

УДК 664.87

Поступила в редакцию 10.02.2023
Received 10.02.2023**К. С. Рябова, И. М. Почицкая, О. В. Шолохова, Е. Г. Авдюк***РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси
по продовольствию», г. Минск, Республика Беларусь***ИЗУЧЕНИЕ УДЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ РАДИОНУКЛИДОВ ЦЕЗИЯ-137
И СТРОНЦИЯ-90 В РАСТИТЕЛЬНОМ СЫРЬЕ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ
ОТВАРОВ**

Аннотация. В настоящей работе представлены результаты исследования по содержанию стронция-90 и цезия-137 в образцах дикорастущего лекарственного сырья (лапчатки белой) и отвара из него. Контроль содержания радионуклидов проводили на гамма-бета спектрометре МКС-АТ 1315 методом регистрации гамма- и бета-излучения сцинтилляционными блоками детектирования. Исследования позволили выявить переход цезия-137 из сухой травы лапчатки белой в отвар в количестве не более 40%. При этом стронций-90 практически не мигрирует из сухой травы в раствор.

Ключевые слова: радиоактивные вещества, радиоактивный распад, лекарственные травы, сцинтилляционный блок детектирования, гамма и бета радионуклиды.

K. S. Ryabova, I. M. Pochiskaya, O. V. Sholohova, E. G. Avdiuk*RUE “Scientific and Practical Center for Foodstuffs of the National
Academy of Sciences of Belarus”, Minsk, Republic of Belarus***STUDYING THE SPECIFIC ACTIVITY OF CESIUM-137 AND
STRONTIUM-90 RADIONUCLIDES IN PLANT RAW MATERIALS IN THE
MANUFACTURE OF DECOTIONS**

Abstract. This paper presents the results of a study on the content of strontium-90 and cesium-137 in samples of wild-growing medicinal raw materials (Potentilla white) and a decoction from it. The content of radionuclides was monitored using an MKS-AT 1315 gamma-beta spectrometer by detecting gamma and beta radiation with scintillation detection units. Studies have revealed the transition of cesium-137 from the dry herb of Potentilla white to a decoction in an amount of not more than 40%. At the same time, strontium-90 practically does not migrate from dry grass into solution.

Key words: radioactive substances, radioactive decay, medicinal herbs, scintillation detection unit, gamma and beta radionuclides.

Введение. Радиоактивные вещества распадаются со строго определенной скоростью, измеряемой периодом полураспада, т.е. временем, в течение которого распадается половина всех атомов. Радиоактивный распад не может быть остановлен или ускорен каким-либо способом.

Самопроизвольный распад радиоактивных ядер сопровождается ионизирующим излучением. Каждый радионуклид распадается со своей скоростью. Таким образом, активность — это мера количественного радиоактивного вещества, выражаемая числом радиоактивных превращений в единицу времени.

Известно, что 2/3 общего состава ткани человека составляют вода и углерод; вода под воздействием излучения расщепляется на водород H и гидроксильную группу OH, которые либо непосредственно, либо через цепь вторичных превращений образуют продукты с высокой химической активностью: гидратный оксид HO_2 и перекись водорода H_2O_2 . Эти соединения взаимодействуют с молекулами органического вещества ткани, окисляя и разрушая ее. Любой вид ионизирующих излучений вызывает биологические изменения в организме,

как при внешнем, так и при внутреннем облучении. Индуцированные свободными радикалами химические реакции развиваются с большим выходом и вовлекают в этот процесс многие сотни молекул, не затронутых излучением. В этом состоит специфика действия ионизирующего излучения на биологические объекты, заключающаяся в том, что производимый им эффект обусловлен не столько поглощенной энергией в облучаемом объекте, сколько той формой, в которой эта энергия передается [1, 2].

Исследования, проводимые в настоящее время, подтверждают накопление радионуклидов фитомассой различных видов лекарственных растений. При этом дикорастущие лекарственные растения активно используются населением, особенно в сельской местности [1, 2].

Актуальность исследования заключается в необходимости изучения содержания радионуклидов в лекарственном сырье и предотвращении использования загрязненного сырья в народной медицине и хозяйственных нуждах человека, т.к. ионизирующее излучение вызывает в живом организме цепочку обратимых и необратимых изменений, которые приводят к биологическим последствиям, зависящим от воздействия и условий облучения. При этом действие ионизирующих излучений на организм неощутимы человеком, суммирование доз происходит скрыто, что в случае систематического попадания радиоактивных веществ неизбежно приведет к лучевым заболеваниям.

Цель исследований заключается в изучении миграции радионуклидов из сухого лекарственного сырья в отвар, который применяется в народной медицине.

Материалы и методы исследований. В качестве объекта испытаний выступила лапчатка белая (растительная часть). Лапчатка белая применяется в «народной медицине» в качестве лекарственного средства для нормализации функции щитовидной железы, используются для профилактики болезней щитовидной железы, таких как тиреотоксикоз, гипертиреоз, гиперплазия, гипотериоз. По литературным данным лапчатка белая содержит значительное количество йода, что и позволяет ее использовать при нарушениях в функционировании щитовидной железы. К фармакологическим свойствам лапчатки относят вяжущий, кровоостанавливающий, противовоспалительный, бактерицидный, иммуностимулирующий, противосудорожный, мочегонный. Наружно отвар травы используют для полосканий при зубной боли, воспалительных процессах полости рта и глотки, воспалительных процессах кожи, язвах и кровоточащих ранах.

Образец, для проведения исследования, получен в рамках проведения межлабораторных сличительных испытаний в соответствии с требованиями ГОСТ ISO/IEC 17043-2013.

Для приготовления отвара отобрано от общей пробы массой 1000 г навеска 50 г и добавлено деионизованной воды 1000 г (соответствует требованиям ГОСТ 6709 и ГОСТ ISO 3696-2013). Смесь кипятилась 5 минут и выдерживалась 1,5 часа. Затем надосадочная жидкость сливалась, а заварка отжималась до прекращения выделения влаги. При приготовлении раствора руководствовались инструкцией по применению лапчатки белой.

При определении содержания сухих веществ в образцах руководствовались ГОСТ 24027.2-80. Пробы высушивали при температуре 100-105°C в течение 2 часов, до разницы между результатами 0,0005 г.

Определение удельной активности цезия-137 и стронция-90 осуществлялось по МВИ. МН.1181-2011 на гамма-бета спектрометре МКС-АТ 1315 (зав. №5153). Измерение удельной активности радионуклидов выполняли методом регистрации гамма- и бета-излучения сцинтилляционными блоками детектирования. Для регистрации гамма-излучения применялся блок детектирования на основе сцинтилляционного кристалла NaI, а для регистрации бета-излучения использовался органический сцинтиллятор на основе полистирола, активированного паратерфинилом. Необходимо отметить, что йодистый натрий, активизированный таллием, в настоящее время является лучшим сцинтиллятором для регистрации γ -излучения, что объясняется большой плотностью и высоким средним атомным номером NaI (TI). Также зависимость интенсивности сцинтилляций от энергии для β -частиц и γ -излучений линейна, что также способствует широкому применению в спектрометрии. Паратерфинил по своим свойствам близок к транстильбену. Кристаллы этой серии имеют самое короткое время высвечивания, что позволяет их широко применять для счета сцинтилляций при большой интенсивности ионизирующего излучения. При этом максимальная интенсивность световой вспышки имеет место при облучении частицами с минимальной ионизирующей способностью, например быстрыми электронами. При увеличении ионизирующей способности частиц конверсионная эффективность резко падает. Предположительно, зависимость конверсионной эффективности от природы и энергий частиц обусловлено образованием поврежденных молекул в ионной колонне, вследствие чего часть фотонов тушится. Вероятность тушения пропорциональна плотности ионизации. Для быстрых электронов плотность ионизации невелика и тушение пренебрежимо мало, поэтому интенсивность вспышки про-

порциональна величине поглощенной энергии. Для размещения проб применялись измерительные сосуды 1 дм³ (Маринелли) и 0,5 дм³. Измерения выполнялись специалистами, знакомыми с основами спектрометрии и радиометрии, прошедшими внешнее обучение по направлению проводимых исследований. Условия измерения соответствовали требованиям МВИ.МН 1181-2011. Внешний фон гамма-излучения измерялся дозиметром-радиометром МКС-АТ 6130А (зав. №15261) и составил менее 0,1 мкЗв/ч. Принцип действия дозиметра-радиометра основан на измерении интенсивности импульсов, генерируемых в газоразрядном счетчике Гейгера-Мюллера под воздействием рентгеновского, гамма- и бета-излучения. Измерения фоновых характеристик проводилось для каждого сосуда, заполненного деионизованной водой для учета эффекта экранирования излучения самой пробой, за время измерения не менее 10800 с. Т.к. в рамках данного исследования необходимо определить активность радионуклидов в пробе с плотностью менее 0,3 г/см³, также измерения фоновых характеристик провели и без сосуда, время измерения составило 10800 с. Измерения удельной активности радионуклидов выполняли путем экспозиции исследуемой пробы в блок защиты гамма-бета спектрометра МКС-АТ 1315 [3–12].

Результаты исследований и их обсуждение. Аккумуляция цезия-137 и стронция-90 в образцах сухой травы, отвара и заварки травы приведена в табл. 1.

Таблица 1. Удельная активность цезия-137 и стронция-90 в образцах, представленных на испытания

Table 1. Specific activity of cesium-137 and strontium-90 in samples submitted for testing

Наименование исследуемого образца	Масса навески, г	Удельная активность цезия-137*, Бк/кг	Удельная активность стронция-90*, Бк/кг
Высушенная трава лапчатки белой	219,70	556,3±114,9	176,4±36,5
Отвар травы лапчатки белой	1019,30	13,4±2,8	<10
Заварка травы лапчатки белой	474,70	47,8±10,0	37,9±9,5

* Среднее значение между 5 параллельными измерениями

Как видно из данных, представленных в табл. 1, содержание цезия-137 превышает в 1,5 раза установленную концентрация в 370 Бк/кг в Гигиеническом нормативе 2.6.1.8-10-2004 «Республиканский допустимый уровень содержания цезия-137 в лекарственно-техническом сырье (РДУ/ЛТС-2004)». В данном документе не установлены требования по допустимому уровню содержания стронция-90. Приведенные данные показывают, что в отвар травы лапчатки белой не переходит изотоп стронция-90, возможно он находится в количествах, которые используемое оборудование не позволяет достоверно определить. Относительно цезия-137 вывод о безопасности данного раствора сделать невозможно, однако можно утверждать, что содержание цезия-137 в нем находится в диапазоне от 10,6 до 16,2 Бк/кг. При этом остается высокая концентрация стронция-90 и цезия-137 в заварке травы 37,9 Бк/кг и 47,8 Бк/кг соответственно.

Для более полного понимания, как происходит миграция радионуклидов из сухой травы в отвар определены сухие вещества в отваре и заварке травы. Результаты приведены в табл. 2.

Таблица 2. Результаты испытаний по определению цезия-137 в пересчете на сухое вещество

Table 2. Test results for the determination of caesium-137 in terms of dry matter

Наименование исследуемого образца	Удельная активность цезия-137, Бк/кг, в пересчете на сухое вещество
Высушенная трава лапчатки белой (содержание сухих веществ 91,6%)	607,3
Отвар травы лапчатки белой (содержание сухих веществ 1,3%)	239,6*
Заварка травы лапчатки белой (содержание сухих веществ 13%)	367,7

* значение получено путем вычитания результата измерений в заварке от активности цезия-137 в высушенной траве (использовались результаты пересчета на сухое вещество)

Результаты, представленные в табл. 2, показывают, что 60,6% радионуклида цезия-137 остается в травяной части, и только 39,4% переходит в раствор. Можно утверждать, что при

содержании цезия-137 в пределах до 370 Бк/кг в сухой лекарственной траве лапчатка белая, установленных в РДУ/ЛТС-2004, отвар, применяемый в народной медицине, будет безопасен для употребления.

Данные удельной активности стронция-90 в исследуемых образцах с учетом пересчета на сухое вещество приведены в табл. 3.

Таблица 3. Результаты испытаний по определению стронция-90 в пересчете на сухое вещество
Table 3. Test results for the determination of strontium-90 in terms of dry matter

Наименование исследуемого образца	Удельная активность стронция-90, Бк/кг	
	Диапазон содержания без учета сухих веществ	Диапазон содержания в пересчете на сухое вещество
Высушенная трава лапчатки белой (содержание сухих веществ 91,6%)	139,9-212,9	152,7-232,4
Отвар травы лапчатки белой (содержание сухих веществ 1,3%)	<10	-
Заварка травы лапчатки белой (содержание сухих веществ 13%)	28,4-47,4	218,5-364,6

Данные таблицы 3 показывают, что в отвар травы лапчатки белой радионуклид стронций-90 не переходит и в полном объеме остается в заварке травы. Необходимо отметить, что получение достоверной информации при расшифровке бета-спектров сложная задача в прикладной спектрометрии ионизирующих излучений. Это связано с идентификацией непрерывных спектров бета-излучений, которые возникают в связи с одновременной регистрацией рентгеновского, гамма-излучений и комптоновских электронов. Также имеет место эффект обратного рассеивания электронов. Для снижения побочных явлений и уменьшения искажения бета-спектра применяются аппаратные способы. В используемом гамма-бета спектрометре для обработки спектров используется метод максимального правдоподобия. Метод специфичен к радионуклидному составу проб и используется в предположении наличия в пробе искомым радионуклидов.

Заключение. Таким образом, проведенные исследования показывают переход цезия-137 из сухой травы лапчатки белой в отвар в количестве 39,4%. При этом в случае безопасного содержания данного радионуклида в сухой траве, отвар, применяемый в народной медицине, также можно считать безопасным. Относительно стронция-90, то миграция данного радионуклида из сухой травы в раствор не определяется. Возможно, удельная активность стронция-90 в отваре находится в концентрациях, которые невозможно определить на используемом оборудовании. Однако, как показывают полученные результаты, стронций-90 полностью сохраняется в заварке травы лапчатки белой. Данную заварку нельзя использовать как лекарственное средство или добавлять в корм животным. Полученные результаты, можно объяснить свойствами радионуклидов цезия-137 и стронция-90, которые в живой клетке ведут себя подобно калию и кальцию соответственно.

Список использованных источников

1. Ярмоненко, С. П. Радиобиология человека и животных / С.П. Ярмоненко. — М.: Высшая школа, 1988. — 549 с.
2. Гордейко, В. А. Радиация вокруг нас / В. А. Гордейко. — Брест: Академия, 2004. — 138 С.
3. Макаров, В. И. Блоки детектирования ионизирующих излучений / В. И. Макаров; под ред. Е. А. Левандовского. — М.: Атомиздат, 1972. — 72 с.
4. Медведев, М. Н. Сцинтилляционные детекторы / М. Н. Медведев. — Москва: Атомиздат, 1977. — 136 с.
5. Радиометрия и дозиметрия : курс лекций. В 3 ч. Ч. 2. Сцинтилляционные, полупроводниковые и трековые детекторы / Т. В. Сачивко, Ю. В. Азаренко. — Горки : БГСХА, 2018. — 89 с.
6. Мухин, К. Н. Экспериментальная ядерная физика : в 2 т. / К. Н. Мухин. М., 1993. — Т. 1. — 408 с.
7. Абрамов, А. И. Основы экспериментальных методов ядерной физики / А. И. Абрамов, Ю. А. Казанский, Е. С. Матусевич. — М., 1990. — 370 с.
8. Полупроводниковые детекторы в экспериментальной физике / Ю. К. Акимов [и др.]. — М.: Мир, 1989. — 216 с.
9. Ефремов, И. В. Методы регистрации и расчет защиты от ионизирующих излучений: методические указания / И. В.Ефремов, Е. Л. Горшенина, В. А. Солопова;— Оренбург : Оренбургский гос. ун-т, 2013. — 78 с.

10. Дубоделова, Е. В. Радиохимия : пособие для студентов специальности 1-54 01 03 «Физико-химические методы и приборы контроля качества продукции» / Е. В. Дубоделова, С. С. Ветохин. — Минск : БГТУ, 2014. — 202 с.
11. Кужир, П. Г. Прикладная ядерная физика / П. Г. Кужир. — Минск: Технопринт, 2004. — 113 с.
12. Пикаев, А. К. Современная радиохимия: основные положения: экспериментальная техника и методы / А. К. Пикаев. — М.: Наука, 1985. — 375 с.

Информация об авторах

Рябова Кристина Святославна, кандидат технических наук, начальник Республиканского контрольно-испытательного комплекса по качеству и безопасности продуктов питания РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию», (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: ryabova.ks@gmail.com

Почицкая Ирина Михайловна, доктор технических наук, ведущий научный сотрудник — руководитель научно-исследовательской группы Республиканского контрольно-испытательного комплекса по качеству и безопасности продуктов питания РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: pochitskaja@yandex.ru

Шолохова Ольга Владимировна, руководитель группы радиологии лаборатории токсикологических исследований Республиканского контрольно-испытательного комплекса по качеству и безопасности продуктов питания РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию», (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: info@belproduct.com

Авдюк Евгения Григорьевна, заведующий лабораторией токсикологических исследований Республиканского контрольно-испытательного комплекса по качеству и безопасности продуктов питания РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию», (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: info@belproduct.com

Information about authors

Ryabova Kristina Svyatoslavovna, PhD (Technical), Head of the Republican Control and Testing Complex for Food Quality and Safety of RUE “Scientific and Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus” (29 Kozlova str., 220037, Minsk, Belarus).

E-mail: ryabova.ks@gmail.com

Pochitskaya Irina Mikhailovna, Doctor of Technical Sciences, Leading Researcher — Head of the Research Group of the Republican Control and Testing Complex for the Quality and Safety of Food Products of RUE “Scientific and Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus” (29 Kozlova str., 220037, Minsk, Belarus).

E-mail: pochitskaja@yandex.ru

Sholokhova Olga Vladimirovna, Head of the Radiology Group of the Toxicological Research Laboratory of the Republican Control and Testing Complex for Food Quality and Safety of Food Products of RUE “Scientific and Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus” (29 Kozlova str., 220037, Minsk, Belarus).

E-mail: info@belproduct.com

Avdjuk Evgeniya Grigorievna, Head of the Laboratory of Toxicological Research of the Republican Control and Testing Complex for Food Quality and Safety of Food Products of RUE “Scientific and Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus” (29 Kozlova str., 220037, Minsk, Belarus).

E-mail: info@belproduct.com