение», что в целом может оказать влияние на накопление его в ядре фундука. Однако эти исследования следует продолжить, чтобы получить точный экспериментальный материал.

В целом можно сказать, что при заглублении нуклида в почву на 50 см уменьшается его накопление в коре, древесине и листьях изучаемых кустарниковых растений. В ядре фундука также меньше содержалось нуклида во втором варианте его расположения в почве.

Кроме того, при выполнении полевых работ заглубленный в почву радионуклид меньше будет оказывать влияние на людей, работающих в поле [24]. Для этого следует использовать уже состоявшиеся теоретические и прикладные исследования в сфере управления миграцией вещества в почве [30-32], и выполнить перспективные исследования с точки зрения специфики пассивирования радионуклидов внутри почвы путем внесения вглубь в сухой и жидкой форме.

Выводы

1. В коре свидины кроваво-красной и фундука больше накапливается ^{90}Sr при расположении его на поверхности почвы, чем при заглублении на 50 см, различие к концу эксперимента составляло соответственно в 3,6 и 1,6 раз.

2. Коэффициент перехода (K_p) нуклида из почвы в кору для свидины кроваво-красной в первом варианте составил $0,25 \times 10^{-5}$ (Бк/кг)/(Бк/м²), а во втором – $0,07 \times 10^{-5}$ (Бк/кг)/(Бк/м²), для фундука соответственно – $0,16 \times 10^{-5}$ (Бк/кг)/(Бк/м²) и $0,09 \times 10^{-5}$ (Бк/кг)/(Бк/м²).

3. В древесине свидины кроваво-красной больше накопилось радионуклида в первом варианте, чем во втором и это различие составляет в 2,2 раза. В древесине фундука содержание нуклида в обоих вариантах было примерно одинаковым, разница не существенная.

4. Коэффициент перехода (K_p) нуклида из почвы в древесину для свидины кроваво-красной в первом варианте составил $0,7 \times 10^{-7}$ (Бк/кг)/(Бк/м²), а во втором – $0,3 \times 10^{-7}$ (Бк/кг)/(Бк/м²), для фундука соответственно – $0,5 \times 10^{-6}$ (Бк/кг)/(Бк/м²) и $0,6 \times 10^{-6}$ (Бк/кг)/(Бк/м²).

5. Накопление нуклида в листе свидины кроваво-красной и фундука происходит в обоих вариантах, но более динамично – в первом. Различие между изучаемыми вариантами в накоплении ^{90}Sr в свидине кроваво-красной составляет в 3,0 раза, в фундуке – в 2,9 раз.

6. Коэффициент перехода (K_p) нуклида из почвы в листву для свидины кроваво-красной в первом варианте составил $0,28 \times 10^{-5}$ (Бк/кг)/(Бк/м²), а во втором – $0,09 \times 10^{-5}$ (Бк/кг)/(Бк/м²), для фундука соответственно – $0,12 \times 10^{-5}$ (Бк/кг)/(Бк/м²) и $0,04 \times 10^{-5}$ (Бк/кг)/(Бк/м²).

7. В плодах (ядре) фундука больше ^{90}Sr накопилось в первом варианте, чем во втором в 1,5 раза. Коэффициент перехода (K_p) нуклида из почвы в плоды (ядро) фундука в первом варианте составил $0,12 \times 10^{-5}$ (Бк/кг)/(Бк/м²), а во втором – $0,08 \times 10^{-5}$ (Бк/кг)/(Бк/м²).

Примечания

1. Лес. Человек. Чернобыль // Под ред. В.А. Ипатьева. Гомель, 1999. 454 с.
2. Щеглов А.И. Биогеохимия техногенных радионуклидов в лесных экосистемах. М., 2000. 268 с.
3. Щеглов А.И., О.Б. Цветнова Экологическая роль лесных подстилок в миграции техногенных загрязнителей. М., 2002. 126 с.
4. Мельченко А.И., В.А. Мельченко Влияние сортовых особенностей фундука на накопление ^{90}Sr в различных его органах и частях (на примере сортов Ата-Баба и Луиза) //

Материалы 12 Международной научной конференции «Сахаровские чтения 2012 года: Экологические проблемы 21 века», 17-18 мая 2012 года. Минск, Республика Беларусь. С. 237.

5. Плодоводство // Под ред. В.И. Якушева. М.: «Колос», 1982. 415 с.
6. Барышман Ф.С. Основы защитного лесоразведения на Кубани. Краснодарское книжное издательство, 1968. 189 с.
7. Симакин А.И. Удобрение, плодородие почв и урожай. Краснодар, 1988. 270 с.
8. Тарасенко Б.И. Повышение плодородия почв Кубани. Краснодар, 1981. 146 с.
9. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: «Колос», 1968. 336 с.
10. Алексахин Р.М. Некоторые актуальные вопросы почвенной химии естественных и искусственных радионуклидов и их накопления сельскохозяйственными растениями // Почвоведение. 1975. №11. С. 15-18.
11. Бакунов Н.А. Миграция Sr-90 в толще нарушенного сложения: идентификация механизма переноса // Почвоведение. 1998. №11. С. 1356-1361.
12. Молчанова И.В., Е.Н. Караваева Эколого-геохимические аспекты миграции радионуклидов в почвенно-растительном покрове.. Екатеринбург, 2001. 161 с.
13. Алексахин Р.М., М.А. Нарышкин Миграция радионуклидов в лесных биогеоценозах. М.: Наука, 1977. 144 с.
14. Тихомиров Ф.А., А.И. Щеглов, О.Б. Цветнова Распределение и миграция радионуклидов в лесах в зоне радиоактивного загрязнения. СПб.: Гидрометеиздат, 1993. С. 41-47.
15. Мельченко А.И., В.А. Мельченко, А.А. Подгорная Изучение миграционных особенностей ^{90}Sr и ^{137}Cs в почвах плодового ценоза // 33-я научная конф. студентов и молодых ученых вузов Южного Федерального округа. Краснодар. 2006. С. 101.
16. Мельченко А.И. Накопление радионуклидов в сельскохозяйственных растениях в зависимости от их биологических особенностей // Труды Кубанского государственного аграрного университета 6(33). Краснодар, 2011. 6(33). С. 83-89.
17. Himes F.L. Influence of some organic compounds on the movement of ^{90}Sr in soils / F.L. Himes, R. Shufelt // Symp. Int. Radiocol. Cadarache, 1969. V. 1. pp 493-506.
18. Anisimov V.S., Kochetkov I.V., Dikarev D.V., Anisimova L.N., Korneev Y.N. Effects of physical-chemical properties of soils on ^{60}Co and ^{65}Zn bioavailability // Journal of Soils and Sediments. 2015. T. 15. № 11. pp 2232-2243.
19. Фригидов Р.А., Анисимов В.С., Фригидова Л.М., Гераськин С.А., Анисимова Л.Н., Корнеев Ю.Н., Санжарова Н.И. Влияние концентрации Zn в почвах на динамику накопления биомассы и металла растениями ячменя // Агрехимия. 2014. № 12. С. 42-54.
20. Aliyu A.S., Ramli A.T. The world's high background natural radiation areas (HBNRAs) revisited: A broad overview of the dosimetric, epidemiological and radiobiological issues // Radiation Measurements 2015. 73: 51e59 <http://dx.doi.org/10.1016/j.radmeas.2015.01.007>
21. Glazko VI, Glazko TT. Laws of anthropogenic (ecological) disasters – the example of the Chernobyl accident // Biotechnol. & Biotechnol. 2011. Vol. 25, No 4. pp 1–6 DOI: 10.5504/bbeq.2011.0088.
22. Goto A., Bromet E.J., Fujimori K. Immediate effects of the Fukushima nuclear power plant disaster on depressive symptoms among mothers with infants: a prefectural-wide cross-sectional study from the Fukushima health management survey // BMC Psychiatry, 2015, 15: 59 doi: 10.1186/s12888-015-0443-8.
23. Grandjean Ph., Barouki P., Bellinger D.C., Casteleyn L., Chadwick L.H., Cordier S., Etzel R.A., Gray K.A., Ha E-H., Junien C., Karagas M., Kawamoto T., Lawrence B.P., Perera F.P., Prins G.S., Puga A., Rosenfeld C.S., Sherr D.H., Sly P.D., Suk W., Sun Q., Toppari J., van den Hazel P., Walker C.L., Heindel J.J. Life-Long Implications of Developmental Exposure to Environmental Stressors: New Perspectives // Endocrinology. 2015, 156(10):3408–3415 doi: 10.1210/EN.2015-1350
24. Rodgers A.B., Bale T.L. Germ Cell Origins of Posttraumatic Stress Disorder Risk: The Transgenerational Impact of Parental Stress Experience // Biol Psychiatry. 2015 - 1;78(5):307-14. doi: 10.1016/j.biopsych.2015.03.018
25. Sakai A., Ohira T., Hosoya M., Ohtsuru A., Satoh H., Kawasaki Y., Suzuki H., Takahashi A., Kobashi G., Ozasa K., Yasumura S., Yamashita S., Kamiya K., Abe M. Life as an evacuee after the

Fukushima Daiichi nuclear power plant accident is a cause of polycythemia: the Fukushima health management survey // BMC Public Health, 2014, 14: 1318 doi: 10.1186/1471-2458-14-1318

26. Suzuki Y., Yabe H., Yasumura S., Ohira T., Niwa S.-I., Ohtsuru A., Mashiko H., Maeda M., Abe M. Psychological distress and the perception of radiation risks: the Fukushima health management survey // Bull. World Health Org., 2015, 93: 598-605. doi: 10.2471/BLT.14.146498

27. Калиниченко В.П. Патент на изобретение RU №2387115 С2. Устройство для внесения вещества при ротационном внутрипочвенном рыхлении. МПК А01В 33/02 (2006.01) А01С 23/00 (2006.01). Патентообладатель ИППЮР. Заявка №2008124500/12(029710) от 16.06.2008. Опубликовано 27.04.2010. Бюл. №12. 7 р:2 fig

28. Калиниченко В.П. Патент на изобретение RU №2386243 С1. Способ внутрипочвенного импульсного дискретного полива растений. МПК А01G 25/06 (2006.01) А01С 23/02 (2006.01). Патентообладатель Калиниченко В.П. Заявка №2009102490/12 от 16.01.09.. Опубликовано 20.04.2010. Бюл. №11. 7 с. 6 ил.

29. Батукаев А.А., Зармаев А.А., Калиниченко В.П., Чулков В.В., Мамилов Б.Б., Черненко В.В., Лохманова О.И. Патент на изобретение RU №2498550 С2. Способ создания многолетних насаждений. МПК А01В 79/02. Заявка № 2012102879(004261) от 27.01.2012. Опубликовано 20.11.2013. Бюл. №32. 4 с. : ил.

30. Калиниченко В.П., Лазуренко В.Н., Ляхов В.П., Старцев В.Ф. Биогосистемотехника, как технологическая платформа рециклинга отходов в биосфере // Рециклинг отходов. № 1 (5) январь-февраль 2015. С. 12-17.

31. Batukaev Abdulmalik A., Anatoly P. Endovitsky, Andrey G. Andreev, Valery P. Kalinichenko, Tatiana M. Minkina, Zaurbek S. Dikaev, Saglara S. Mandzhieva, and Svetlana N. Sushkova Ion association in water solution of soil and vadose zone of chestnut saline solonetz as a driver of terrestrial carbon sink // Solid Earth, 7, Issue, 2, 415-423, doi:10.5194/se-7-415-2016, 2016

32. Kalinitchenko Valery, Abdulmalik Batukaev, Vladimir Zinchenko, Ali Zarmaev, Ali Magomadov, Vladimir Chernenko, Viktor Startsev, Serojdin Bakoev, and Zaurbek Dikaev. Biogeosystem technique as a method to overcome the Biological and Environmental Hazards of modern Agricultural, Irrigational and Technological Activities // Geophysical Research Abstracts. EGU General Assembly. Vienna, 2014. DOI: Vol. 16, EGU2014-17015

References

1. Forest. Human. Chernobyl // Ed. VA Ipatiev. Gomel, 1999. 454 p.
2. Shcheglov AI Biogeochemistry of artificial radionuclides in forest ecosystems. M., 2000. 268 p.
3. Shcheglov AI, OB Tsvetnova ecological role of forest litter in the migration of man-made pollutants. M., 2002. 126 p.
4. Melchenko AI, VA Melchenko Influence of varietal characteristics of Filbert on the accumulation of ⁹⁰Sr in its organs and parts (on example of varieties Ata-Baba and Louise) // Proceedings of the 12th International Scientific Conference "Sakharov readings 2012: environmental problems of the 21st century", 17-18 May 2012. Minsk, Republic of Belarus. p. 237.
5. Pomiculture // Ed. By VI Yakushev. M.: "Kolos", 1982. 415 p.
6. Baryshman FS Fundamentals of protective afforestation in Kuban. Krasnodar: Krasnodar Book Publishers, 1968. 189 p.
7. Simakin AI Fertilizer, soil fertility and crop. Krasnodar, 1988. 270 p.
8. Tarasenko BI Improving soil fertility of Kuban. Krasnodar, 1981. 146 p.
9. Dospekhov BA Methods of field experiment. M.: "Kolos", 1968. 336 p.
10. Alexakhin RM Some topical issues of the soil chemistry of natural and artificial radionuclides and the accumulation by agri-tural plants // Soil science. 1975. №11. pp 15-18.
11. Bakunov NA Migration of Sr-90 in the disturbed layer: identification of the transfer mechanism // Soil science. 1998. №11. pp 1356-1361.
12. Molchanova IV EN Karavaeva Ecological and geochemical aspects of the migration of radionuclides in soil and vegetation. Ecaterinburg, 2001. 161 p.
13. Alexakhin RM , MA Naryshkin Migration of radionuclides in forest Biogeocenoses. M.: Nauka, 1977. 144 p.

14. Tikhomirov FA, AI Scheglov, OB Tsvetnova Distribution and migration of radionuclides in the woods in the area of radioactive contamination. SPb.: Gidrometeoizdat, 1993. pp 41-47.
15. Melchenko AI, VA Melchenko, AA Podgornaya Study of migration singularities of ^{90}Sr and ^{137}Cs in the soil of fruit cenosis // 33th Conf. of students and young scientists of universities of the Southern Federal District. Krasnodar. 2006. p. 101.
16. Melchenko AI The accumulation of radionuclides in the agricultural plants depending to biological features // Proceedings of the Kuban State Agrarian University 6 (33). Krasnodar, 2011. 6 (33). pp 83-89.
17. Himes F.L. Influence of some organic compounds on the movement of ^{90}Sr in soils / F.L. Himes, R. Shufelt // Symp. Int. Radiocol. Cadarache, 1969. V. 1. pp 493-506.
18. Anisimov V.S., Kochetkov I.V., Dikarev D.V., Anisimova L.N., Korneev Y.N. Effects of physical-chemical properties of soils on ^{60}Co and ^{65}Zn bioavailability // Journal of Soils and Sediments. 2015. T. 15. № 11. pp 2232-2243.
19. Frigidov RA, Anisimov VS, Frigidova LM, Geraskin SA, Anisimova LN, Korneev Yu, NI Sanzharova Influence of concentration of Zn in soil on the dynamics of accumulation of biomass and metal in plants of barley // Agrochemistry. 2014. № 12. pp 42-54.
20. Aliyu A.S., Ramli A.T. The world's high background natural radiation areas (HBNRAs) revisited: A broad overview of the dosimetric, epidemiological and radiobiological issues // Radiation Measurements 2015. 73: 51e59 <http://dx.doi.org/10.1016/j.radmeas.2015.01.007>
21. Glazko VI, Glazko TT. Laws of anthropogenic (ecological) disasters – the example of the Chernobyl accident // Biotechnol. & Biotechnol. 2011. Vol. 25, No 4. pp 1–6 DOI: 10.5504/bbeq.2011.0088.
22. Goto A., Bromet E.J., Fujimori K. Immediate effects of the Fukushima nuclear power plant disaster on depressive symptoms among mothers with infants: a prefectural-wide cross-sectional study from the Fukushima health management survey // BMC Psychiatry, 2015, 15: 59 doi: 10.1186/s12888-015-0443-8.
23. Grandjean Ph., Barouki P., Bellinger D.C., Casteleyn L., Chadwick L.H., Cordier S., Etzel R.A., Gray K.A., Ha E-H., Junien C., Karagas M., Kawamoto T., Lawrence B.P., Perera F.P., Prins G.S., Puga A., Rosenfeld C.S., Sherr D.H., Sly P.D., Suk W., Sun Q., Toppari J., van den Hazel P., Walker C.L., Heindel J.J. Life-Long Implications of Developmental Exposure to Environmental Stressors: New Perspectives // Endocrinology. 2015, 156(10):3408–3415 doi: 10.1210/EN.2015-1350
24. Rodgers A.B., Bale T.L. Germ Cell Origins of Posttraumatic Stress Disorder Risk: The Transgenerational Impact of Parental Stress Experience // Biol Psychiatry. 2015 - 1;78(5):307-14. doi: 10.1016/j.biopsych.2015.03.018
25. Sakai A., Ohira T., Hosoya M., Ohtsuru A., Satoh H., Kawasaki Y., Suzuki H., Takahashi A., Kobashi G., Ozasa K., Yasumura S., Yamashita S., Kamiya K., Abe M. Life as an evacuee after the Fukushima Daiichi nuclear power plant accident is a cause of polycythemia: the Fukushima health management survey // BMC Public Health, 2014, 14: 1318 doi: 10.1186/1471-2458-14-1318
26. Suzuki Y., Yabe H., Yasumura S., Ohira T., Niwa S.-I., Ohtsuru A., Mashiko H., Maeda M., Abe M. Psychological distress and the perception of radiation risks: the Fukushima health management survey // Bull. World Health Org., 2015, 93: 598-605. doi: 10.2471/BLT.14.146498
27. Kalinichenko V.P. Patent RU № 2387115 C2. Device for entering a substance at intra-soil rotary hoeing. Patentee IPPYUR. IPC A01B 33/02 (2006.01) A01C 23/00 (2006.01) . Application number 2008124500 / 12 (029710) from 16.06.2008 . Published on 27.04.2010 . Bull. Number 12. 7 p. : 2 fig.
28. Kalinichenko V.P. Patent RU № 2386243 C1. Method of intra-soil pulse discrete irrigation. IPC A01G 25/06 (2006.01) A01S 23/02 (2006.01). Patentee Kalinichenko V.P. Application number 2009102490 on 16.01.09 . Published on 20.04.2010 . Bull. Number 11. 9 p : 4 fig
29. Kalinichenko V.P., Batukaev A.A., Zarman A.A., Chulkov V.V., Mamilov B.B., Chernenko V.V., Lohmanova O.I. Patent RU № 2498550 C2. Method of planting trees. IPC A01B 79/ 02. Application number 2012102879 (004261) from 27.01.2012. Published on 20.11.2013. Bull. Number 32. 4 p :fig..

30. Kalinichenko VP, Lazurenko VN Lyakhov VP, VF Starcev Biogeosystem technique as a technology platform of waste recycling in the biosphere // Waste Recycling. Number 1 (5) in January-February 2015. pp 12-17.

31. Batukaev Abdulmalik A., Anatoly P. Endovitsky, Andrey G. Andreev, Valery P. Kalinichenko, Tatiana M. Minkina, Zaurbek S. Dikaev, Saglara S. Mandzhieva, and Svetlana N. Sushkova Ion association in water solution of soil and vadose zone of chestnut saline solonetz as a driver of terrestrial carbon sink // Solid Earth, 7, Issue, 2, 415-423, doi: 10.5194 / se-7-415-2016, 2016

32. Kalinichenko Valery, Abdulmalik Batukaev, Vladimir Zinchenko, Ali Zarmaev, Ali Magomadov, Vladimir Chernenko, Viktor Startsev, Serajdin Bakoev, and Zaurbek Dikaev. Biogeosystem technique as a method to overcome the Biological and Environmental Hazards of modern Agricultural, Irrigational and Technological Activities // Geophysical Research Abstracts. EGU General Assembly. Vienna, 2014. DOI: Vol. 16, EGU2014-17015

УДК 630:635.9:502.55

Заглубление ^{90}Sr в почву, как вариант снижения его накопления в вегетативной и генеративной части кустарниковых растений

¹ Александр Иванович Мельченко

² Максим Владимирович Татарин

³ Евгений Александрович Мельченко

¹⁻³ Кубанский государственный аграрный университет, Российская Федерация

¹ Кандидат биологических наук, доцент

E-mail: alexkuban59@mail.ru

² Аспирант

E-mail: maksim.tatarin@yandex.ru

³ Аспирант

E-mail: mel@yuga.ru

Аннотация. В условиях полевого стационарного эксперимента во Всероссийском научно-исследовательском институте биологической защиты растений изучена миграция и накопление ^{90}Sr в вегетативных и генеративных органах кустарниковых растений – фундук (*Corylus maxima* L.), свидина кроваво-красная (*Swida sanguinea* (L.) Opiz.) – при искусственном размещении радионуклида на поверхности почвы, и на глубине 50 см внутри почвы. Исследовали накопление ^{90}Sr в фундуке в течение 18 лет. Установлено, что размещение радионуклида на глубине 50 см по сравнению с размещением на поверхности обуславливает статистически достоверное уменьшение накопления ^{90}Sr в коре фундука. Варьирование накопления ^{90}Sr в древесине фундука в зависимости от расположения нуклида на поверхности почвы или на глубине 50 см статистически не значимо. В ядре ореха фундука за период исследований накопилось в 1,4 раза меньше ^{90}Sr при размещении радионуклида на глубине 50 см, чем при размещении на поверхности почвы. Исследовали накопление ^{90}Sr в свидине красной в течение 12 лет. В варианте размещения радионуклида на глубине 50 см содержание ^{90}Sr было меньше по сравнению с размещением радионуклида на поверхности почвы в коре, древесине и листьях свидины кроваво-красной, соответственно, в 3,6; 2,2 и 3,0 раза.

Ключевые слова: радионуклид, транслокация «почва – растение», накопление, вегетативные органы, генеративные органы.