

## ОСОБЕННОСТИ АККУМУЛЯЦИИ РАДИОНУКЛИДОВ НАЗЕМНЫМИ МХАМИ НА ТЕРРИТОРИИ РАЗЛИЧНЫХ ПРИРОДНЫХ ЗОН РОССИИ

В.В. Гречкина, канд. биол. наук, доцент<sup>1</sup>, научный сотрудник<sup>2</sup>

С.В. Лебедев<sup>2</sup>, д-р биол. наук, ведущий научный сотрудник

Ю.К. Петруша<sup>1</sup>, студент

<sup>1</sup>Оренбургский государственный аграрный университет

<sup>2</sup>ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук»

(Россия, г. Оренбург)

DOI: 10.24411/2500-1000-2020-11330

*Исследования выполнены в соответствии с планом научно-исследовательских работ Федерального научного центра биологических систем и агротехнологий Российской академии наук (№0761-2019-0004).*

**Аннотация.** На основе проведенного анализа мхов получены результаты накопления радионуклидов естественного  $^{40}\text{K}$ ,  $^{90}\text{Y}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  и искусственного  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  происхождения в различных природных зонах России. Исследования позволили оценить радиационную обстановку и собрать научную информацию для прогнозирования возможных радиологических последствий попадания радиоактивных веществ в окружающую среду. Наиболее загрязнённой территорией по искусственным радионуклидам  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  оказались города Оренбург и Чита. Учитывая то, что мхи способны предохранять окружающую среду от накопления радионуклидов и являться индикаторами загрязнения, то благодаря мхам можно фиксировать экологическую чистоту разных районов страны.

**Ключевые слова:** радионуклиды, мхи, экосистема, профильная миграция, окружающая среда.

Моховидные – отдел высших растений, насчитывающий около 10 тысяч видов, объединённых примерно в 700 родов и 110-120 семейств. Как правило, это мелкие растения, длина которых лишь изредка превышает 50 мм. Мхи участвуют в создании особых биоценозов, особенно там, где почти сплошь покрывают почву (например, в тундре), играют большую роль в регулировании водного баланса ландшафтов, так как способны впитывать и удерживать большое количество воды, а также мхи могут ухудшать продуктивность сельскохозяйственных земель, способствуя их заболачиванию, но и предохранять почву от эрозии. Это далеко не все функции мхов и их значение очень велико [1, 2].

Моховой покров способен накапливать и удерживать радиоактивные вещества, что является важной особенностью. Так мхи способны предохранять окружающую среду от накопления радионуклидов и являться индикаторами загрязнения. Накоп-

ление радионуклидов зависит от видовых и географических особенностей мхов. В настоящее время интерес к загрязнению радиоактивными веществами вырос в связи с ростом общих показателей заболеваемости по России, увеличением числа онкологических больных, падением продолжительности жизни, всё это связывают с напряженной экологической обстановкой и высоким уровнем химического загрязнения. В том числе техногенными радиоизотопами [3]. Экологические последствия радиоактивного загрязнения почв заключается в миграции радионуклидов в биологический круговорот, которые попадают в организм человека депонируются в органах и тканях, вызывая радиоактивное внутреннее облучение [4, 5].

**Цель исследования:** определить естественные и искусственные радионуклиды во мхах различных природных зон России.

**Материалы и методы исследования.** Лабораторные исследования проводились

в ФГБОУ ВО «Оренбургский ГАУ» межкафедральная комплексная аналитическая лаборатория с использованием спектрометрического комплекса «Прогресс» предназначенным для измерения активности бета-, гамма- и альфа-излучающих нуклидов в счетных образцах спектрометрическим методом. Определяли радиоактивные вещества  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{222}\text{Rn}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ . Нормативы допустимых уровней содержания  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  используются в соответствии с Нормами радиационной безопасности (НРБ-99). СП 2.6.1.758-99. Санитарные правила и нормы-СанПиН 2.3.2.1078-99, СанПиН 2.3.2.1078-1 [6, 7].

Активность  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в счетных образцах измерялась по гамма-излучению дочернего р/н барий-137m на радиометри-

ческих установках на основе сцинтилляционных гамма-спектрометров в соответствии с методикой «Использование компьютеризованных гамма, бета-спектрометрических комплексов с программным обеспечением для испытаний проб на соответствие требованиям критериев радиационной безопасности» [8].

Мох отбирали в г. Оренбурге, Оренбургской области; Еревановский и Минусинский районы Красноярского края; г. Чита, Забайкальский край; г. Чебоксары, Чувашской республики. В каждой группе по 3 образца (рис. 1). Как правило, у мхов содержание радионуклидов увеличивается по длине побега сверху вниз, поэтому образцы исследовались целиком, для более точного результата.



Рис. 1. Образцы мхов

Статистический анализ выполняли с использованием методик ANOVA (программный пакет Statistica 10.0, «StatSoft Inc.», США) и Microsoft Excel. Уровень значимой разницы был установлен на  $p < 0,05$ .

**Результаты исследований.** Анализы мхов на содержание  $^{40}\text{K}$  показал, что больше всего его содержится в образце из Ермаковского района Красноярского края, а наименьшая концентрация составила в образце мха из Читы, что составляет 80,42% ( $p < 0,05$ ) и 22,26% ( $p < 0,05$ ) от предельно-допустимой концентрации.

Разница  $^{137}\text{Cs}$  между образцами из Читы и Красноярского края составила 5,02 Бк/кг.

Радионуклиды, подобно многим загрязняющим веществам постепенно концентрируются в пищевых цепях. В экологическом отношении наибольшую опасность представляют изотопы  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$ . Причиной формирования столь высокого содержания  $^{137}\text{Cs}$  в моховом покрове при малом периоде установления равновесия с окружающей средой может выступать способность мхов удерживать питательные вещества, транспортировать их в акропетальном направлении и повторно их использовать, что приводит к минимизации потерь элементов питания (рис. 2).

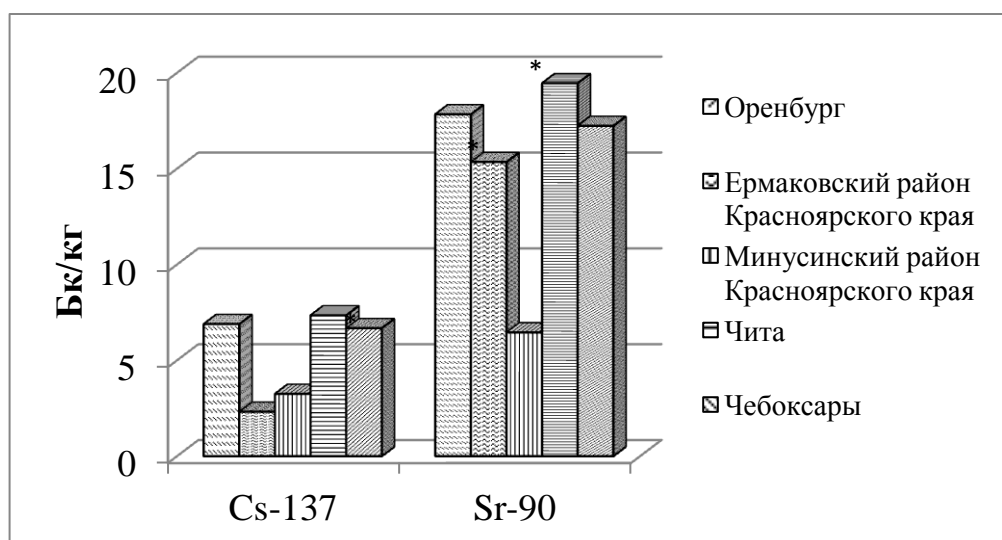


Рис. 2. Содержание радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в исследуемых образцах мхов, Бк/кг

Во всех исследуемых пробах мха содержание  $^{90}\text{Sr}$  распределилось образцы из Читы (19,45 Бк/кг) > Оренбурга (17,23 Бк/кг) > Чебоксар (15,83 Бк/кг) > Ермаковского района Красноярского края (15,34 Бк/кг) > Минусинского района Красноярского края (6,45 Бк/кг). Разница

между наибольшим и наименьшим содержанием  $^{90}\text{Sr}$  составляет 22,99 % ( $p < 0,05$ ).

В исследуемых пробах мха содержание  $^{232}\text{Th}$  является допустимым. Больше всего его содержится в образце из Чебоксар 91,17% ( $p < 0,05$ ), Оренбурга 65,15% от предельно допустимой концентрации соответственно (рис. 3).

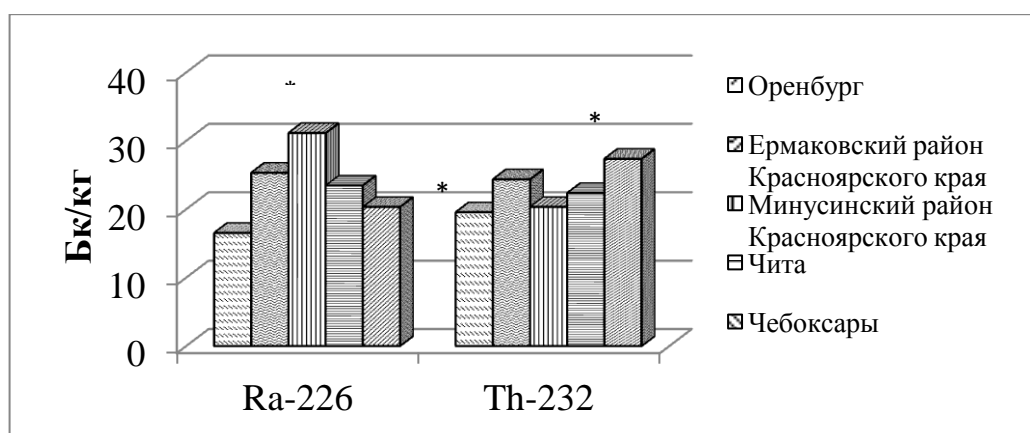


Рис. 3. Содержание радионуклидов  $^{226}\text{Ra}$  и  $^{232}\text{Th}$  в исследуемых образцах мхов, Бк/кг

Содержание  $^{226}\text{Ra}$  в образце из Минусинского района Красноярского края на 3,7% превышает показатель предельно допустимой концентрации, что может являться показателем ухудшения экологической обстановки в данном районе.

**Заключение.** Таким образом, проанализировав содержание радионуклидов в разных видах мха, можно сделать вывод, что они отражают скорость происходящих в природной среде изменений, указывают пути и локализацию различного рода за-

грязнений в экологических системах, возможные пути попадания этих агентов в пищу человека, позволяют судить о степени вредности тех или иных веществ для живой природы и человека. Учитывая то, что мхи способны предохранять окружающую среду от накопления радионуклидов и являться индикаторами загрязнения, то благодаря мхам можно фиксировать экологическую чистоту разных районов страны.

## Библиографический список

1. Орлов А.А., Краснов В.П., Иркиенко С.П. Геохимическая роль различных ярусов фитоценозов в биогенной миграции  $^{137}\text{Cs}$  в лесах // Тез. докл. 4 съезда по радиационным исследованиям. – М., 2001. – Т. 2. – С. 606.
2. Лебедев С.В., Гречкина В.В., Бикташева Ф.Х. Влияние радионуклидов и тяжелых металлов на систему «почва-вода-растения» в Оренбургской области / С.В. Лебедев, В.В. Гречкина, Ф.Х. Бикташева // Проблемы региональной экологии. – 2019. – №4. – С. 5-10.
3. Гречкина В.В. Оценка степени загрязнения почвы Оренбургской области радионуклидами  $\text{Sr}^{90}$  и  $\text{Cs}^{137}$  // Материалы международной научно-практической конференции «Нанотехнологии в сельском хозяйстве: перспективы и риски». – Оренбург, 2018. – С. 193-196.
4. Guillite O., De Brabant B., Gasia M.C. Use of mosses and lichens for the evaluation of the radioactive fallout, deposits and flows under forest-cover // Mem. Soc. Roy. bot. Belg. –1990. – Vol. 12. – P. 89-99.
5. Сизова Е.А. Влияние тяжёлых металлов на организм животных и окружающую среду обитания / Е.А. Сизова, С.В. Лебедев, С.А. Мирошников и др. // Вестник мясного скотоводства. Оренбург: ФГБ НУ Всероссийский научно-исследовательский институт мясного скотоводства. – 2014. –Т. 3. – № 86. – С. 7-11.
6. Гигиенические требования по ограничению облучения населения за счет природных источников ионизирующего излучения. Санитарно-эпидемиологические правила. СП. 2.6.1.1292 – 03. Москва: Минздрав России. – 2003. – 36 с.
7. Методика измерения активности радионуклидов в счетных образцах на сцинтилляционном гамма-спектрометре с использованием программного обеспечения «Прогресс». ГП «ВНИИФТРИ». – 1996 г.
8. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009): Гигиенические нормативы. – М.: Центр санитарно-эпидемиологического нормирования, гигиенической сертификации и экспертизы Минздрава России. – 2009. – 72 с.

## FEATURES OF ACCUMULATION OF RADIONUCLIDES BY GROUND MOSSES ON THE TERRITORY OF VARIOUS NATURAL ZONES OF RUSSIA

**V.V. Grechkina**, *Candidate of Biological Sciences, Associate Professor<sup>1</sup>, Researcher<sup>2</sup>*

**S.V. Lebedev<sup>2</sup>**, *Doctor of Biological Sciences, Leading Researcher*

**Yu.K. Petrusha<sup>1</sup>**, *Student*

<sup>1</sup>**Orenburg State Agrarian University**

<sup>2</sup>**Federal Research Center for Biological Systems and Agricultural Technologies of the Russian Academy of Sciences  
(Russia, Orenburg)**

**Abstract.** *Based on the analysis of mosses, the results of accumulation of radionuclides of natural  $^{40}\text{K}$ ,  $^{90}\text{Y}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  and artificial  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  origin in various natural zones of Russia were obtained. The research made it possible to assess the radiation situation and collect scientific information to predict the possible radiological consequences of radioactive substances entering the environment. The most polluted areas for artificial radionuclides  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  were the cities of Orenburg and Chita. Given that mosses are able to protect the environment from the accumulation of radionuclides and are indicators of pollution, thanks to mosses, it is possible to record the ecological purity of different regions of the country.*

**Keywords:** *radionuclides, mosses, ecosystem, profile migration, environment.*