

Оценка радиоактивного загрязнения лекарственных растений луговых экосистем поймы реки Сож спустя 30 лет после катастрофы на Чернобыльской атомной станции

Н.М. Дайнеко, С.Ф. Тимофеев

Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины Министерства образования Республики Беларусь, Гомель, Республика Беларусь

*Цель исследования — выполнить оценку радиоактивного загрязнения лекарственных растений хозяйственных типов луговых экосистем поймы реки Сож. Объектами исследований являлись лекарственные растения поймы реки Сож. В границах выделенных хозяйственных типов лугов проводили отбор почвенных и растительных проб для последующего проведения радиологических анализов. Определение содержания ^{137}Cs в почвенных и растительных образцах производили на гамма-спектрометрическом комплексе Tennelec. В каждом хозяйственном типе луга выделяли и анализировали 12 видов лекарственных растений. В почве крупноосокового типа луга удельная активность ^{137}Cs составила в 2015 г. 1600 Бк/кг, а в 2020 г. — 1380 Бк/кг. Радиологический анализ удельной активности ^{137}Cs в надземной фитомассе в 2015 г. и 2020 г. показал, что для всех образцов растительности данный показатель не превышал республиканский допустимый уровень содержания радионуклида в лекарственно-техническом сырье — 370 Бк/кг, за исключением чистеца болотного (*Stachys palustris*), для которого было обнаружено превышение допустимого уровня содержания ^{137}Cs в лекарственно-техническом сырье. В почве дернистошучкового типа луга удельная активность ^{137}Cs в 2015 г. была 1116 Бк/кг, а в 2020 г. — 970 Бк/кг. В растительных пробах не было выявлено превышения допустимого уровня по содержанию ^{137}Cs . В почве крупнозлакового типа луга удельная активность ^{137}Cs в 2015 г. составила 1380 Бк/кг, а в 2020 г. — 1150 Бк/кг. В 2015 г. и в 2020 г. в большинстве растительных проб содержание радионуклида соответствовало нормативам, только в надземной фитомассе лисохвоста лугового (*Alopecurus palustris*) в 2015 г. удельная активность ^{137}Cs на 155 Бк/кг превышала допустимый уровень. В почвенном покрове мелкозлакового типа луга удельная активность ^{137}Cs в 2015 г. составила 962 Бк/кг, а в 2020 г. — 704 Бк/кг. Как в 2015 г., так и в 2020 г. удельная активность ^{137}Cs во всех растительных образцах была ниже допустимого уровня. Сравнительный анализ удельной активности ^{137}Cs в лекарственных растениях изучаемых хозяйственных типов лугов показал, что в 2020 г. по сравнению с 2015 г. она уменьшилась в среднем в 1,3–1,4 раза. Наибольшая удельная активность ^{137}Cs в растительных пробах за годы наблюдений отмечалась на территории крупноосочникового типа луга, что в 4 раза больше, чем для растительности мелкозлакового луга. Уменьшение радиоактивного загрязнения лекарственных растений происходило по мере снижения плотности радиоактивного загрязнения почвы.*

Ключевые слова: ^{137}Cs , радиоактивное загрязнение, удельная активность, лекарственные растения, хозяйственные типы лугов, радиологический анализ.

Введение

Глобальная техногенная экологическая катастрофа XX в. — катастрофа на Чернобыльской АЭС — привела к радиоактивному загрязнению почти 30% территории Республики Беларусь. Основные площади радиоактивного загрязнения приходятся на ряд районов Гомельской области, приграничных с районами Брянской области [1].

Вопросу радиоактивного загрязнения лекарственных трав уделяется большое внимание: так, в работе [2] отмечается, что удельная активность ^{137}Cs в дикорастущих лекарственных растениях естественных лесных экосистем Украинского Полесья во многом зависит от типа

фитоценоза, условий обитания и плотности загрязнения территории.

Концентрация ^{137}Cs зависит от места сбора сырья и коррелирует с загрязнением почв этих регионов [3].

Исследования [4] показали, что растения черники продолжают содержать ^{137}Cs в течение продолжительного периода после первичного радиоактивного загрязнения. Массовые концентрации ^{137}Cs в исследованных плодах, стеблях и листьях не представляют опасности для здоровья человека и окружающей среды.

В работе [5] отмечается, что для оценки радиозологической ситуации на загрязненных территориях реко-

Дайнеко Николай Михайлович

Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины

Адрес для переписки: 246028, Республика Беларусь, Гомель, ул. Советская, д. 104; E-mail dajneko@gsu.by

мендуется определять концентрацию радионуклидов в сельскохозяйственных культурах.

Радиоактивное загрязнение лекарственных растений Гомельской области изучали [6].

В статье представлены результаты изучения радиоактивного загрязнения лекарственных растений луговых экосистем поймы реки Сож на территории Чечерского района спустя более чем 30 лет после катастрофы на Чернобыльской АЭС.

По ландшафтному районированию территория Чечерского района относится к подзоне подтаежных (смешаннолесных) ландшафтов, Предполесской провинции вторичных водно-ледниковых ландшафтов, Бобрыйско-Рогачевскому району вторичных и водно-ледниковых и вторично-маренных лесов с сосняками и широколиственно-еловыми лесами [7].

Согласно почвенно-географическому районированию [8], территория Чечерского района входит в состав Центральной (Белорусской) провинции, Восточного округа, Рогачевско-Славгородского-Климовичского района дерново-подзолистых, местами заболоченных почв, развивающихся на водно-ледниковых песчанисто-пылеватых и лесовидных (пылеватых) суглинках.

По геоботаническому районированию [9] территория Чечерского района относится к подзоне грабово-дубово-темнохвойных лесов, Березинско-Предполесскому геоботаническому округу, Чечерско-Преднепровскому геоботаническому району.

Цель исследования – дать оценку радиоактивного загрязнения лекарственных растений хозяйственных типов лугов поймы реки Сож Чечерского района спустя более 30 лет после катастрофы на Чернобыльской атомной электростанции.

Задачи исследования

1. Проанализировать видовое разнообразие лекарственных растений в изучаемых хозяйственных типах луговых экосистем поймы реки Сож.
2. Определить уровни радиоактивного загрязнения лекарственных растений и коэффициент накопления ^{137}Cs в зависимости от хозяйственных типов лугов.

Материалы и методы

Объектом исследований были лекарственные растения хозяйственных типов лугов поймы реки Сож Чечерского района Гомельской области.

Отбор растительных и почвенных проб для определения содержания ^{137}Cs в вегетационный период 2015 г. и 2020 г. проводили по общепринятым методикам [10–13]. Выделение хозяйственных типов лугов осуществляли согласно [14]. При определении видового состава лекарственных растений использовали определитель растений [15].

Определение содержания ^{137}Cs в почвенных пробах и растительных образцах производили на гамма-спектрометрическом комплексе Tennelec по МВИ. МН 3421-2010 «Методика выполнения измерений объемной и удельной активности гамма-излучающих радионуклидов на гамма-спектрометрах с полупроводниковыми детекторами» [«Technique for measuring the volumetric and specific activity of gamma-emitting radionuclides on gamma spectrometers with semiconductor detectors» (In Russ.)].

Оценку радиоактивного загрязнения растений и возможности их безопасного использования выявляли путем сопоставления полученных результатов с нормативным показателем Республиканского допустимого уровня содержания ^{137}Cs в лекарственно-техническом сырье (РДУ/ЛТС-2004) [Republican permissible level of cesium-137 content in medicinal and technical raw materials (In Russ.)], равным 370 Бк/кг.

Удельная активность – это содержание радионуклида в единице массы, Бк/кг; коэффициент накопления (КН) характеризует отношение содержания радионуклида в единице массы растения к содержанию радионуклида в единице массы почвы, Бк/кг: Бк/кг.

Результаты и обсуждение

Научно-исследовательские работы проводили на 4 хозяйственных типах лугов. Основой для описания типа луга является выделение ассоциации, союза, порядка, класса. Кроме того, были использованы такие показатели, как аспект, высота, состав травостоя, а также проективное покрытие. Все это позволило выделить и охарактеризовать изучаемые хозяйственные типы лугов:

1. Крупноостроосочниковые луга отнесены к одной ассоциации *Caricetum gracilis* Almquist (Almquist 1929) R.Tx.1937, союза *Caricion gracilis* (Neuhaust 1959) Bab.-Tul. 1963, порядка *Magnocaricetalia Piga*. 1953, класса *Phragmito-Magnocaricetea* Klika in Klika et Novak 1941. Аспект травостоя зеленый. Проективное покрытие 95%. Доминант травостоя осока острая. Высота травостоя 60 (130) см. В составе травостоя отмечены следующие виды:

Птармика обыкновенная (*Achillea ptarmica*), вейник седеющий (*Calamagrostis canescens*), калужница болотная (*Caltha palustris*), подмаренник болотный (*Galium palustre*), осока лисья (*Carex vulpina*), авран лекарственный (*Gratiola officinalis*), ситник черный (*Juncus atratus*), кадения сомнительная (*Kadenia dubia*), мята полевая (*Mentha arvensis*), горец земноводный (*Persicaria hydropiper*), незабудка болотная (*Myosotis palustris*), мятлик болотный (*Poa palustris*), лапчатка гусиная (*Potentilla anserina*), лютик жгучий (*Ranunculus flammula*), лютик ползучий (*Ranunculus repens*), поручейник широколистный (*Sium latifolium*), чистец болотный (*Stachys palustris*), окопник лекарственный (*Symphytum officinale*), вероника длиннолистная (*Veronica longifolia*), вероника щитковая (*Veronica scutellata*), горошек мышиный (*Vicia cracca*).

2. В состав лугов дернистощучкового типа входит ассоциация *Deschampsietum cespitosae*, где доминантом является *Deschampsia cespitosa*. Также в состав ассоциации могут входить виды: тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium*), василек луговой (*Centaurea jacea*), кадения сомнительная (*Kadenia dubia*), жгун-корень (*Cnidium dubium*), кукушкин цвет (*Coronaria flos-cuculi*), подмаренник болотный (*Gallium palustre*), мятлик луговой (*Poa pratensis*), черноголовка обыкновенная (*Prunella vulgaris*), лютик едкий (*Ranunculus acris*), лютик жгучий (*Ranunculus flammula*), щавель курчавый (*Rumex crispus*), лапчатка гусиная (*Potentilla anserina*), вероника длиннолистная (*Veronica longifolia*).

3. В крупнотравяной тип может входить ассоциация *Poa palustris-Alopecuretum pratensis* Shelyag, Sipajlova, Mirkin, Sheluag et V.Solomakha 1985, союз *Alopecurion pratensis* Passarge 1914, порядок *Molinietalia* W.Koch 126, класс *Molinio-Arrhenatheretea* R. Tx. 1937. Проективное по-

крытие 85%, высота 45 (80) см. Доминантом травостоя являются мятлик болотный и лисохвост луговой. В травостое отмечены следующие виды растений: лук угловатый (*Alium angulosum*), лисохвост луговой (*Alopecurus palustris*), бекмания обыкновенная (*Beckmannia eruciformis*), осока заячья (*Carex leporina*), осока лисья (*Carex vulpina*), болотница яйцевидная (*Eleocharis ovata*), авран лекарственный (*Gratiola officinalis*), девясил британский (*Inula britannica*), ситник черный (*Juncus atratus*), дербенник прутовидный (*Lythrum virgatum*), мята полевая (*Mentha arvensis*), незабудка болотная (*Myosotis palustris*), горец земноводный (*Polygonum hydropiper*), мятлик болотный (*Poo palustris*), птармика обыкновенная (*Ptarmica vulgaris*), лютик жгучий (*Ranunculus flammula*), звездчатка болотная (*Stellaria palustris*), вероника щитковая (*Veronica scutellata*).

4. К мелкозлаковому типу относится ассоциация *Poo angustifoliae-Festucetum valesiacae Sapegin et al.* 2009, союз *Agrostion vinealis Sipajlova et al.* 1985, порядок *Galietalia veri Mirk. Et Naum.* 1986, класс *Molinio-Arrhenatheretea R.Tx.* 1937. Аспект травостоя светло-коричневый. Проектное покрытие 85%, высота 40 (60) см. В составе травостоя отмечены следующие виды: полевика тонкая (*Agrostis tenuis*), тысячелистник обыкновенный (*Achillea millifolium*), полевика виноградниковая (*Agrostis vinealis*), костер мягкий (*Bromus mollis*), василек луговой (*Centaurea jacea*), ракичник русский (*Chamaecytisus ruthenicus*), гвоздика травянка (*Dianthus deltoides*), молочай прутевидный (*Euphorbia virgate*), овсяница красная (*Festuca rubra*), подмаренник настоящий (*Galium verum*), плевел многолетний (*Lolium perenne*), подорожник ланцетолистный (*Plantago lanceolata*), мятлик узко-

лиственный (*Poo angustifolia*), лапчатка серебристая (*Potentilla argentea*), щавель кислый (*Rumex acetosella*), очиток едкий (*Sedum acre*), дивала многолетняя (*Scleranthus perennis*), вероника колосистая (*Veronica spicata*).

В результате проведенных исследований установлены параметры видового разнообразия растений. На крупноостроосочниковом типе луга выделен 21 вид растений, на дернистошучковом – 12 видов, на крупнозлаковом и мелкозлаковом – по 18 видов растений.

Анализ видового состава показал доминирование растений из группы разнотравья. Растения этой группы от общего количества выделенных видов составляли по типам лугов 71,4; 91,7; 55,6 и 61,1% соответственно. Максимальное количество разнотравья выявлено на луге дернистошучкового типа, значительно меньшее – на луге крупнозлакового типа. По распространенности на второе место можно поставить лекарственные растения группы злаковых. Их количество составляло от 8 до 39%. Наибольшим разнообразием видов лекарственных растений отличается крупноостроосочниковый тип луга, наименьшим – луга мелкозлакового типа.

Анализ растительности крупноосокового типа луга в 2015 г. выявил, что в данных границах произрастало 12 видов лекарственных растений, относящихся к 11 родам и 8 семействам.

Удельная активность ^{137}Cs в почвах этого типа луга в 2015 г. составила 1600 Бк/кг. Для проведения анализа по величине удельной активности ^{137}Cs в наземной фитомассе лекарственных растения анализировали в порядке уменьшения параметра (табл.).

Аккумуляция ^{137}Cs лекарственными растениями пойменного луга реки Сож

Таблица

[Table

Accumulation of ^{137}Cs by medicinal plants of the floodplain meadow of the Sozh River]

Хозяйственный тип луга, вид растения [Economic type of meadow, plant species]	Удельная активность ¹³⁷ Cs в рас- тениях, Бк/кг [Activity concentration of ¹³⁷ Cs in plants, Bq/kg]		Коэффициент накопления, Бк/кг:Бк/кг [Accumulation factor, Bq/kg:Bq/kg]	
	2015 г. [2015 year]	2020 г. [2020 year]	2015 г. [2015 year]	2020 г. [2020 year]
	Объект 1. Крупноостроосочниковый тип луга [Object 1. Caricetum gracilis meadow]			
Чистец болотный – <i>Stachys palustris</i>	380±27	310±38	0,24	0,22
Авран лекарственный – <i>Gratiola officinalis</i>	370±26	300±36	0,23	0,21
Подмаренник болотный – <i>Galium palustre</i>	362±29	228±34	0,22	0,20
Горец перечный – <i>Persicaria hydropiper</i> ,	348±24	270±30	0,21	0,19
Поручейник широколистный – <i>Sium latifolium</i>	335±21	260±29	0,20	0,19
Лютик ползучий – <i>Ranunculus repens</i>	280±22	220±20	0,17	0,16
Лютик жгучий – <i>Ranunculus flammula</i>	265±18	200±22	0,16	0,14
Мята полевая – <i>Mentha arvensis</i>	240±19	180±20	0,15	0,12
Незабудка болотная – <i>Myosotis palustris</i>	212±15	150±19	0,13	0,10
Окопник лекарственный – <i>Symphytum officinale</i>	205±14	130±14	0,12	0,09
Птармика обыкновенная – <i>Ptarmica vulgaris</i>	184±13	130±13	0,11	0,07
Калужница болотная – <i>Caltha palustris</i>	171±14	80±10	0,10	0,05
Среднее значение [Mean]	279±20	205±24	0,17	0,15

Хозяйственный тип луга, вид растения [Economic type of meadow, plant species]	Удельная активность ^{137}Cs в растениях, Бк/кг [Activity concentration of ^{137}Cs in plants, Bq/kg]		Коэффициент накопления, Бк/кг:Бк/кг [Accumulation factor, Bq/kg:Bq/kg]	
	2015 г. [2015 year]	2020 г. [2020 year]	2015 г. [2015 year]	2020 г. [2020 year]
Объект 2. Дернистощучковый тип луга [Object 2. Deschampsietum cespitosae meadow]				
Тысячелистник обыкновенный – <i>Achillea millefolium</i>	365±29	290±34,8	0,31	0,29
Черноголовка обыкновенная – <i>Prunella vulgaris</i>	360±32	285±34	0,31	0,29
Лютик едкий – <i>Ranunculus acris</i>	330±23	270±32	0,28	0,27
Кадения сомнительная – <i>Cnidium dubium</i>	320±32	260±31	0,27	0,26
Горицвет кукушкин – <i>Coronaria flos-cuculi</i>	302±24	220±29	0,26	0,22
Вероника длиннолистная – <i>Veronica longifolia</i>	282±23	200±26	0,24	0,20
Мятлик луговой – <i>Poa pratensis</i>	254±23	180±20	0,21	0,18
Василек луговой – <i>Centaurea jacea</i>	210±17	130±14	0,18	0,13
Подмаренник болотный – <i>Gallium palustre</i>	184±13	100±10	0,15	0,10
Щавель курчавый – <i>Rumex crispus</i>	156±12	90±8	0,13	0,09
Лапчатка гусиная – <i>Potentilla anserina</i>	135±8	80±9	0,11	0,08
Лютик жгучий – <i>Ranunculus flammula</i>	110±10	70±6	0,09	0,07
Среднее значение [Mean]	251±17	181±21	0,21	0,18
Объект 3. Крупнозлаковый тип луга [Object 3. Poa palustris-Alopecuretum pratensis meadow]				
Листохвост луговой – <i>Alopecurus palustris</i>	385±42	300±39	0,27	0,26
Ситник черный – <i>Juncus atratus</i>	342±35	290±38	0,24	0,25
Авран лекарственный – <i>Gratiola officinalis</i>	315±28	260±34	0,23	0,22
Птармика обыкновенная – <i>Ptar mica vulgaris</i>	305±37	250±30	0,22	0,21
Лук угловатый – <i>Alium angulosum</i>	290±20	230±28	0,21	0,20
Мята полевая – <i>Mentha arvensis</i>	273±22	210±25	0,20	0,18
Звездчатка болотная – <i>Stellaria palustris</i>	260±23	200±24	0,19	0,17
Незабудка болотная – <i>Myosotis palustris</i>	250±18	180±20	0,18	0,16
Девясил британский – <i>Inula britannica</i>	190±17	140±16	0,13	0,12
Лютик жгучий – <i>Ranunculus flammula</i>	172±21	120±11	0,12	0,10
Дербенник прутьевидный – <i>Lythrum virgatum</i>	90±10	70±6	0,06	0,06
Горец перечный – <i>Polygonum hydropiper</i>	65±5	30±2	0,05	0,03
Среднее значение [Mean]	245±23	190±21	0,18	0,16
Объект 4. Мелкозлаковый тип луга [Object 4. Poa angustifoliae-Festucetum valesiacae meadow]				
Гвоздика травянка – <i>Dianthus deltoides</i> ,	150±11	110±12	0,15	0,14
Тысячелистник обыкновенный – <i>Achillea millifolium</i>	115±12	80±7	0,11	0,10
Вероника колосистая – <i>Veronica spicata</i>	105±7	70±6	0,10	0,09
Молочай лозный – <i>Euphorbia virgate</i>	95±9	60±5	0,09	0,08
Щавель малый – <i>Rumex acetosella</i>	87±7	50±4	0,09	0,07
Подорожник ланцетолистный – <i>Plantago lanceolata</i>	72±7	50±4	0,07	0,7
Подмаренник настоящий – <i>Galium verum</i>	65±6	40±3	0,06	0,05
Лапчатка серебристая – <i>Potentilla argentea</i>	64±7	40±3	0,06	0,05

Хозяйственный тип луга, вид растения [Economic type of meadow, plant species]	Удельная активность ^{137}Cs в растениях, Бк/кг [Activity concentration of ^{137}Cs in plants, Bq/kg]		Коэффициент накопления, Бк/кг:Бк/кг [Accumulation factor, Bq/kg:Bq/kg]	
	2015 г. [2015 year]	2020 г. [2020 year]	2015 г. [2015 year]	2020 г. [2020 year]
Очиток едкий – <i>Sedum acre</i>	60±5	40±3	0,06	0,05
Дивала многолетняя – <i>Sclerantus perennis</i>	55±4	30±2	0,05	0,04
Василек луговой – <i>Centaurea jacea</i>	50±5	30±2	0,05	0,04
Ракитник русский – <i>Chamarcytisus ruthenicus</i>	50±5	30±2	0,05	0,04
Среднее значение [Mean]	81±7	53±5	0,08	0,12

Анализ содержания ^{137}Cs в надземной фитомассе обследованных территорий позволил выделить две группы видов растений. Первая группа – это чистец болотный (*Stachyis palustris*), авран лекарственный (*Gratiola officinalis*), подмаренник болотный (*Galium palustre*) и горец перечный (*Persicaria hydropiper*). Удельная активность радионуклида для этих видов может превышать допустимые уровни РДУ/ЛТС-2004.

Для остальных видов удельная активность ^{137}Cs в надземной фитомассе соответствовала требованиям РДУ/ЛТС-2004. Минимальной способностью накапливать ^{137}Cs характеризовалась калужница болотная (*Caltha palustris*), коэффициент накопления радионуклида для которой в 2,4 раза меньше, чем для чистеца болотного (*Stachyis palustris*).

Проведенный радиологический анализ удельной активности ^{137}Cs в надземной фитомассе этих же лекарственных растений в 2020 г. показал, что для исследуемых видов произошло уменьшение удельной активности радионуклида в среднем на 60–90 Бк/кг в зависимости от вида растения по сравнению с 2015 г.

Для данного хозяйственного типа луга отмечается и видовая специфичность аккумуляций ^{137}Cs лекарственными растениями. Так, более высокая удельная активность радионуклида отмечалась у чистеца болотного (*Stachyis palustris*), аврана лекарственного (*Gratiola officinalis*), подмаренника болотного (*Galium palustre*), меньшая удельная активность зафиксирована у окопника лекарственного (*Symphytum officinale*), птармики обыкновенной (*Ptarmica vulgaris*), калужницы обыкновенной (*Caltha palustris*). Максимальная удельная активность ^{137}Cs , выявленная в пробах чистеца болотного (*Stachyis palustris*), оказалась выше в 3,9 раза по сравнению с удельной активностью данного радионуклида в пробах калужницы болотной (*Caltha palustris*), для которой наблюдалась минимальная удельная активность радионуклида в надземной фитомассе.

Анализ полученных коэффициентов накопления (КН) в исследованиях как 2015 г., так и 2020 г. показал биологические различия растений по способности аккумулировать радионуклид.

Следует отметить, что все изучаемые растительные образцы соответствовали требованиям РДУ/ЛТС-2004.

Удельная активность ^{137}Cs в почве уменьшилась в 2020 г. по сравнению с 2015 г. на 220 Бк/кг.

В растительности дернистошучкового типа луга в 2015 г. выделили и проанализировали 12 видов лекарственных растений, относящихся к 11 родам и 10 семействам (см. табл.).

Удельная активность ^{137}Cs в почве в 2015 г. составила 1160 Бк/кг. Наибольшая удельная активность радионуклида в надземной фитомассе отмечена для тысячелистника обыкновенного (*Achillea millefolium*), а наименьшая – для лютика жгучего (*Ranunculus flammula*), что в 3,3 раза меньше, чем для тысячелистника (см. табл.).

Также относительно высокой удельной активностью ^{137}Cs в фитомассе характеризовались черноголовка обыкновенная (*Prunella vulgaris*) и лютик едкий (*Ranunculus acris*). В растительности дернистошучкового типа луга в 2015 г. удельная активность радионуклида в надземной фитомассе лекарственных растений не превышала РДУ/ЛТС-2004.

Для оценки радиоактивного загрязнения надземной фитомассы дернистошучкового типа луга в 2020 г. произвели оценку содержания радионуклида также в 12 видах лекарственных растений (см. табл.). Удельная активность ^{137}Cs в почве составила 970 Бк/кг, по сравнению с 2015 г. она уменьшилась на 190 Бк/кг. Удельная активность ^{137}Cs в надземной фитомассе лекарственных растений уменьшилась в среднем на 40–84 Бк/кг.

Наибольшая удельная активность ^{137}Cs в надземной фитомассе, как и в 2015 г., зафиксирована для тысячелистника обыкновенного (*Achillea millefolium*), а минимальная – также для лютика жгучего (*Ranunculus flammula*), что в 3,2 раза меньше, чем для тысячелистника обыкновенного. Коэффициент накопления как в 2015 г., так и в 2020 г. отражал значительные различия по способности к аккумуляции радионуклида растениями. В 2020 г. удельная активность ^{137}Cs в надземной фитомассе для всех видов не превышала РДУ/ЛТС-2004.

В растительном покрове крупнозлакового типа луга в 2015 г. было отобрано и проанализировано 12 видов лекарственных растений, которые относились к 12 родам и семействам (см. табл.).

Удельная активность ^{137}Cs в почве составила 1380 Бк/кг. Наибольшая удельная активность ^{137}Cs в надземной фитомассе выявлена для лисохвоста лугового (*Alopecurus palustris*), а наименьшая – для горца перечного (*Polygonum hydropiper*), что в 5,9 раза меньше, чем для лисохвоста лугового (см. табл.).

Также высокая удельная активность радионуклида наблюдалась для фитомассы ситника черного (*Juncus atratus*) и аврана лекарственного (*Gratiola officinalis*). Среди 12 анализируемых видов растений только у лисохвоста лугового удельная активность ^{137}Cs в надземной фитомассе на 155 Бк/кг превышала РДУ/ЛТС-2004, для остальных видов не выявлено превышения РДУ/ЛТС-2004.

В 2020 г. было проведено повторное радиологическое исследование 12 лекарственных растений крупнозлакового типа луга (см. табл.). Удельная активность ^{137}Cs в почве в 2020 г. была 1150 Бк/кг, что на 230 Бк/кг меньше, чем в 2015 г. Как и в 2015 г., наибольшая удельная активность ^{137}Cs отмечена для надземной фитомассы лисохвоста лугового (*Alopecurus palustris*), ситника черного (*Juncus atratus*), аврана лекарственного (*Gratiola officinalis*). Минимальная удельная активность радионуклида зафиксирована для фитомассы горца перечного (*Polygonum hydropiper*), что в 10 раз меньше, чем для лисохвоста лугового.

По сравнению с 2015 г. удельная активность ^{137}Cs в растениях в 2020 г. уменьшилась в среднем на 20–85 Бк/кг в зависимости от вида лекарственного растения. В 2020 г. удельная активность ^{137}Cs в фитомассе всех 12 видов лекарственных растений не превышала РДУ/ЛТС-2004. Коэффициенты накопления радионуклида, определенные в 2020 г., также отражали выявленные различия в способности аккумуляции радиоцезия растениями (см. табл.).

Аналогично предыдущим исследованиям, в 2015 г. было проведено определение содержания радиоцезия в надземной фитомассе в 12 видах растительного покрова мелкозлакового типа луга (см. табл.).

Удельная активность ^{137}Cs в почве данного типа луга в 2015 г. составила 962 Бк/кг. Наибольшая удельная активность радионуклида в надземной фитомассе отмечена для гвоздики травянки (*Dianthus deltoides*), а наименьшая – для ракитника русского (*Chamaecytisus ruthenicus*). Различия по данному параметру для них составили трехкратную величину. Для всех исследуемых проб не выявлено превышения РДУ/ЛТС-2004 (см. табл.).

Результаты радиологического анализа в 2020 г. показали, что произошло уменьшение удельной активности ^{137}Cs в почве на 202 Бк/кг, по сравнению с 2015 г., а в надземной фитомассе в среднем на 20–40 Бк/кг в зависимости от вида растений (см. табл.).

В 2020 г. для всех растений не наблюдалось превышения РДУ/ЛТС-2004.

Анализ величин коэффициентов накопления подтвердил наличие различий между растениями по способности аккумулировать ^{137}Cs .

Результаты исследований по оценке удельной активности ^{137}Cs в надземной фитомассе растений луговых экосистем в условиях 2015 г. показали, что наибольшие значения данного показателя характерны для крупнозлакового типа луга. Для растительности мелкозлакового типа луга значения анализируемого параметра значительно меньше. Различия в полученных значениях составили 3,5 раза.

Удельные активности ^{137}Cs в фитомассе дернисто-щучкового типа луга и в растительности крупнозлакового типа практически не отличались между собой.

Анализ средней удельной активности ^{137}Cs в фитомассе лекарственных растений в 2020 г. показал, что наибольшая удельная активность радионуклида также характерна для растительности крупнозлакового типа луга, а наименьшая, как и в 2015 г., отмечена для растительного покрова мелкозлакового типа луга (см. табл.).

Также незначительные различия выявлены для значений удельной активности ^{137}Cs в надземной фитомассе для дернисто-щучкового и крупнозлакового типов луга.

Заключение

Таким образом, радиологический анализ надземной фитомассы изучаемых лекарственных растений хозяйственных типов лугов показал, что в 2015 г. еще встречались виды растений (чистец болотный, лисохвост луговой), для которых удельная активность ^{137}Cs превышала РДУ/ЛТС-2004, тогда как в 2020 г. все лекарственные растения соответствовали допустимому уровню.

Установлено, что даже в условиях одного хозяйственного типа луга произрастают виды лекарственных растений с существенными различиями по содержанию ^{137}Cs .

Различия по удельной активности ^{137}Cs в анализируемых видах растений составляли до 5,9 раза.

Удельная активность ^{137}Cs в надземной фитомассе растений в 2020 г. по сравнению с 2015 г. для всех хозяйственных типов лугов уменьшилась в среднем на 20–90 Бк/кг.

Анализ коэффициентов накопления позволил выявить биологические особенности растений по способности аккумулировать радионуклид в фитомассе в зависимости от совокупности факторов. Проведенный анализ коэффициентов накопления радионуклида в растениях на видовом уровне и уровне семейства свидетельствует о том, что радиоактивное загрязнение фитомассы определяется не столько биологическими особенностями вида или семейства, а совокупностью факторов, которые формируют растительные ассоциации и, естественно, типы лугов.

Один и тот же вид растения в условиях различных типов луга может характеризоваться резкими отличиями по содержанию радионуклида.

Сравнительный анализ средней удельной активности ^{137}Cs в надземной фитомассе лекарственных растений показал, что в травостое изучаемых хозяйственных типов лугов наибольшая удельная активность радионуклида выявлена для крупнозлакового типа луга, которая в 4 раза больше, чем для мелкозлакового типа луга.

Литература

- Голиков Ю.Н., Дацкевич П.И., Долгов В.М. Радиоактивная загрязненность и радиационная обстановка ландшафтных комплексов Гомельской и Могилевской областей. Респ. науч.-практ. конф. по радиобиологии и радиоэкологии: тез. докл., Минск, 20–21 декабря 1990 г. Акад. наук БССР, Ин-т радиобиологии АН БССР. Минск, 1990. 55 с.
- Davydova A., Panasiuk A., Melnyk V., Davydova L. ^{137}Cs contaminations in wild-growing medicinal plants of Zhytomyr polissya forests: A 34 years after Chernobyl accident // Ukrainian Journal of Ecology. 2020. Vol. 10, No. 3. P. 208–215.
- Marek W., Wroczynski P. Measurement of the radioactivity of ^{137}Cs in materials of plant origin with potential radioactive contamination // Acta Polonicae Pharmaceutica – Drug research. 2014. Vol. 71, No. 6. P. 1114 – 1118.
- Benova K., Gasparenkova I., Dvorak P. Contamination of Slovak bilberry with radiocaesium, ^{137}Cs in select Slovak location // Folia veterinaria. 2021. No. 65. P. 112 – 115.

5. Pouriani R., Noori M., Madadi M. Radioactivity Concentration in Eight Medicinal and Edible Plant Species from Shazand, Iran // International Journal of Ecosystem. 2015. Vol. 5, No.1. P. 22 – 29.
6. Дайнеко Н.М., Тимофеев С.Ф. Радиоактивное загрязнение лекарственных растений некоторых районов Гомельской области, приграничных с территорией Брянской области России // Радиационная гигиена. 2009. Т. 2, № 9. С. 57 – 63.
7. Природа Белоруссии: Попул. Энцикл. / Ред. кол.: И.П. Шамякин (гл.ред.) и др. 2-е изд. Минск: БелСЭ, 1989. 328 с.
8. Почвы Белорусской ССР / Под ред. Г.Н. Кулаковской, П.П. Рогового, Н.И. Смеяна. Минск: Урожай, 1974. 328 с.
9. Юркевич И.Д., Гельтман В.С. Районирование лесной растительности БССР // Ботанический журнал. 1960. Т. 45, №8. С. 1132 – 1146.
10. Методика полевых геоботанических исследований. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1938. 215 с.
11. Программа и методика биогеоценологических исследований. М.: Наука, 1974. 404 с.
12. Радиоактивное загрязнение растительности Беларуси (в связи с аварией на Чернобыльской АЭС). Мн., 1995. 582 с.
13. Сапегин Л.М., Дайнеко Н.М. Хозяйственная типология пойменных лугов Белорусского Полесья // Изучение и сохранение пойменных лугов: материалы Международного совещания, Калуга, 26 – 28 июня 2013 года. Калуга: ООО «Ноосфера», 2013. С. 53 – 58.
14. Определитель высших растений Беларуси / Под ред. В.И. Парфенова. Минск: Дизайн ПРО, 1999. 472 с.
15. Крупномасштабное агрохимическое и радиологическое обследование почв сельскохозяйственных угодий Беларуси. Методические указания. Науч. ред. академик ААНРБ И.М. Богдевич. Мн.: Бел. изд. Тов-во «Хата», 2001. 60 с.

Поступила: 11.01.2022 г.

Дайнеко Николай Михайлович – кандидат биологических наук, доцент, заведующий кафедрой ботаники и физиологии растений Гомельского государственного университета имени Франциска Скорины Министерства образования Республики Беларусь. **Адрес для переписки:** 246028, Республика Беларусь, Гомель, ул. Советская, д. 104; E-mail: dajneko@gsu.by

Тимофеев Сергей Федорович – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры ботаники и физиологии Гомельского государственного университета имени Франциска Скорины Министерства образования Республики Беларусь, Гомель, Республика Беларусь

Для цитирования: Дайнеко Н.М., Тимофеев С.Ф. Оценка радиоактивного загрязнения лекарственных растений луговых экосистем поймы реки Сож спустя 30 лет после катастрофы на Чернобыльской атомной станции // Радиационная гигиена. 2022. Т. 15, № 1. С. 80-87. DOI: 10.21514/1998-426X-2022-15-1-80-87

Assessment of radioactive contamination of medicinal plants of meadow ecosystems of the Sozh River floodplain 30 years after the accident at the Chernobyl nuclear power plant

Nikolay M. Daineko, Sergey F. Timofeev

Francisk Skorina Gomel State University of the Ministry of Education of the Republic of Belarus, Gomel, Republic of Belarus

*The aim of the study is to assess the radioactive contamination of medicinal plants of economic types of meadow ecosystems of the Sozh River floodplain. The objects of the study were medicinal plants of the floodplain of the Sozh River. Soil samples and plant samples were taken for radiological analysis within the boundaries of the selected economic types of meadows. Determination of ^{137}Cs content in soil and plant samples was carried out on the Tennelec. Characteristics of the selected economic types of meadows. 12 species of medicinal plants were analyzed on each type of meadow. In the meadow large-sedimented type, the specific activity of soils in 2015 amounted to 1600 Bq/kg, and in 2020 – 1380 Bq/kg. Radiological analysis of the specific activity of aboveground phytomass in 2015 and 2020 showed that all plant samples did not exceed the republican permissible level of ^{137}Cs content in medicinal technical raw materials – 370 Bq/kg, with the exception of the pure *Stachys palustris* swamp, the permissible level of which was 10 Bq/kg higher. In the turf type of meadows, the specific activity of soils in 2015 was 116 Bq/kg, and in 2020 – 970 Bq/kg. In this type*

Nikolay M. Daineko

Francisk Skorina Gomel State University

Address for correspondence: 104 ul. Sovetskaya, Gomel, 246028, Republic of Belarus; E-mail: dajneko@gsu.by

of meadow, all plant samples did not exceed the permissible level of ^{137}Cs . In the meadow coarse-grained type, the specific activity of soils in 2015 was 1380 Bq/kg, and in 2020 – 1150 Bq/kg. In 2015 and in 2020 all plant samples corresponded to the permissible level of ^{137}Cs content, only in the meadow foxtail in 2015 the specific activity exceeded the permissible level by 155 Bq/kg. In the fine-grained type of meadows, the specific activity of soils in 2015 was 962 Bq/kg, and in 2020 – 704 Bq/kg. Both in 2015 and in 2020, the specific activity of all plant samples was below the permissible level. A comparative analysis of the specific activity of medicinal plants of the studied economic types of meadows shows that in 2020, compared to 2015, has decreased by an average of 1,3 – 1,4 times, the greatest specific activity of plant samples over the years of observation was observed in the meadow type with large leaves, which is 4 times more than in a fine-grained meadow. The decrease in radioactive contamination of medicinal plants occurred with a simultaneous decrease in the density of radioactive contamination of the soil.

Key words: ^{137}Cs , radioactive contamination, specific activity, medicinal plants, economic types of meadows, radiological analysis.

References

1. Golikov Yu.N., Datskevich P.I., Dolgov V.M. Radioactive contamination and radiation conditions of landscape complexes of the Gomel and Mogilev regions. Rep. scientific-practical conf. on radiobiology and radioecology: abstracts. reports, Minsk, December 20 – 21, 1990. Acad. Sciences of the BSSR, Institute of Radiobiology of the Academy of Sciences of the BSSR. Minsk; 1990. 55 p. (In Russian).
2. Davydova A., Panasjuk A., Melnyk V., Davydova L. ^{137}Cs contaminations in wild-growing medicinal plants of Zhytomyr polissya forests: A 34 years after Chernobyl accident. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020;10(3): 208 – 215.
3. Marek W., Wroczynski P. Measurement of the radioactivity of ^{137}Cs in materials of plant origin with potential radioactive contamination. *Acta Polonica Pharmaceutica – Drug research*. 2014;71(6): 1114 – 1118.
4. Benova K., Gasparenkova I., Dvorak P. Contamination of Slovak bilberry with radiocaesium, ^{137}Cs in select Slovak location. *Folia veterinaria*. 2021;65: 112 – 115.
5. Pouriani R., Noori M., Madadi M. Radioactivity Concentration in Eight Medicinal and Edible Plant Species from Shazand, Iran. *International Journal of Ecosystem*. 2015;5(1): 22 – 29.
6. Daineko N.M., Timofeev S.F. Radioactive contamination of medicinal plants in some areas of the Gomel region bordering the territory of the Bryansk region of Russia. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2009;2(9): 57 – 63. (In Russian).
7. The nature of Belarus: Popul. Encyclopedia. Ed. number: I.P. Shamyakin (chief editor) et al. 2nd ed. Minsk: BelSE; 1989. 328 p. (In Russian).
8. Soils of the Belarusian USSR. Ed. G.N., Kulakovskaya, P.P. Rogovoy, N.I. Laughing. Minsk: Harvest; 1974. 328 p. (In Russian).
9. Yurkevich I.D., Geltman V.S. Zoning of forest vegetation of the BSSR. *Botanicheskiy zhurnal = Botanic Journal*. 1960;45(8): 1132 – 1146. (In Russian).
10. Field geobotanical research technique. Moscow, Leningrad: Publishing house of the Academy of Sciences of the USSR; 1938. 215 p. (In Russian).
11. Program and methodology for biogeocenological research. Moscow: Nauka; 1974. 404 p. (In Russian).
12. Radioactive contamination of vegetation in Belarus (in connection with the accident at the Chernobyl nuclear power plant). Minsk; 1995. 582 p. (In Russian).
13. Sapegin L.M., Daineko N.M. Economic typology of floodplain meadows of the Belarusian Polesye. Study and conservation of floodplain meadows: materials of the international meeting, Kaluga, June 26 – 28, 2013. Kaluga: OOO Noosfera; 2013. P. 53 – 58. (In Russian).
14. Keys to higher plants of Belarus. Ed. V.I. Parfenova. Minsk: Design PRO; 1999. 472 p. (In Russian).
15. Large-scale agrochemical and radiological survey of agricultural soils in Belarus. Methodical instructions. Sci. Ed. Academician AANRB I.M. Bogdevich. Minsk: Bel. ed. Tov-in "Khata"; 2001. 60 p. (In Russian).

Received: January 11, 2022

For correspondence: Nikolay M. Daineko – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Botany and Plant Physiology of the Francisk Skorina Gomel State University of the Ministry of Education of the Republic of Belarus (104 ul. Sovetskaya, Gomel, 246028, Republic of Belarus; E-mail: dajneko@gsu.by)

Sergey F. Timofeev – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Botany and Physiology, Francisk Skorina Gomel State University of the Ministry of Education of the Republic of Belarus, Gomel, Republic of Belarus

For citation: Daineko N.M., Timofeev S.F. Assessment of radioactive contamination of medicinal plants of meadow ecosystems of the Sozh River floodplain 30 years after the accident at the Chernobyl nuclear power plant. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2022. Vol. 15, No. 1, P. 80-87. (In Russian). DOI: 10.21514/1998-426X-2022-15-1-80-87