

НАКОПЛЕНИЕ РАДИОНУКЛИДОВ В ЛЕСНОЙ ФИТОМАССЕ И ПОЧВЕ

Пашкевич В.Э.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Республика Беларусь

Адамович В.Е. – ассистент кафедры
электроники

Аннотация. Целью статьи является изучение содержания радионуклидов в лесной фитомассе на загрязненных территориях, изучение текущей радиационной обстановки в Добрушском районе. В статье анализируются данные, полученные путем измерения удельной активности почвы, хвои, мха, грибов и коры деревьев. На основании проведенного исследования сделаны выводы о принадлежности территории к зоне с постоянным радиационным контролем и/или отсутствии значительного количества радионуклидов в воздухе.

Ключевые слова. Накопление радионуклидов в деревьях, цезий-137, авария на ЧАЭС, радиоактивное загрязнение почвы, стронций-90, радиационная обстановка в Добрушском районе.

Введение

В результате аварии на Чернобыльской АЭС произошел выброс в окружающую среду радиоактивных веществ, что привело к выпадению на территорию Республики Беларусь осадков 23 основных радионуклидов. Но в большинстве своем это были короткоживущие радиоизотопы, которые распадались в течение минут, часов или дней после выброса. Спустя несколько лет в радиоактивном загрязнении территорий стали доминировать следующие радионуклиды: цезий ^{137}Cs , стронций ^{90}Sr и изотопы плутония (^{238}Pu , ^{239}Pu , ^{240}Pu).

Загрязнение Беларуси ^{137}Cs (период полураспада 30 лет) с плотностью свыше 37 кБк/м² составило около 23% от площади республики. Загрязнение носит весьма неравномерный, "пятнистый" характер. Основные пятна: ближняя зона ЧАЭС (30-км зона вокруг самой станции), северо-западный след (южная и юго-западная часть Гомельской области, центральные части Брестской, Гродненской и Минской областей), север Гомельской и центральной части Могилевской областей.

Загрязнение территории республики ^{90}Sr (период полураспада 29 лет) носит более локальный характер. Уровни загрязнения почвы этим радионуклидом выше 5,5 кБк/м² обнаружены на 10% площади от территории республики. Максимальные уровни ^{90}Sr обнаружены в пределах 30-км зоны ЧАЭС и достигали величины 1800 кБк/м² в Хойникском районе Гомельской области. Наиболее высокая активность ^{90}Sr в почве в дальней зоне обнаружена на расстоянии 250 км – в Чериковском районе Могилевской, а также в северной части Гомельской области, в Ветковском районе.

Загрязнение почвы изотопами плутония (^{238}Pu , ^{239}Pu , ^{240}Pu) с плотностью более 0,37 кБк/м² охватывает менее 2% площади республики. Эти территории преимущественно находятся в Гомельской области (Брагинский, Наровлянский, Хойникский, Речицкий, Добрушский и Лоевский районы) и Чериковском районе Могилевской области [1].

Теоретическая часть

В первые дни после аварии около 30 % всех радиоактивных выпадений на лесные площади было задержано надземными частями древесных растений и около 20 % выпало на напочвенный покров. К концу лета 1986 г. в надземной фитомассе осталось 13-15 % общего количества выпавших радионуклидов, а начиная с 1988 г. усиливается корневое поступление в надземную фитомассу радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr .

Согласно проведенным ранее исследованиям [2], по состоянию на 2001 г. в надземной части, в зависимости от возраста и густоты лесных насаждений, породы деревьев и условий произрастания, находилось 5-7% радионуклидов. Исследования свидетельствуют о продолжающемся процессе накопления радионуклидов в древесине. В ходе данного исследования были сделаны следующие выводы:

«Прогноз радиоактивного заражения лесной площади показывает, что загрязнение лесов будет нарастать и радионуклиды начнут поступать в древесный ярус в основном через

корневую систему. В ближайшие 10-15 лет надземная фитомасса, в частности 30-летних сосняков, накопит 10-15 % от общего запаса Cs-137 в лесных массивах.

В настоящее время радиационная обстановка в лесах зоны 15-40 Ки/км² обусловлена загрязнением древостоя, подстилки и верхнего слоя почвы цезием-137.»

В ходе бета-распада ¹³⁷Cs с вероятностью 5,4% нуклид превращается в стабильный изотоп бария ¹³⁷Ba. С вероятностью 94,6% сперва образуется изомер бария ^{137m}Ba (период полураспада 2,552 мин), который превращается в стабильный ¹³⁷Ba с испусканием гамма-кванта с энергией 661,7 кэВ. Повышенная регистрация частиц на энергетическом спектре гамма-излучения в области определенной энергии создает пик на спектре. Пик в области данной энергии будет свидетельствовать о наличии в образце ¹³⁷Cs. Вышеописанное явление проиллюстрировано на рисунке 1. Площадь пика определяется интенсивностью гамма-излучения от образца и пропорциональна его активности.



Рисунок 1 – Цезиевый пик (спектр почвы в наложении с фоном)

⁹⁰Sr претерпевает бета-распад, переходя в радиоактивный иттрий ⁹⁰Y (период полураспада 64 часа) с испусканием бета-частицы со средней энергией 195.7 кэВ, который, в свою очередь, распадается в стабильный цирконий-90 с испусканием бета-частицы со средней энергией 932.3 кэВ.

Так как энергия бета-распада распределяется случайным образом между бета-частицей и нейтрино (в некоторых случаях гамма-квантом), энергетический спектр бета-излучения непрерывный. Энергия бета-частицы при этом будет регистрироваться спектрометром в диапазоне от 0 до максимальной энергии частицы. Повышенная регистрация частиц в области энергий, соответствующих распаду ⁹⁰Sr на бета-спектре будет свидетельствовать о наличии в образце ⁹⁰Sr. Вышеописанное явление проиллюстрировано на рисунке 2.

Практическая часть

Цель нашей работы - изучить содержание радионуклидов в деревьях и почве на загрязненных территориях, классифицируемых как зона проживания с периодическим радиационным контролем. Исследования проводили согласно «Методика выполнения измерений объемной и удельной активности Sr-90, Cs-137 и K-40 на гамма-бета спектрометре типа МКС-АТ1315, объемной и удельной активности гамма-излучающих радионуклидов Cs-137 и K-40 на гамма-спектрометре типа EL 1309 (МКГ-1309) в пищевых продуктах, питьевой воде, почве, сельскохозяйственном сырье и кормах, продукции лесного хозяйства, других объектах окружающей среды» (МВИ.МН 1181-2011). Для измерения содержания радионуклидов в образцах почвы и лесопродукции использовался сцинтилляционный гамма-бета-спектрометр МКС-АТ1315. Для концентрирования данных образцов методом высушивания использовался анализатор влажности МАС-50.

Образцы были взяты на территории Добрушского района. Согласно Постановлению Совета Министров Республики Беларусь от 08.02.2021 № 75 «О перечне населенных пунктов и объектов, находящихся в зонах радиоактивного загрязнения» на территории Добрушского

района находится 29 населенных пунктов (далее н.п.), относящихся к зонам радиоактивного загрязнения, в том числе 1 н.п. в зоне последующего отселения; 7 н.п. в зоне с правом на отселения; 21 н.п. в зоне проживания с периодическим радиационным контролем; 55 н.п. не относящиеся к зонам радиоактивного загрязнения. Исследуемые образцы были взяты с территории, относящейся к зоне с постоянным радиационным контролем. Были проведены измерения почвы и следующих лесных ресурсов: грибов, хвои, мха и коры разных пород деревьев.

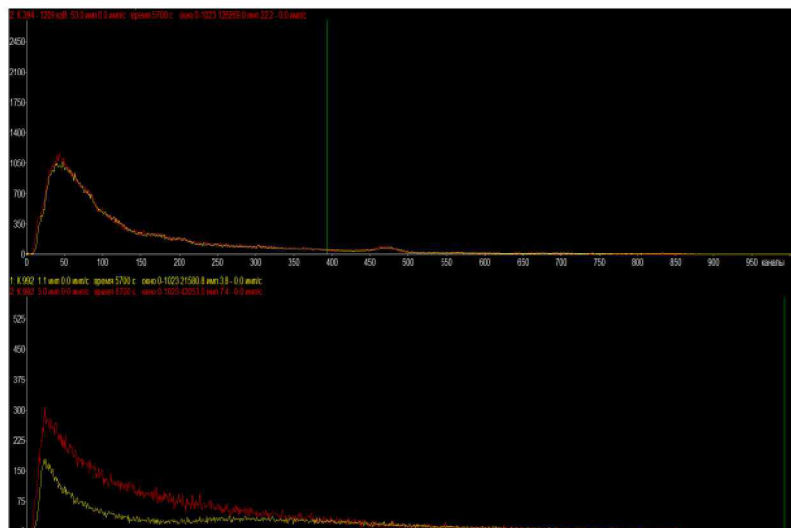


Рисунок 2 – Бета-спектр при содержании ^{90}Sr в образце (спектр коры клена в наложении с фоном)

Хвоя

Сосновая хвоя обладает адсорбционными свойствами, благодаря этому хвоя является эффективным биоиндикатором радиоактивного загрязнения приземного воздуха. Хвоя задерживает от 70 до 100% оседающих радиоизотопов стронция и цезия [3]. На практике существует способ радиационного контроля за радиоактивным загрязнением территорий по определению радионуклидов в хвое деревьев и кустарников.

Было проведено измерение образцов хвои, принадлежащей сосне обыкновенной. Анализ полученных данных показывает, что содержание радионуклидов в хвое в пределах погрешности, а именно удельная активность ^{137}Cs 1,69 Бк/кг с неопределенностью 93,2 Бк/кг. Содержание ^{90}Sr и ^{40}K не обнаружено.

Почва

Одной из составляющей радиационного контроля, в составе Национальной системы мониторинга окружающей среды, является радиационный мониторинг почв. По определению удельной активности, наряду с измерением степени воздействия (величины эффективной эквивалентной дозы) радиации на человека, классифицируют зоны радиоактивного загрязнения. Основная доля радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr находится в верхнем корнеобитаемом слое почвы.

Для измерения были отобраны пробы дернины лесной почвы. Измерения показали удельную активность ^{137}Cs 311 Бк/кг с неопределенностью 84,7 Бк/кг. Содержание ^{40}K 102 Бк/кг с неопределенностью 56,7 Бк/кг, содержание ^{90}Sr не обнаружено.

Мох

Моховой покров способен накапливать и удерживать радиоактивные вещества, что является важной особенностью. Так мхи способны предохранять окружающую среду от накопления радионуклидов и фиксировать экологическую чистоту разных районов.

Были измерены образцы лесного мха и получены следующие результаты: удельная активность ^{137}Cs – 104 Бк/кг с неопределенностью 68,7 Бк/кг, ^{40}K – 105 Бк/кг с неопределенностью 68,4 Бк/кг, ^{90}Sr не обнаружен.

Грибы

К одним из главных продуктов побочного лесопользования относятся грибы. Известно, что представители данной группы являются сильными аккумуляторами различных поллютантов, в том числе и радионуклидов. Так, представители царства грибов поглощают от 10 до 70 % радиоизотопов, в то время как высшие растения – всего несколько процентов [4]. Проведены измерения проб трутовика настоящего, паразитирующего на деревьях. Измерения показали удельную активность ^{137}Cs 352 Бк/кг с неопределенностью 130 Бк/кг. Содержание ^{40}K и ^{90}Sr не обнаружено.

Кора

Также были проведены измерения коры деревьев. Результаты измерения удельной активности радионуклидов в коре деревьев различных пород представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты измерения удельной активности радионуклидов в коре деревьев

| Источник | Удельная активность, Бк/кг | | | Неопределенность, Бк/кг | | |
|-------------|----------------------------|-------|------|-------------------------|-------|------|
| | Cs-137 | Sr-90 | K-40 | Cs-137 | Sr-90 | K-40 |
| Кора дуба | 36.8 | 0 | 31.3 | 19.7 | 46.7 | 19.7 |
| Кора осины | 0 | 0 | 0 | 15.5 | 6 | 13.6 |
| Кора клена | 11.2 | 217 | 133 | 22.3 | 60.8 | 58.1 |
| Кора сосны | 26 | 0 | 0 | 21.9 | 8.4 | 20.6 |
| Кора березы | 28.4 | 30.0 | 199 | 22.0 | 22.7 | 56.5 |

Заключение

Анализируя данные практической части можно сделать следующие выводы:

1. Об отсутствии в приземном слое воздуха существенного количества радионуклидов.
2. Измерения подтверждают наличие в почве радионуклида ^{137}Cs . Его содержание с годами снижается. Величина удельной активности ^{137}Cs соответствуют его содержанию на территориях, классифицируемых как зона с периодическим радиационным контролем.
3. Удельная активность ^{90}Sr и ^{137}Cs в лесной фитомассе различна. Содержание радионуклидов в коре зависит от возраста, породы деревьев и условий их произрастания.
4. Измеренные образцы трутовиков настоящих имели удельную активность на порядок выше удельной активности коры дерева, на месте их произрастания.

Список использованных источников:

1. Департамент по ликвидации последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь: официальный сайт. – Минск. – URL: <https://chernobyl.mchs.gov.by/informatsionnyy-tsentr/posledstviya-chernobylskoy-katastrofy-dlya-belarusi/> (дата обращения: 03.04.2024).
2. Радиоактивное загрязнение древесины чернобыльской зоны / И. В. Турлай, Г. А. Чернушевич, В. В. Перетрухин, В. В. Терешко; ИВУЗ. – “Лесной журнал”. – 2001. – №2. – с.1-2. – ISSN 0536 – 1036.
3. Алексахин Р.М., Нарышкин М.А. Современные вопросы лесоведения и лесной биогеоценологии. М., Наука, 1974, с.184.
4. Алексахин Р.М., Нарышкин М.А. Миграция радионуклидов в лесных биогеоценозах. М.; 1977. 144.