

ДИНАМИКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ ^{137}Cs ЧЕРНОБЫЛЬСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Булко Н.И.¹, Толкачева Н.В.¹, Потапенко А.М.¹, Козлов А.К.¹,
Машков И.А.¹, Митин Н.В.², Шабалева М.А.³,
Серенкова В.А.¹, Бутьковец В.В.¹

¹ГНУ «Институт леса НАН Беларуси»

²УО «Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины»

³УО «Гомельский государственный медицинский университет»
(г. Гомель, Беларусь)

Приводятся результаты многолетних исследований накопления ^{137}Cs в ярусах растительности лесных экосистем. Показано, что при периодических определениях удельной активности ^{137}Cs в лесной растительности на одних и тех же объектах, изменение содержания радионуклида в растениях, составляющих ярусы фитоценоза, носит волнообразный (циклический) характер. К настоящему времени снижение уровня загрязнения ^{137}Cs растительности лесных экосистем обуславливается процессами радиоактивного распада.

Лесные экосистемы являются самыми сложными из всех природных комплексов для исследования поведения в них радионуклидов, что обусловлено сложной ценотической (ярусной) структурой фитоценозов в них. Растения, составляющие ярусы растительности, часто имеют продолжительный период жизни, высокую пластичность и приспособляемость к различным условиям произрастания, что влияет на интенсивность накопления и перераспределения радионуклидов в их компонентах, а также между ярусами растительности.

Динамика накопления ^{137}Cs в основном древесном ярусе. Накопление радионуклида компонентами фитомассы деревьев определяется прежде всего видовыми особенностями породы и интенсивностью процессов перемещения и фиксации ^{137}Cs в подстильно-почвенном комплексе (ППК) в местах произрастания насаждения.

У всех древесных пород существенны различия в накоплении ^{137}Cs между физиологически активными органами (побеги однолетние, хвоя однолетняя и листва) и относительно инертными (древесина, кора). Рассматривая динамику поступления ^{137}Cs в древесные растения за 30-35-летний период необходимо отметить, что в сосновых насаждениях по сравнению с древесиной сосны содержание ^{137}Cs в коре в 1991 г. было выше, чем в древесине в 18 раз, в 2019 году – в 5,7 раз; содержание ^{137}Cs в побегах однолетних по сравнению с содержанием ^{137}Cs в древесине было выше в 1993 году в 25,0 раз, в 2014 году – в 16,6 раза; хвое однолетней соответственно в 1993 году – в 27,3 раза, в 2014 году – 18,5 раз.

В целом, содержание ^{137}Cs в коре наиболее низкое у деревьев березы, наиболее высокое – у деревьев осины и ольхи. Самые высокие коэффициенты перехода (КП) ^{137}Cs в компоненты фитомассы у осины, существенно ниже – у сосны и березы. Со снижением загрязненности почвы радионуклидом в процессе его распада снижается содержание ^{137}Cs в компонентах фитомассы деревьев. За последние 10 лет это снижение составило 14-20% (рисунок 1).

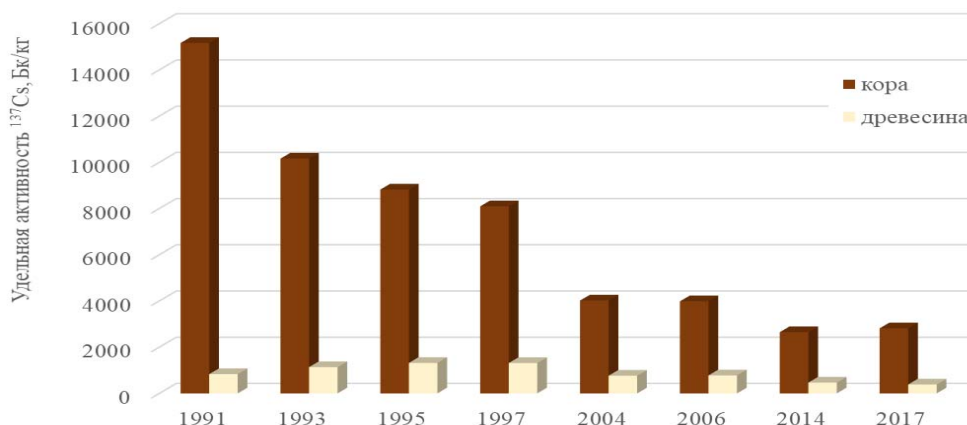


Рисунок 1 – Динамика содержания ^{137}Cs в древесине и коре сосны

По удельной активности ^{137}Cs в массово-значимом компоненте деревьев – древесине, основные лесобразующие породы ранжируются в ряд: сосна>ель>береза>осина>ольха черная. Вследствие особенностей дискретного загрязнения почвы радионуклидом, индивидуальной изменчивости физиологических процессов различия в накоплении ^{137}Cs (по удельной активности) деревьями одной породы в одном и том же насаждении достигают у сосны – 7,1 раза, ели – 4,3 раза, осины – 3,8 раз, ольхи черной – 3,7 раз, березы – 2,5 раза. В смешанных и сложных по составу насаждениях выявлены достоверные различия в накоплении ^{137}Cs древесными породами в сравнении с чистыми однопородными древостоями, обусловленные взаимодействием деревьев различных пород друг на друга.

К настоящему времени процесс накопления ^{137}Cs в коре и древесине деревьев приобрел характер квазиравновесного. Имеется высокая корреляционная связь между содержанием ^{137}Cs в коре и содержанием в древесине, например, для березы и ольхи черной $r=0,79$, для дуба и осины $r=0,91$, для сосны и ели $r=0,85-0,86$, что позволяет с вероятностью 89% и более достоверно определять загрязнение древесины ^{137}Cs по содержанию радионуклида в коре. Установленная зависимость позволила разработать и внедрить в производство методику экспресс-оценки содержания ^{137}Cs в древесине по содержанию его в коре. Процесс снижения содержания ^{137}Cs в компонентах фитомассы деревьев определяется с одной стороны распадом радионуклида, с другой – снижением доступности его из ППК вследствие климатически обусловленного падения уровня грунтовых вод.

Для монодоминантных ярусов подлеска из малины, боярышника, рябины, ирги характерно влияние типа леса на накопление радионуклида компонентами фитомассы в котором произрастает насаждение. При этом вектор накопления разнонаправленный: например, в сосняке мшистом за десятилетний период содержание ^{137}Cs в наиболее загрязненном компоненте малины – листьях – почти не изменилась, а в сосняках на мощных глубоких торфах увеличилось в 7 раз. Для подлеска из бересклета бородавчатого характерно постепенное снижение накопления ^{137}Cs и то, что из всех подлесочных пород он в наименьшей степени накапливает радионуклид.

Подлесочный ярус из крушины ломкой – наиболее распространен в лесных насаждениях на территориях радиоактивного загрязнения. Из компонентов фитомассы крушины наиболее загрязнена листва, менее – древесина и побеги. До 1993 года наблюдался рост накопления ^{137}Cs в компонентах фитомассы крушины. В дальнейшем процесс поступления стабилизировался и в рамках волнообразного (циклического) характера накопления, содержание радионуклида в компонентах фитомассы практически не изменялось. Установлено, что накопление ^{137}Cs в крушине зависит от состава основного древесного яруса, типа почвы, типа лесорастительных условий. Так, в березняках мшистых по сравнению с сосняками мшистыми, содержание ^{137}Cs выше в 4,5-26 раз.

Важнейшими из растений кустарничкового яруса являются ягодные, в частности черника. Для нее характерны достоверные зависимости накопления ^{137}Cs в черничнике от влажности почвы. Черника наиболее часто измеряемый вид ягод. С течением времени содержание ^{137}Cs в ягодах всех видов ягодных кустарничков уменьшается с темпом снижения 10-25% за пятилетие. Установлена также зависимость между содержанием ^{137}Cs в зрелых ягодах черники и листьями черники за месяц до созревания ягод. На этой основе предложен и запатентован способ краткосрочного прогноза загрязнения ягод черники, позволяющий планировать объемы ее заготовки в зависимости от загрязненности. Динамика накопления ^{137}Cs в кустарничках характеризуется постепенным снижением загрязнения ягод на фоне волнообразного (циклического) характера процессов накопления радионуклида при практически незначительном снижении содержания радионуклида в других компонентах фитомассы.

Накопление ^{137}Cs в травяном ярусе. Ярус травяных растений характерен для ряда типов леса. Наиболее интенсивно как на автоморфных, так и на гидроморфных почвах накапливают ^{137}Cs папоротники. На втором месте по уровню накопления – пушица. На гидроморфных почвах все виды травяных растений накапливают ^{137}Cs на порядок больше, чем на автоморфных. В дубравах одни и те же виды травяных растений накапливают ^{137}Cs в 2 раза меньше, чем в сосняке и березняке мшистом. Не выявлено существенного снижения загрязнения ^{137}Cs с течением времени травяных растений.

Накопление ^{137}Cs в моховом ярусе. Моховый покров может доминировать в небольшом количестве типов леса – сосняке мшистом, ельнике зеленомошном, сосняках на верховых торфяниках. Как правило, на автоморфных

почвах ярусообразующими являлись мох Шребера, дикранум, на полугидроморфных – мох Шребера, дикранум, кукушкин лен. На гидроморфных почвах – сфагновые мхи. На автоморфных почвах в период 1991-2004 гг. шло интенсивное снижение содержания ^{137}Cs в моховом покрове, например, на стационаре «Петуховка» в 68 раз, а КП уменьшился в 17,6 раза.

Наиболее высокий уровень загрязнения – у зеленых мхов, более низкий – у мха Шребера. Сфагновые мхи занимают промежуточное положение. Уровень загрязнения мхов также зависит от типа почвы, на которой они произрастают. Так, в зеленых мхах на автоморфных почвах содержится в 6,5 раз меньше ^{137}Cs , чем на гидроморфных. Во мхе Шребера – в 7,6 раза. При этом, КП ^{137}Cs ниже в 13-14 раз. Также, как и в ППК, в других ярусах лесной экосистемы прослеживается циклический характер накопления ^{137}Cs во мхах с трендом постепенного снижения загрязненности.

Накопление ^{137}Cs плодовыми телами макромицетов. В загрязненных радионуклидами лесных экосистемах возможно выделение яруса макромицетов (шляпочных грибов). Среди факторов, определяющих накопление ^{137}Cs плодовыми телами грибов, выделяют физиологические процессы в системе мицелий-плодовое тело, видовые особенности грибов, трофность почвы, поверхностная активность ^{137}Cs , условия местопроизрастания, глубина расположения мицелия, время сбора, метеоусловия и другие. По интенсивности поглощения ^{137}Cs грибы делят на 3 группы: слабо-, средне- и сильнонакапливающие. При этом, плодовые тела одного вида грибов на одном объекте могут отличаться по уровню накопления радионуклида в 1,5-20 раз. В ближней зоне удельная активность ^{137}Cs в плодовых телах одного вида гриба на 1-2 порядка выше, чем в дальней. Установлена зависимость загрязнения грибов от состава смешанных сосново-березовых насаждений, от степени обводненности почв. Динамика наблюдений показала также наличие, как и для других ярусов растительности, волнообразного (циклического) изменения загрязнения грибов за период исследований). До 2010 года шел рост накопления ^{137}Cs в плодовых телах грибов, сменившийся затем постепенным снижением содержания радионуклида, прежде всего за счет радиоактивного распада. В связи с этим к сбору рекомендуются при плотности загрязнения до 2 Ки/км² грибы слабо- и средненакапливающей групп – опенок осенний, зонтик пестрый, белый гриб, подосиновик, лисичка, подберезовик – при обязательном дозиметрическом контроле.

Таким образом, в течение всего периода наблюдений физиологически активные компоненты фитомассы древесных растений отличались более высоким уровнем накопления, превышавшим накопление в древесине в 10-20 раз. Динамика удельной активности ^{137}Cs в компонентах фитомассы деревьев носит волнообразный характер при устойчивом с 2006 года и постепенном снижении КП ^{137}Cs . Вследствие конкурентных отношений подлеска и древесного яруса, по уровню накопления ^{137}Cs изученные подлесочные породы в условиях сосняка мшистого в дальней зоне составляют цепь: ирга–крушина–малина–свидина–лещина–рябина–боярышник–бересклет.

На гидроморфных почвах травяные растения накапливают ^{137}Cs на порядок больше, чем на автоморфных. Сильнее всего накапливают радионуклид папоротники и пушица. Существенного снижения загрязнения ^{137}Cs травяных растений за период наблюдений не произошло. Накопление ^{137}Cs кустарничками, в т.ч. черникой, зависит от влагообеспеченности почвы. В ягодных кустарничках содержание ^{137}Cs снижается с темпом 10-25% за пятилетие. Во мхах, как и во всех ярусах фитоценоза прослеживается циклический характер накопления радионуклида. До 2014 года шло интенсивное снижение загрязнения мохового покрова. На отдельных объектах КП ^{137}Cs снизился в 17,6 раз. Наиболее высокий уровень загрязнения радионуклидом имеют зеленые мхи.

С 2010 года наблюдается постепенное снижение загрязнения грибов. В ближней зоне загрязнение грибов на 1-2 порядка выше, чем в дальней. Сбор отдельных видов грибов возможен при плотности загрязнения до 2 Ки/км².

DYNAMICS OF VEGETATION POLLUTION OF FOREST ECOSYSTEMS WITH ^{137}CS OF CHERNOBYL ORIGIN

*Bulko N.I., Tolkacheva N.V., Potapenko A.M., Kozlov A.K., Mashkov I.A., Mitin N.V.,
Shabaleva M.A., Serenkova V.A., Butkovets V.V.*

The results of long-term studies of ^{137}Cs accumulation in vegetation layers of forest ecosystems are presented. It is shown that with periodic determinations of the specific activity of ^{137}Cs in forest vegetation on the same objects, the change in the content of the radionuclide in the plants that make up the layers of the phytocenosis is wavy (cyclical). To date, the decrease in the level of ^{137}Cs pollution of the vegetation of forest ecosystems is caused by the processes radioactive decay processes.

