

В.Н. Сеглин, асп., мл. науч. сотр.;
Р.С. Куриленко, мл. науч. сотр.; Н.В. Шамаль, ст. науч. сотр.;
Р.А. Король, науч. сотр.; А.А. Дворник, канд. биол. наук, зав. лаб.
(Институт радиобиологии НАН Беларуси, г. Гомель)

ФОРМЫ НАХОЖДЕНИЯ ^{137}Cs В ТВЕРДЫХ ПРОДУКТАХ СГОРАНИЯ ЛЕСНЫХ ЛИШАЙНИКОВ БЛИЖНЕЙ ЗОНЫ ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС

При крупных лесных пожарах в атмосферу выбрасывается большое количество загрязняющих веществ в виде аэрозолей, сажи и пепла. На радиоактивно загрязненных территориях такие пожары приводят к образованию твердых продуктов сгорания лесных горючих материалов (зола, продукты неполного сгорания), которые увеличивают концентрацию радионуклидов на местах возгораний и усиливают их миграцию внутри экосистемы (миграция в почве, миграция в системе «почва – растение»). При этом формы нахождения радионуклидов в золе и продуктах неполного сгорания определяют биологическую доступность радионуклидов, интенсивность их поступления в растения.

Цель настоящей работы – исследование распределения ^{137}Cs и его физико-химических форм в твердых продуктах сгорания эпифитных и эпигейных видов лишайников сосновых и лиственных насаждений, расположенных на радиоактивно загрязненных территориях.

Образцы лишайников были собраны на территории Полесского государственного радиационно-экологического заповедника в сосновых и лиственных лесах при плотности загрязнения территории ^{137}Cs свыше 1480 кБк/м². Твердые продукты сгорания лишайников были получены в ходе серии контролируемых огневых экспериментов в лабораторных условиях. Кроме того, для лишайника рода *Cladonia* получен образец естественного выгорания, собранный на постпирогенном участке на территории заповедника с плотностью загрязнения почвы ^{137}Cs более 11 МБк/м².

Определение форм нахождения ^{137}Cs в твердых продуктах сгорания лишайников проводили по методике последовательного четырехэтапного экстрагирования [1, 2]. Были получены следующие формы нахождения ^{137}Cs в твердых продуктах сгорания лишайников:

- 1) водорастворимая;
- 2) кислоторастворимая (связанная с карбонатами);
- 3) связанная с оксидами железа и марганца;
- 4) связанная с органическим веществом;
- 5) остаточная (нерастворимый остаток).

При сжигании лишайников с загрязненными радионуклидами территорий за счет концентрирования в минеральной части продуктов сгорания содержание ^{137}Cs в зольных остатках существенно выше его содержания в исходном образце, вследствие чего образуется зола лишайников с высокой удельной активностью ^{137}Cs – более 10 кБк/кг и выше. Следует отметить, что привнесение такой золы на территории радиоактивного загрязнения может способствовать повышению плотности загрязнения почвы радионуклидами.

Анализ форм нахождения ^{137}Cs в твердых продуктах сгорания лишайников, полученных в ходе эксперимента (рисунок 1), показал, что 90–96 % радиоцезия здесь находится в формах, не способных вымываться атмосферными осадками. До 10 % общей активности ^{137}Cs находится в водорастворимой фракции. На долю кислоторастворимой (связанной с карбонатами) фракции, приходится от 5 до 13 % общей активности ^{137}Cs в зависимости от вида лишайника. От 12 до 25 % ^{137}Cs находится в золе лишайников в форме, связанной с оксидами железа и марганца. Значительная доля радионуклида в твердых продуктах сгорания связана с органическим веществом (около 20 %). Высокая доля ^{137}Cs (35–57 %) характерна для остаточной фракции (нерастворимый остаток после предыдущих этапов экстрагирования).

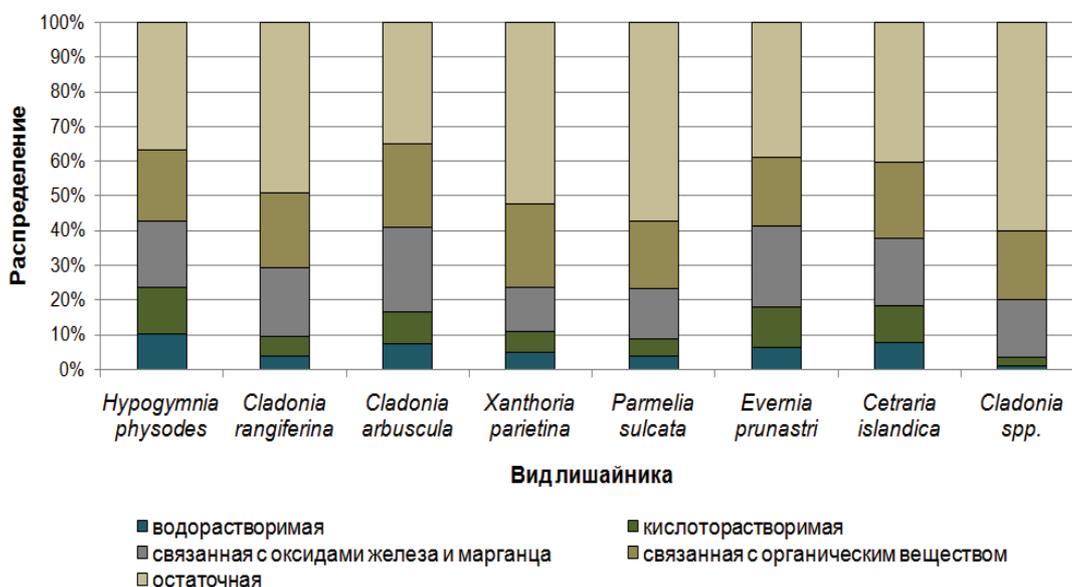


Рисунок 1 – Распределение ^{137}Cs в твердых продуктах сгорания лесных лишайников

Для эпифитного вида *Hypogymnia physodes* характерна наибольшая доля водо- и кислоторастворимой фракции ^{137}Cs (10 и 13 % соответственно). Вид *Cladonia arbuscula* характеризуется максимальным содержанием ^{137}Cs во фракции, связанной с оксидами железа и марганца (25 %), а также, вместе с видом *Xanthoria parietina*,

наибольшим содержанием радионуклида во фракции, связанной с органическим веществом (24 %). Наибольшая доля нерастворимого остатка характерна для вида *Parmelia sulcata* (57 %).

Биодоступность ^{137}Cs снижается с каждой последующей вытяжкой. Легкодоступные для растений фракции ^{137}Cs (водо- и кислоторастворимая) составляют от 9 до 24 % в зависимости от вида лишайника. Водорастворимая фракция содержит наиболее растворимые и биологически доступные свободные ионы, комплексные соединения и растворимые органические вещества, кислоторастворимая – элементы, содержащиеся в карбонатах в виде изоморфной примеси [3]. От 34 до 49 % активности ^{137}Cs находится в форме, малодоступной для растений (связанная с оксидами железа и марганца и с органическим веществом).

Распределение ^{137}Cs в твердых продуктах сгорания лишайника рода *Cladonia*, образовавшихся в результате лесного пожара, показало, что при естественном выгорании доля водорастворимой и формы, связанной с карбонатами, меньше в сравнении с лабораторным экспериментом. В водорастворимой фракции находится около 1 % активности ^{137}Cs . На долю кислоторастворимой фракции приходится 3 % общей активности ^{137}Cs . Около 17 % радиоцезия находится в форме, связанной с оксидами железа и марганца. Доля фракции ^{137}Cs , связанного с органическим веществом, составляет 20 %. Наибольшая часть ^{137}Cs (60 %) приходится на нерастворимый остаток. Таким образом, на долю легкодоступных для растений фракций приходится лишь до 4 % активности ^{137}Cs , 36 % – на долю фракций, условно доступных для растений. Более половины общей активности радиоцезия находится в биологически недоступной фиксированной форме.

Исследование выполнено при поддержке БРФФИ (грант Б20М-055).

ЛИТЕРАТУРА

1. Tessier A., Campbell P. G. C., Bisson M. Sequential extraction procedure for the speciation of particulate trace metals // *Anal. Chem.* 1979. Vol. 51. P. 844–851.
2. Chemical state analysis of heavy metals and radioactive cesium in municipal solid waste incineration fly ash contaminated with radioactive cesium released by the FDNPP accident / Yu. Koike [et al.] // *Anal. Sci.* 2011. Vol. 37. P. 1565–1570.
3. Изменение форм нахождения тяжелых металлов в почвенно-растительном покрове после лесного пожара / Щербов Б.Л. [и др.] // *Сибирский экологический журнал.* 2014. № 5. 789–801.