

ОСОБЕННОСТИ АККУМУЛЯЦИИ  $^{137}\text{Cs}$  ЛИШАЙНИКОМ *HYROGYMNIAPHYSODES L. (NYL.)* НА ТЕРРИТОРИИ ГЛХУ «ГОМЕЛЬСКИЙ ЛЕСХОЗ»<sup>1</sup>В. Н. Сеглин, <sup>2</sup>О. М. Храмченкова, <sup>1</sup>Е. Н. Алейников<sup>1</sup>*Институт радиобиологии НАН Беларуси, г. Гомель, Республика Беларусь, seglinv@mail.ru*  
<sup>2</sup>*Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины, г. Гомель, Республика Беларусь*

**Введение.** Для радионуклидов, поступающих на земную поверхность с атмосферными выпадениями, растительный покров является первым экраном, существенно задерживающим их миграцию по экологическим цепочкам и отдельным элементам ландшафта. Принимая на себя значительную долю выброшенных в атмосферу радиоактивных веществ, лес, в то же время, способен задерживать, перераспределять и аккумулировать радионуклиды, препятствуя их дальнейшему распространению [1–3]. Для лесных растений коэффициент первичного задерживания  $^{137}\text{Cs}$ , поступающего в составе глобальных выпадений, составляет от 20 до 90% [4; 5]. Лишайники при этом являются первичным и существенным звеном в перехватывании и поглощении радионуклидов аэральных выпадений [6]. Это объясняется тем, что у данных растений отсутствует кутикулярный слой и устьица, благодаря чему они способны поглощать загрязняющие вещества активнее других высших растений. Так, в США после испытаний атомного оружия в лишайнике умбиликария (*Umbilicaria mammulata* Ach.) был обнаружен радиоактивный цезий в количестве, губительном для высших растений. Поскольку лишайники не имеют специальных механизмов для экскреции и вымывание изотопов из талломов в связи с длительными периодами обезвоживания сильно заторможено, поглощенные ими радионуклиды будут накапливаться с течением времени и длительно удерживаться в слоевище [7].

Известно, что лишайники способны аккумулировать в своем слоевище элементы из окружающей среды в количествах, намного превосходящих их физиологические потребности. Накопление радионуклидов лишайниками широко изучалось М. Г. Нифонтовой и ее коллегами. Они установили, что лишайники накапливают радионуклидов примерно больше, чем травянистые растения на той же территории. При этом было отмечено, что наиболее активно аккумулируется данными организмами радиоцезий, в сравнении с другими радионуклидами, а в основе его накопления лежат физиолого-биохимические процессы, связанные с метаболической активностью талломов. Также стоит отметить, что в накоплении радионуклидов участвуют как грибной, так и водорослевый компоненты лишайника, однако преимущественная абсорбирующая роль принадлежит микобиоту, составляющему основу структурной организации слоевища [8].

Особый интерес представляет использование лишайников при определении уровней радиоактивного загрязнения территорий в результате аварийных ситуаций. Некоторые исследователи отмечают, что аккумуляция  $^{137}\text{Cs}$  в талломах лишайников коррелирует с уровнями аэральных выпадений. Сведения о распределении поглощенных радионуклидов в слоевищах лишайников достаточно противоречивы, поскольку на расположение  $^{137}\text{Cs}$  внутри таллома лишайника могут влиять форма выпадения радионуклидов, их количество, подвижность в окружающей среде, растворимость в воде. Помимо данных факторов, расположение радионуклидов в слоевище зависит и от жизненной формы и размера растений, а также их местообитания.

Целью данной работы является определение содержания  $^{137}\text{Cs}$  в талломах лишайника *Hyrogymniaphysodes*, произрастающих на территории ГЛХУ «Гомельский лесхоз».

**Материалы и методы.** Пробные площади закладывали на территории Государственного лесохозяйственного учреждения «Гомельский лесхоз» в Калининском, Макеевском, Долголесском, Приборском, Романовичском и Тереховском лесничествах. Отбор проб проводился в сухую погоду, с июля по октябрь. С экспозиции ствола сосны с максимальным проективным покрытием

лишайника на участке площадью 0,12 м<sup>2</sup> (30 × 40 см) на высоте 1,3 м срезали слоевища лишайников вместе с субстратом. В лабораторных условиях слоевища отделяли от корки, высушивали до воздушно-сухого состояния.

Активность <sup>137</sup>Cs в растительных образцах измеряли в соответствии с принятыми методическими рекомендациями с использованием гамма-спектрометра Ortec с полупроводниковым германиевым детектором GEM-40200-P. Относительная ошибка измерения удельной активности <sup>137</sup>Cs в пробах составляла не более 10% в зависимости от активности образца. Геометрия измерений: цилиндрический сосуд «дента» диаметром 7 см и высотой 3,2 см. Для характеристики уровня радиоактивности образцов растений использовали величину удельной активности (УА, Бк/кг) в расчете на сухую массу.

**Результаты исследования и их обсуждение.** По данным на 01.01.2018 г. в Гомельском лесхозе площадь загрязнения лесного фонда составляет 42,3 тыс. га (37,02% общей площади лесхоза). При этом территории более половины лесничеств (Приборское, Романовичское, Шабринское, Добрушское, Макеевское, Долголесское и Тереховское) относятся к радиоактивно загрязненным.

По результатам проведенного лабораторного анализа были получены данные удельной активности <sup>137</sup>Cs в исследуемых образцах растений, отобранных в сосновых лесах различных лесничеств Гомельского лесхоза (таблица).

**Диапазоны значений удельной активности <sup>137</sup>Cs в исследуемых образцах лишайников, отобранных в различных лесничествах ГЛХУ «Гомельский лесхоз»**

| Наименования лесничеств | Плотность загрязнения почвы <sup>137</sup> Cs, кБк/м <sup>2</sup> | Удельная активность <sup>137</sup> Cs, Бк/кг |       |               |
|-------------------------|---|--|-------|---------------|
|                         |   | min  | max   | средняя       |
| Калининское             | <37   | 284,1  | 1 277 | 477,6 ± 90,4  |
| Макеевское              | <37   | 290,8  | 1 312 | 759,1 ± 141,0 |
|                         | 37–74   | 302,6  | 1 044 | 542,6 ± 72,8  |
| Долголесское            | <37   | 217,2  | 1 472 | 774,7 ± 66,0  |
|                         | 37–74   | 425,9  | 488,9 | 457,4 ± 31,5  |
| Приборское              | <37   | 275,9  | 949,7 | 640,5 ± 127,1 |
|                         | 37–74   | 960,0  | 2 099 | 1 589 ± 188,9 |
| Романовичское           | 37–74   | 1 594  | 2 819 | 2 206 ± 230,5 |
|                         | 74–185  | 1 734  | 3 132 | 2 436 ± 282,7 |
| Тереховское             | 37–74   | 481,8  | 3 458 | 1 706 ± 168,6 |
|                         | 74–185  | 975,4  | 2 236 | 1 635 ± 165,0 |

Установлено, что содержание <sup>137</sup>Cs в лишайнике *Hypogymniaphysodes* в данных лесничествах изменяется в довольно широких пределах: от 217 до 3 459 Бк/кг сухой массы. При плотности загрязнения территории <sup>137</sup>Cs < 37 кБк/м<sup>2</sup> наибольшая средняя удельная активность данного радионуклида в лишайниках отмечена в Долголесском лесничестве, а при 37–74 кБк/м<sup>2</sup> и 74–185 кБк/м<sup>2</sup> – в Романовичском.

При сравнении аккумулирующей способности лишайника в сосняках орляковом, черничном, долгомошном и мшистом было отмечено, что менее всего <sup>137</sup>Cs накапливается в слоевищах лишайника, произрастающего в сосняке черничном. Данная тенденция наблюдается в пределах всех диапазонов плотности загрязнения почвы. Так, содержание данного радионуклида в исследуемых слоевищах, отобранных в сосняке черничном, в среднем составило 253, 697 и 1 393 Бк/кг при плотности загрязнения почвы < 37, 37–74 и 74–185 кБк/м<sup>2</sup> соответственно (рисунок 1).

При этом с увеличением плотности загрязнения почвы наблюдается возрастание аккумулирующей способности *Hypogymniaphysodes* в пределах одного типа леса в сосняках черничном, долгомошном и орляковом.

Схожим образом происходит изменение накопления <sup>137</sup>Cs в слоевищах лишайников, произрастающих в разновозрастных группах сосняков (рисунок 2).

Установлено, что в пределах молодых (21–40 лет), средневозрастных (41–80 лет), приспевающих (81–100 лет) и спелых (101–140 лет) классов сосновых лесов уровень плотности загрязнения почвы коррелирует со средней удельной активностью <sup>137</sup>Cs в образцах. В молодых сосняках содержание радионуклида в образцах изменяется в диапазоне 482–1 225 Бк/кг, в средневозрастных – в пределах 722–2 058 Бк/кг, в приспевающих данный показатель варьируется в пределах 844–2 566 Бк/кг, а в группе спелых сосняков – от 519 до 720 Бк/кг. Кроме того, лишайники, отобранные

в спелых сосняках при различной плотности загрязнения почвы, характеризуются наименьшей аккумуляющей способностью в сравнении с лесами других классов возрастов.

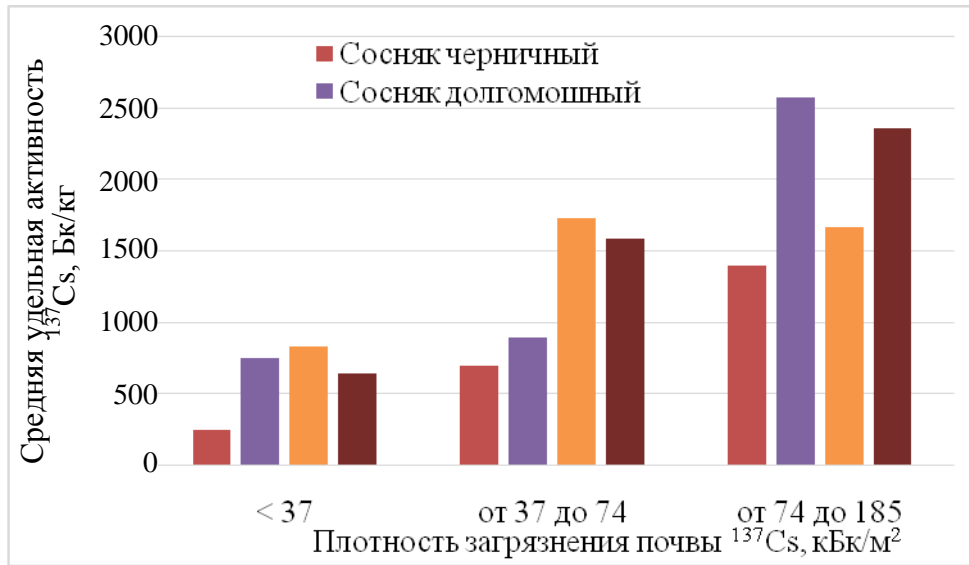


Рисунок 1 – Средняя удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  в образцах лишайников, произрастающих в различных типах сосняков при разной плотности радиоактивного загрязнения

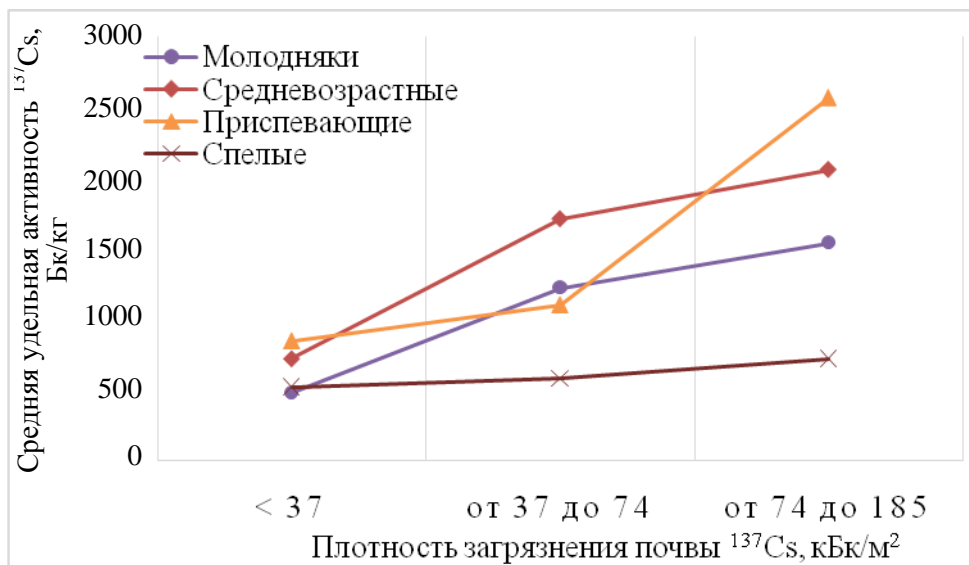


Рисунок 2 – Средняя удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  в образцах лишайников, произрастающих в лесах различных возрастов, при разной плотности радиоактивного загрязнения

**Заключение.** Содержание  $^{137}\text{Cs}$  в лишайнике *Hypogymniaphysodes* на территории ГЛХУ «Гомельский лесхоз» изменяется в довольно широких пределах: от 217 до 3459 Бк/кг сухой массы. Слоевища лишайника, произрастающего в сосняке черничном, накапливают наименьшее количество данного радионуклида. Кроме того, наименьшей аккумуляющей способностью характеризуются лишайники, отобранные в спелых сосняках (в сравнении с лесами других возрастов). При этом, в пределах одновозрастной группы сосняков наблюдается увеличение накопительной способности лишайника с возрастанием плотности загрязнения почвы.

### Литература

1. Ипатьев, В. А. Лес и Чернобыль / В. А. Ипатьев, И. М. Булавик, А. М. Дворник // Сб. науч. тр. / Ин-т леса НАН Беларуси. – Гомель, 1993. – Вып. 37: Проблемы лесоведения и лесоводства. – С. 34–43.

2. **Лес.** Человек. Чернобыль. Лесные экосистемы после аварии на Чернобыльской АЭС: состояние, прогноз, реакция населения, пути реабилитации / В. А. Ипатьев и др. ; под. ред. В. А. Ипатьева. – Гомель : Ин-т леса НАН Беларуси, 1999. – 454 с.

3. **Радиоэкологический** феномен лесных экосистем / В. А. Ипатьев и др. – Гомель : ИЛ НАН Беларуси, 2004. – 310 с.

4. **Молчанов, А. А.** Некоторые закономерности распределения радиоактивных продуктов деления, оседающих в составе глобальных выпадений, в составе лесной растительности / А. А. Молчанов, Е. А. Федоров, Р. М. Алексахин // Лесоведение. – 1968. – № 6. – С. 18–23.

5. **Куликов, Н. В.** Радиоэкология почвенно-растительного покрова / Н. В. Куликов, И. В. Молчанова, Е. Н. Караваева. – Свердловск, 1990. – 170 с.

6. **Лишайники** и мхи в радиоэкологическом мониторинге / М. Г. Нифонтова и др. // Инновационный потенциал естественных наук : труды международной научной конференции. – 2006. – Т. 2. – С. 239–242.

7. **Nash III, T. H.** Lichen biology / T. H. Nash III. – Cambridge University Press, 1999. – 486 p.

8. **Нифонтова, М. Г.** Лихено- и бриоиндикация радиоактивного загрязнения среды: автореф. дис. д-ра. биол. наук : 03.00.16 / М. Г. Нифонтова; Рос. акад. наук, Ин-т экологии растений и животных. – Пермь, 2003. – 50 с.