

Булохов А. Д. Аккумуляция ^{137}Cs растениями луговых экосистем приграничных территорий Брянской, Гомельской и Черниговской областей / А. Д. Булохов, Н. А. Сквородникова, Н. М. Дайнеко, А. В. Лукаш, Н. Н. Панасенко, Ю. А. Семенищенков // Научный диалог. – 2014. – № 1 (25) : Естественные науки. – С. 5–13.

УДК 574.4:581.5:57.044

Аккумуляция ^{137}Cs растениями луговых экосистем приграничных территорий Брянской, Гомельской и Черниговской областей¹

А. Д. Булохов, Н. А. Сквородникова, Н. М. Дайнеко,
А. В. Лукаш, Н. Н. Панасенко, Ю. А. Семенищенков

В статье приведены данные по накоплению ^{137}Cs в растениях луговых экосистем радиационно-загрязненных районов Брянской, Гомельской и Черниговской областей. Исследования проводились в 2013 году в пределах ландшафтов речных долин рр. Ипуть, Десна, Снов, Днепр. Доказано, что луговые растения различных биологических видов, экологических групп, обитающие в сообществах различных синтаксонов, демонстрируют разную способность к аккумуляции радионуклидов. Высокая удельная активность ^{137}Cs отмечена для растений рода *Carex*. Низкой интенсивностью аккумуляции ^{137}Cs характеризуются растения асс. ***Festucetum arundinaceae***. Практическое значение исследований связывается с необходимостью решения проблемы производства чистых кормов для нужд животноводства. Выполняется сопоставительный анализ содержания радионуклида в сухой фитомассе на каждой из обследуемых территорий. Выяснено, что в Брянской области удельная активность радионуклида превышает контрольный уровень содержания

¹ Исследование выполнено при поддержке гранта РФФИ № 13-04-90350 РБУ а «Состояние и оценка техногенного загрязнения естественных и сеяных лугов, их рациональное использование и охрана на приграничных территориях Брянской (Россия), Гомельской (Республика Беларусь) и Черниговской (Украина) областей в постчернобыльский период».

радионуклида в сене для РФ (600 Бк/кг). В Гомельской области сено, заготавливаемое на пойменных лугах, отвечает допустимому в Беларуси уровню содержания ^{137}Cs в сене (1300 Бк/кг). Плотность загрязнения ^{137}Cs почв исследуемых сообществ в Черниговской области Украины низкая, и содержание радионуклида в сухой фитомассе не превышает допустимых уровней.

Ключевые слова: удельная активность ^{137}Cs ; аккумуляция ^{137}Cs ; коэффициент накопления; радионуклиды; синтаксономия; Брянская область; Гомельская область; Черниговская область.

Основу работы составляют материалы исследования луговых экосистем, проведенного в 2013 году на территории Брянской (Россия), Гомельской (Республика Беларусь) и Черниговской (Украина) областей, пострадавших от радиационного загрязнения после аварии на ЧАЭС. Районы исследования расположены в пределах ландшафтов речных долин рр. Ипуть, Десна, Снов, Днепр.

Синтаксономия луговой растительности разработана в соответствии с общими установками метода J. Braun-Blanquet [Braun-Blanquet, 1964] на основе системы, разработанной А. Д. Булоховым [Булохов, 2001] для Юго-Западного Неченоземья России и Л. М. Сапегиним [Сапегин, 1989] для Белорусского Полесья. Предварительные названия новых синтаксонов даны в соответствии с Международным кодексом фитосоциологической номенклатуры [Вебер и др., 2005]. Названия сосудистых растений даны по С. К. Черепанову [Черепанов, 1995].

Отбор образцов для радиометрического анализа проведен на пробных площадках площадью 10 м². Для анализа отбирались: грунт с глубины 0–10 см и фитомасса сосудистых растений.

Мощность экспозиционной дозы (МЭД, мкР/час) на пробных площадках определена на поверхности почвы и на высоте 1 м от поверхности дозиметром-радиометром РКСБ-104. Удельная активность ^{137}Cs (УА, Бк/кг) в образцах установлена с использованием универсального спектрометрического комплекса «Гамма Плюс» со сцинтилляционным детектором по стандартным методикам. Регистрация излучения и обработка спектров произведена с помощью программного обеспечения «Прогресс 2000».

Коэффициент накопления (Кн) рассчитывали как отношение удельной активности радионуклида в растениях (Бк/кг) к его удельной активности в почве (Бк/кг).

В таблице приведены результаты анализа удельной активности, коэффициенты накопления и перехода ^{137}Cs в фитомассу луговых растений (табл.).

Как показывают результаты проведенного исследования, луговые растения различных биологических видов, экологических групп, обитающие в сообществах различных синтаксонов, демонстрируют разную способность к аккумуляции радионуклидов.

Наибольшая удельная активность ^{137}Cs в фитомассе отмечается для растений в асс. *Caricetum gracilis* и асс. *Caricetum praecocis* у д. Добродеевка Брянской области в пойме р. Ипуть, где наблюдается очень высокое содержание радионуклида в почве. Максимальная удельная активность ^{137}Cs на пойменных лугах характерна для фитомассы *Carex acuta*: 2090 Бк/кг, что коррелирует с данными, полученными нами при проведении предыдущих исследований [Булохов и др., 2010; Булохов и др., 2011]. Высокая удельная активность радионуклида отмечена также для фитомассы *Carex praecox*: 1986 Бк/кг, а также *Phalaroides arundinacea*: 1792 Бк/кг. Кроме того, значительное загрязнение фитомассы ^{137}Cs отмечено для *Alopecurus pratensis*, *Deschampsia cespitosa* и растений в асс. *Agrostio stoloniferae-Beckmannietum eruciformis*.

Для оценки интенсивности поступления радионуклидов из почвы в растения использован коэффициент накопления (Кн). Максимальные значения коэффициента ^{137}Cs отмечены у растений *Carex praecox*: 2,42. Высокими значениями Кн характеризуются также растения *Deschampsia cespitosa* и *Festuca pratensis*. Коэффициенты накопления для растений рода *Agrostis* варьируют в достаточно широких пределах, причем наблюдается тенденция уменьшения значения коэффициента накопления по мере увеличения степени загрязнения почвы. К сожалению, пока наших данных не хватает для детального выяснения особенностей накопления радионуклидов. Возможно, что при насыщении растения калием и цезием (Cs является химическим аналогом К) интенсивность поступления данных элементов снижается, в связи с чем, видимо, относительное поступление радиону-

Таблица

**Параметры накопления ¹³⁷Cs растениями
в луговых экосистемах**

Ассоциация; область, административный район, местообитание	Удельная активность ¹³⁷ Cs в грун- те, Бк/кг	Проба (укоc)	Удельная активность ¹³⁷ Cs, Бк/кг	Кoeffи- циент на- копления (Кн)
1	2	3	4	5
Асс. Побегоноснопольевице- вая – <i>Agrostietum stoloniferae</i> Burdija et al. 1956; Брянская обл., Злынковский р-н, пойма р. Ипуть	2315±250	<i>Agrostis stolonifera</i>	480,4±94,6	0,21
Асс. Побегоноснопольевице- вая – <i>Agrostietum stoloniferae</i> Burdija et al. 1956; Чернигов- ская обл., Новгород-Север- ский р-н, пойма р. Десна	211,0±30,0	<i>Agrostis stolonifera</i>	115,3±12,5	0,55
Асс. Виноградниково поле- вицевая – <i>Poo angustifoliae</i> – <i>Agrostietum vinealis</i> Sapegin et al 2009 пров.; Брянская обл., Злынковский р-н, пойма р. Ипуть	1918±207	<i>Agrostis vinealis</i>	580,5±98,3	0,30
Асс. Виноградниково поле- вицевая – <i>Poo angustifoliae</i> – <i>Agrostietum vinealis</i> Sapegin et al 2009 пров.; Гомельская обл, Добрушский р-н, пойма р. Ипуть	630,0±95	<i>Agrostis vinealis</i>	310,0±45	0,49
Асс. Виноградниково поле- вичная – <i>Poo angustifoliae</i> – <i>Agrostietum vinealis</i> Sapegin et al 2009 пров.; Брянская обл., Гордеевский р-н, пойма р. Ипуть	1139±125	<i>Agrostis vinealis</i>	164,2±42,9	0,14
Асс. Виноградниково поле- вичная – <i>Poo angustifoliae</i> – <i>Agrostietum vinealis</i> Sapegin et al 2009 пров.; Брянская обл., Гордеевский р-н, пойма р. Ипуть	214,1±27,5	<i>Agrostis tenuis</i> + <i>Agrostis vinealis</i>	341,5±62,0	1,60

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5
Асс. Бекманиево-побегоноснополевищевая – <i>Agrostis stoloniferae-Beckmannietum eruciformis</i> Alexandrova 1989; Брянская обл., Злынковский р-н, пойма р. Ипуть	7460±777	<i>Agrostis stolonifera</i> + <i>Beckmannia eruciformis</i> + <i>Potentilla anserina</i>	851±127	0,11
Асс. Лисохвостовая – <i>Caricetum vulpinae</i> Nowiński 1927; Брянская обл., Злынковский р-н, пойма р. Ипуть	4894±515	<i>Alopecurus pratensis</i>	896±154	0,18
Асс. Остроосоковая – <i>Caricetum gracilis</i> Savič 1926; Брянская обл., Злынковский р-н, пойма р. Ипуть	11670±1206	<i>Carex acuta</i>	2090±292	0,18
		<i>Phalaroides arundinacea</i>	1792±254	0,15
Асс. Остроосоковая – <i>Caricetum gracilis</i> Savič 1926; Гомельская обл., Добрушский р-н, пойма р. Ипуть	1220,0±189	<i>Carex acuta</i>	960,0±146	0,79
Асс. Раннеосоковая – <i>Caricetum praecoxis</i> ass. nov. prov.; Брянская обл., Злынковский р-н, пойма р. Ипуть	820,8±93,1	<i>Carex praecox</i>	1986±261	2,42
Асс. Щучковая – <i>Deschampsietum cespitosae</i> Horvatic 1930; Брянская обл., Злынковский р-н, пойма р. Ипуть	4291±453	<i>Deschampsia cespitosa</i>	771±130	0,18
Асс. Щучковая – <i>Deschampsietum cespitosae</i> Horvatic 1930; Гомельская обл., Добрушский р-н, пойма р. Ипуть	580,0±76	<i>Deschampsia cespitosa</i>	410,0±66	0,71
Асс. Щучковая – <i>Deschampsietum cespitosae</i> Horvatic 1930; Черниговская обл., Новгород-Северский р-н, пойма р. Десна	300,0±40,3	<i>Deschampsia cespitosa</i>	189,4±32,1	0,63
Асс. Тростниковидно-овсянищевая – <i>Festucetum arundinaceae</i> ass. nov. prov.; Брянская обл., Мглинский р-н, сеяный луг,	15,22±4,98	<i>Festuca arundinacea</i>	1,8±11,2	0,12

Окончание таблицы

1	2	3	4	5
Асс. Тростниковидно-овсянищевая с ежой – <i>Festucetum arundinaceae</i> ass. nov. prov.; Брянская обл., Новозыбковский р-н, сеяный луг,	1419±154	<i>Festuca arundinacea</i> + <i>Dactylis glomerata</i>	71,2±41,0	0,05
Асс. Тростниковидно-овсянищевая – <i>Festucetum arundinaceae</i> ass. nov. prov.; Брянская обл., Клинцовский р-н, сеяный луг,	419,2±48,5	<i>Festuca arundinacea</i> + <i>Dactylis glomerata</i>	22,8±38,8	0,05
Асс. Луговоовсянищевая – <i>Festucetum pratensis</i> Soo 1938; Гомельская обл., Добрушский р-н, пойма р. Ипуть	760,0±112	<i>Festuca pratensis</i>	460,0±68	0,61
Асс. Луговоовсянищевая – <i>Festucetum pratensis</i> Soo 1938; Черниговская обл., Семеновский р-н, пойма р. Снов	35,5±8,3	<i>Festuca pratensis</i>	23,7±4,7	0,67
Асс. Мятликово-лисохвостовая – <i>Poo palustris</i> – <i>Alopecuretum pratensis</i> Shelyag-Sosonko et al. 1987; Брянская обл., Мглинский р-н, пойма р. Ипуть	28,99±6,63	<i>Achillea millefolium</i>	1,8±2,2	0,06
		<i>Alopecurus pratensis</i>	1,9±3,1	0,07
		<i>Agrostis tenuis</i>	39,7±39,7	1,37
Асс. Мятликово-лисохвостовая – <i>Poo palustris</i> – <i>Alopecuretum pratensis</i> Shelyag-Sosonko et al. 1987; Гомельская обл., Добрушский р-н, пойма р. Ипуть	810,0 ±122	<i>Alopecurus pratensis</i>	760,0±109	0,94

кливо (Кн) в растения на высокозагрязненных почвах ниже, чем на слабозагрязненных.

Низкой интенсивностью аккумуляции ¹³⁷Cs характеризуется фитомасса *Festuca arundinacea* и *Dactylis glomerata*: Кн составил 0,05.

Сенокосно-пастбищные угодья до настоящего времени остаются критическими экосистемами в загрязненных ландшафтах. В них

наличие луговой дернины, в которой сосредоточена большая часть ^{137}Cs , обеспечивает интенсивное и длительное поступление радионуклидов в растения. Поэтому одной из важнейших проблем на радиоактивно-загрязненных территориях остаётся проблема производства чистых кормов и, соответственно, обеспечения населения радиационно-безопасной продукцией животноводства. Это особенно актуально для личных подсобных хозяйств, выпасающих скот и заготавливающих сено, как правило, на некультуренных пойменных лугах.

Анализ наших данных показал, что практически на всех обследуемых площадках в Брянской области, на которых плотность загрязнения почвы ^{137}Cs составляет более 74 kBк/м^2 (2 Ки/км^2), удельная активность радионуклида в сухой фитомассе превышает контрольный уровень (КУ) содержания радионуклида в сене для РФ (600 Бк/кг). Минимальной накопительной способностью среди исследуемых ассоциаций характеризуется асс. *Festucetum arundinaceae*, где содержание в травостое ^{37}Cs невелико (даже при высоких уровнях загрязнения почвы) и не превышает КУ.

В связи с тем, что в Беларуси республиканский допустимый уровень содержания ^{137}Cs в сене существенно выше утвержденного в РФ и составляет 1300 Бк/кг , заготавливаемое на пойменных лугах в Добрушском р-не Гомельской обл. сено на корм скоту отвечает требованиям РДУ-2003.

Плотность загрязнения ^{137}Cs почв исследуемых сообществ в Черниговской обл. Украины низкая, и содержание радионуклида в сухой фитомассе не превышает допустимых уровней.

Таким образом, наиболее высокая удельная активность ^{137}Cs характерна для растений рода *Carex*, максимальный коэффициент накопления отмечен для *Carex praecox*. Высокая накопительная способность отмечается также у *Deschampsia cespitosa* и *Festuca pratensis*. Однако в целом луговые растения характеризуются сравнительно более низким коэффициентом накопления радионуклида по сравнению с лесными травами [Булохов и др., 2010]. Пойменные почвы лугов по сравнению с дерново-подзолистыми и подзолистыми песчаными лесными почвами обладают более благоприятными физико-химическими и агрохимическими свойствами, менее кислой реакцией среды, достаточно высоким содержанием гумуса и тонкодисперсных

глинистых частиц, вследствие чего интенсивность поступления ^{137}Cs в луговые растения, как правило, ниже, чем в лесные, несмотря на то, что в луговых экосистемах значительная масса радионуклида сосредоточена в дернине. Также различие показателей Кн связано с видовой специфичностью растений в накоплении радионуклидов.

Литература

1. Булохов А. Д. Аккумуляция ^{137}Cs в лесных биогеоценозах юго-западных районов Брянской области / А. Д. Булохов, Е. В. Борздыко, Н. Н. Панасенко, Ю. А. Семенищенков, Н. А. Сквородникова // Вестник Брянского государственного университета : Математика. Физика. Биология. Химия. Медицина. – 2010. – № 4. – С. 107–115.

2. Булохов А. Д. Аккумуляция ^{137}Cs растениями в водных и прибрежно-водных экосистемах юго-западных районов Брянской области / А. Д. Булохов, Н. А. Сквородникова, Е. В. Борздыко, Н. Н. Панасенко, Ю. А. Семенищенков // Вестник Брянского государственного университета : Математика. Физика. Биология. Химия. Медицина. – 2011. – № 4. – С. 97–103.

3. Булохов А. Д. Травяная растительность Юго-Западного Нечерноземья России / А. Д. Булохов ; Брян. гос. ун-т им. И. Г. Петровского. – Брянск : БГУ, 2001. – 296 с.

4. Вебер Х. Э. Международный кодекс фитосоциологической номенклатуры : 3-е изд. / Х. Э. Вебер, Я. Моравец, Ж.-П. Терийя // Растительность России. – 2005. – № 7. – С. 3–38.

5. Сапегин Л. М. Синтаксономия луговой растительности как основа разработки экологической стратегии использования (на примере пойм Белорусского Полесья) : автореферат... доктора биологических наук : 03.00.05 / Л. М. Сапегин. – Москва, 1989. – 48 с.

6. Черепанов С. К. Сосудистые растения России и сопредельных государств / С. К. Черепанов. – Санкт-Петербург : Мир и семья, 1995. – 992 с.

7. Braun-Blanquet J. Pflanzensociologie : 3. Aufl. / J. Braun-Blanquet. – Wien ; New York, 1964. – 865 S.

8. Ellenberg H. Zeigerwerte von Pflazen in Mitteleuropa / H. Ellenberg, H. E. Weber, R. Dull, V. Wirth, W. Werner, D. Paulssen // Scripta Geobotanica. – 1992. – V. XVIII. – 2. Aufl. – 258 P.

© Булохов Алексей Данилович (2014), доктор биологических наук, профессор кафедры ботаники, Брянский государственный университет им. акад. И. Г. Петровского (Брянск), kafb2002@mail.ru.

- © **Дайнеко Николай Михайлович (2014)**, кандидат биологических наук, заведующий кафедрой ботаники и физиологии растений, Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины (Гомель), dajneko@gsu.by.
- © **Лукаш Александр Васильевич (2014)**, доктор биологических наук, профессор кафедры экологии и охраны природы, Черниговский национальный педагогический университет имени Т. Г. Шевченко (Чернигов), lukash2011@ukr.net.
- © **Панасенко Николай Николаевич (2014)**, кандидат биологических наук, доцент кафедры ботаники, Брянский государственный университет им. акад. И. Г. Петровского (Брянск), panasenkobot@yandex.ru.
- © **Семенищенков Юрий Алексеевич (2014)**, кандидат биологических наук, доцент кафедры ботаники, Брянский государственный университет им. акад. И. Г. Петровского (Брянск), yuricek@yandex.ru.
- © **Сковородникова Наталья Алексеевна (2014)**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры экологии и рационального природопользования, Брянский государственный университет им. акад. И. Г. Петровского (Брянск), skovorodnikova_n@mail.ru.