
ФИЗИОЛОГИЯ И БИОХИМИЯ РАСТЕНИЙ

УДК: 504.5:581.526.45(476.2)

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОСТРООСОКОВЫХ ЛУГОВ В БЕЛОРУССКОМ ПОЛЕСЬЕ

© Н. М. Дайнеко, С. Ф. Тимофеев
N. M. Dayneko, S.F. Timofeev

Comparative analysis of technogenic pollution
of the acute sedge meadows in the Belarusian Polesye

УО «Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины»
246019, Республика Беларусь, г. Гомель, ул. Советская, д. 108. Тел.: +375 (232) 57-89-05, e-mail: dajneko@gsu.by

Аннотация. В статье приведены результаты анализа техногенного загрязнения остроосоковых лугов асс. *Caricetum gracilis* Savich 1926 на пойменных лугах в долинах р. Сож, Ипуть и Беседь (Белорусское Полесье). На основе полученных данных по содержанию ^{137}Cs и тяжёлых металлов в почве и надземной фитомассе растений показана возможность использования травостоя исследуемых лугов для заготовки сырья для получения молока цельного при наличии радиологического контроля. Не выявлено превышений нормативов по содержанию тяжёлых металлов, а также корреляции между их содержанием в почве и их концентрацией в растениях.

Ключевые слова: заливные луга, *Caricetum gracilis*, ^{137}Cs , тяжёлые металлы, убывающие ряды, коэффициенты накопления.

Abstract. The article presents the results of the analysis of technogenic pollution of acute sedge meadows of the ass. *Caricetum gracilis* Savich 1926 in floodplain meadows in the valleys of the rivers Sozh, Iput and Besed' (Belarusian Polesie). Based on the data on the content of ^{137}Cs and heavy metals in the soil and aboveground phytomass of plants, the possibility of using the herbage of the studied meadows for the preparation of raw materials for the production of whole milk in the presence of radiological control is shown. No excesses in the standards for the content of heavy metals, as well as correlations between their content in the soil and their concentration in the plants are revealed.

Keywords: floodplain meadows, *Caricetum gracilis*, ^{137}Cs , heavy metals, decreasing rows, accumulation coefficients.

DOI: 10.22281/2686-9713-2019-2-59-65

Введение

Одним из негативных последствий катастрофы на ЧАЭС продолжает оставаться радиоактивное загрязнение пойменных лугов. В силу ряда причин именно эти угодья долго будут являться реальными поставщиками «грязных» кормов. Основными факторами, определяющими радиоактивное загрязнение пойменных луговых угодий, являются агрохимические свойства и водный режим почв, а также особенности формирования ботанического состава травостоя.

Величина накопления радионуклидов одними и теми же видами луговых растений в зависимости от почвенно-климатических условий может отличаться в 3–8 раз, а в отдельных случаях – до 30 раз. Основные физико-химические свойства почв, влияющие на подвижность и доступность как ^{137}Cs , так и ^{90}Sr , это влажность почвы, содержание ионов K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , ёмкость катионного обмена, содержание органического вещества, pH, насыщенность основаниями (Подольяк и др., 2007; Богдевич и др., 2009; Сапегин и др., 2009).

Взаимосвязь ботанического состава травостоя с элементами рельефа речной долины, уровнями радиоактивного загрязнения и продуктивностью растений в Белорусском Полесье ранее практически не исследовались. Отсутствует до настоящего времени детальная информационная база по коэффициентам перехода (КП) для пойменного травостоя, имеются лишь фрагментарные данные, привязанные к местам проведения наших исследований.

Исследования разных авторов показывают, что, по мере увеличения содержания подвижных форм калия, фосфора и обменного магния в верхнем почвенном горизонте, происходит уменьшение содержания ^{137}Cs в растениях. Известно, что миграция радионуклидов в наземных экосистемах в значительной степени связана с гумусовыми и низкомолекулярными кислотами, а также с гидроксидами железа и алюминия в почве (Павлюцкая, 1989). В засушливые годы содержание ^{137}Cs в травостое снижается в 1,5–1,7 раз, по сравнению с более влажными (Тимофеева, 2006; Тимофеева и др., 2009).

В зависимости от видовых особенностей травянистые растения также могут по-разному накапливать радионуклиды (Подольяк и др., 2002; Сапегин и др., 2009).

Вся растениеводческая и животноводческая продукция, произведенная на загрязнённых радионуклидами землях и используемая для продовольственных целей, переработки и реализации на внутреннем и внешнем рынках, должна соответствовать требованиям нормативов, установленным техническими регламентами и международными договорами. В Республике Беларусь в отношении сельскохозяйственной продукции действуют следующие нормативы содержания радионуклидов: «Республиканские допустимые уровни содержания радионуклидов цезия-137 и стронция-90 в пищевых продуктах и питьевой воде» (РДУ-99) (приложение 1); «Республиканские допустимые уровни содержания цезия-137 и стронция-90 в сельскохозяйственном сырье и кормах» (приложение 2); «Ветеринарно-санитарные правила обеспечения безопасности кормов, кормовых добавок и сырья для производства комбикормов» (приложение 3). В соответствии с этими нормативами, в молоке и цельномолочной продукции содержание ^{137}Cs не должно превышать 100 Бк/л, ^{90}Sr – 3,7 Бк/л (РДУ-99). Для получения такого молока в суточном рационе дойной коровы должно содержаться ^{137}Cs не более 10,0 кБк, ^{90}Sr – не более 2,6 кБк. В пастбищный период концентрация ^{137}Cs в зелёной массе трав не должна превышать 165 Бк/кг, ^{90}Sr – 37 Бк/кг. В стойловый период суточный рацион для дойных коров составляется в соответствии с существующими нормами потребности животных в питательных веществах и скармливания отдельных видов кормов.

На дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных почвах при обеспеченности подвижным калием 140–300 мг/кг использование зелёной массы большинства видов трав для получения цельного молока уровнем загрязнения почвы ^{137}Cs не лимитируется. Предельная плотность загрязнения почвы ^{137}Cs для многолетних злаковых трав на пойменных землях – 13 Ки/км².

При заготовке сена используют травы, выращиваемые при плотности загрязнения ^{137}Cs до 13–19 Ки/км², – для многолетних злаков.

В связи с данными параметрами плотности загрязнения введены соответствующие нормативы для молока. Содержание радиоцезия в сене для получения молока цельного не должно превышать 1300 Бк/кг. Средние значения коэффициентов перехода (КП, Бк/кг: кБк/м²) ^{137}Cs для дерново-подзолистых супесчаных почв Республики Беларусь, естественные сенокосы – 2,7–1,9.

Относительно тяжёлых металлов можно отметить следующие обстоятельства. В Беларуси проводятся обширные исследования по данной тематике. Нормирование содержания тяжёлых металлов производится по их валовому содержанию и по содержанию подвижных форм. По нашему мнению, более корректным является оценка содержания в почве подвижных форм тяжёлых металлов. Содержание тяжёлых металлов в растениях в основном не нормируется. Всё это создает предпосылки для изучения их содержания в почве и растениях.

В настоящее время существенным фактором воздействия на травостой пойменных лугов является изменение климата. Это проявляется, прежде всего, в прекращении разлива р. Сож, повышении среднегодовых температур и уменьшении среднегодового количества

осадков. Всё это привело к резкому снижению продуктивности растительного покрова заливных лугов. Однако эти изменения в меньшей степени отразились на сообществах остроосоковых лугов, что отчасти может быть связано с их формированием на полугидроморфных почвах. В связи с этим оценка техногенного загрязнения проведена в сообществах остроосоковых пойменных лугов р. Сож и её притоков – Беседи и Ипути.

Материалы и методы

Содержание ^{137}Cs и тяжёлых металлов определялось в почвенных и растительных образцах, собранных в фитocenозах остроосоковых лугов, которые, в соответствии с методом флористической классификации (Braun-Blanquet, 1964), отнесены к асс. *Caricetum gracilis* Savich 1926.

Ниже приводятся локализации объектов, в которых проводились исследования.

Объект № 1 – широкое понижение правобережной поймы р. Беседь в 3 км ниже по течению от д. Большие Немки (Ветковский р-н).

Объект № 2 – глубокое межгрядное понижение правобережной центральной поймы р. Беседь в 2 км восточнее г. Светиловичи (Ветковский р-н).

Объект № 3 – плоское широкое понижение левобережной центральной поймы р. Беседь у д. Новое Заледье (Ветковский р-н).

Объект № 4. Плоское понижение правобережной притеррасной поймы р. Ипуть в 3 км северо-восточнее г. Добруш (Добрушский р-н).

Объект № 5. Понижение левобережной центральной поймы р. Ипуть в 1,5 км северо-восточнее д. Ларищево (Добрушский р-н).

Объект № 6. Глубокое межгрядное понижение правобережной центральной поймы р. Сож в 1 км восточнее д. Бердын (Чечерский р-н).

Определение содержания ^{137}Cs в почвенных и растительных образцах производили на гамма-спектрометрическом комплексе Tennelec по МВИ. МН 3421-2010.

В настоящее время нормирование содержания тяжёлых металлов в почве осуществляется по их валовому содержанию и количеству подвижных форм. Различия между этими градациями огромные. Так, ПДК для валовых форм марганца составляет 1500 мг/кг, а для подвижных форм в зависимости от экстрагента и кислотности от 60 мг/кг до 500 мг/кг. Для корректного осмысления количества тяжёлых металлов в почве, возможно, более правильно ориентироваться на подвижные их формы. Содержание тяжёлых металлов (Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn) в пробах почвы и образцах растений определялось на атомно-абсорбционном спектрометре SOLAAR M6 в РНИУП «Институт радиологии» НАН РБ.

Результаты и их обсуждение

По результатам проведённого исследования, содержание ^{137}Cs в почве варьировало в пределах 868–1400 Бк/кг (табл. 1). Это означает приблизительную плотность радиоактивного загрязнения 5,6–9,1 Ки/км². Различия по содержанию радиоцезия в почве составляли 1,6 раза, то есть являются относительно небольшими.

Таблица 1

Удельная активность ^{137}Cs в почве и надземной фитомассе луговых экосистем

Table 1

The specific activity of ^{137}Cs in soil and aboveground phytomass of meadow ecosystems

№ объекта	Удельная активность ^{137}Cs , Бк/кг		КН, Бк/кг
	в почве	в надземной фитомассе	
1	1213,0	1383,0	1,14
2	1290,0	1300,0	1,01
3	1400,0	920,0	0,66
4	1183,0	828,0	0,70
5	980,0	900,0	0,92
6	868,0	677,0	0,78

Примечание: обозначения объектов – в тексте.

Содержание ^{137}Cs в надземной фитомассе составляло 677–1383 Бк/кг. С учётом того, что для получения нормативно чистого молока цельного предельное содержание радионуклида не должно превышать 1300 Бк/кг, травостой двух объектов из 6 не соответствует нормативам. Параметры КН для этих двух объектов составили 1,01–1,14 Бк/кг, то есть они значительно больше по сравнению с другими объектами. Величина превышения составила 1,4 раза.

Таким образом, содержание ^{137}Cs в травостое большинства изучаемых объектов позволяет использовать для получения молока сырья и при осуществлении радиологического контроля для формирования рациона для получения молока цельного.

Продуктивность сообществ варьировала в пределах 250–350 ц/га зелёной массы в зависимости от фазы развития растений.

Вторым важнейшим поллютантом в системе заливных лугов являются тяжёлые металлы (табл. 2).

Наибольшим содержанием в почве характеризуется железо: среднее содержание – 1399 мг/кг. Содержание железа в почве не нормируется ПДК или ОДК. Это в немалой степени связано с отсутствием явно выраженных вредных влияний.

На втором месте – содержание марганца. Как отмечалось ранее, содержание его подвижных форм нормируется ПДК со значениями от 60 мг/кг до 500 мг/кг. В данной ситуации превышения норматива не выявлено. Среднее содержание – 156 мг/кг.

ПДК подвижных форм для цинка, свинца и меди составляет соответственно 23,0 мг/кг, 6,0 мг/кг и 3 мг/кг. Накопление в почве этих элементов варьирует в пределах 3–6 мг/кг. Отсюда следует, что превышения ПДК не выявлено.

Для хрома, кобальта и никеля значения ПДК составляют соответственно 6,0 мг/кг, 5,0 мг/кг, 4,0 мг/кг. Средние значения подвижных форм этих элементов были в пределах 0,20–0,64 мг/кг.

Минимальная концентрация в почве выявлена для кадмия, для которого предусмотрены значения ОДК. В зависимости от почвенных особенностей они составляют 0,5–2,0 мг/кг. Здесь также не выявлено превышения ПДК.

Таким образом, различия по содержанию тяжёлых металлов в почве достигают 20000 раз. Варьирование количества тяжёлых металлов составляет по элементам от 15,5 раз для свинца и до отсутствия различий для кобальта, никеля и кадмия.

Среднее содержание всех тяжёлых металлов в почвах по объектам варьирует от 132 до 244 мг/кг. Максимальное количество подвижных форм тяжёлых металлов в среднем около 234 мг/кг выявлено для 6 объекта, а минимальное количество – для 4–133 мг/кг.

Таблица 2

Содержание тяжёлых металлов в почвах луговых экосистем, абсолютно сухая проба, мг/кг

Table 2

The content of heavy metals in the soils of meadow ecosystems, absolutely dry sample, mg/kg

№ объекта	Содержание тяжёлых металлов в почвах, абсолютно сухая проба, мг/кг								
	Fe	Mn	Zn	Pb	Cu	Cr	Co	Ni	Cd
1	1330,00	240,01	9,42	4,19	4,84	0,79	0,25	0,20	0,07
2	1490,00	221,30	8,67	3,22	3,27	0,85	0,25	0,20	0,07
3	1280,00	188,60	7,34	4,36	4,12	0,62	0,25	0,20	0,07
4	1125,00	60,80	2,44	5,12	2,65	0,48	0,25	0,20	0,07
5	1230,00	74,50	2,58	3,96	2,12	0,54	0,25	0,20	0,07
6	1940,00	155,00	5,20	0,33	0,63	0,54	0,25	0,20	0,07
Максимум	1940,00	240,01	9,42	5,12	4,84	0,85	0,25	0,20	0,07
Минимум	1125,00	60,80	2,44	0,33	0,63	0,48	0,25	0,20	0,07
Среднее	1399,17	156,70	5,94	3,53	2,94	0,64	0,25	0,20	0,07

Содержание тяжёлых металлов в надземной фитомассе варьируют в пределах от 0,07 мг/кг до 232 мг/кг (табл. 3).

Таблица 3

Содержание тяжёлых металлов в надземной фитомассе луговых экосистем, абсолютно сухая проба, мг/кг

Table 3

The content of heavy metals in the aboveground phytomass of meadow ecosystems, absolutely dry sample, mg/kg

№ объекта	Содержание тяжёлых металлов в надземной фитомассе, абсолютно сухая проба, мг/кг								
	Mn	Fe	Zn	Cu	Co	Pb	Ni	Cr	Cd
1	232,30	72,20	28,30	3,60	0,25	0,33	0,20	0,19	0,07
2	220,40	86,50	24,60	3,40	0,25	0,33	0,18	0,15	0,06
3	210,50	82,10	31,20	2,20	0,25	0,33	0,18	0,13	0,06
4	107,80	56,12	14,70	3,97	0,25	0,06	0,20	0,16	0,07
5	92,60	49,70	18,20	2,90	0,25	0,06	0,18	0,15	0,06
6	110,90	68,70	11,60	2,80	0,25	0,33	0,20	0,16	0,07
Максимум	232,30	86,50	31,20	3,97	0,25	0,33	0,20	0,19	0,07
Минимум	92,60	49,70	11,60	2,20	0,25	0,06	0,18	0,13	0,06
Среднее	162,42	69,22	21,43	3,15	0,25	0,24	0,19	0,16	0,07

В отличие от почвы в надземной фитомассе растений больше накапливается марганец – от 92 мг/кг до 232 мг/кг. Средний КН составляет 1,03 мг/кг. Выявлены существенные различия по аккумуляции элемента. Наибольшая концентрация марганца выявлена для объектов 1–3. Различия составляют более чем 2 раза.

Содержание железа в растениях значительно меньше, чем марганца и варьируют в пределах 50–86 мг/кг. Существенных различий по элементу на изучаемых объектах не выявлено. КН составил 0,05 мг/кг.

Цинк аккумулируется в растениях в пределах 11,6–31,2 мг/кг. Средний КН по элементу составил 3,60 мг/кг.

Для остальных элементов (кобальт, свинец, никель, хром и кадмий) пределы колебаний содержания составляли 0,06–0,33 мг/кг при средних значениях 0,07–0,25 мг/кг. Значения КН были для кобальта и кадмия 1,00 мг/кг, никеля – 0,95 мг/кг, хрома – 0,25 мг/кг и свинца – 0,07 мг/кг.

Из приведённых данных следует, что убывающие ряды по содержанию тяжёлых металлов в почве и растениях отличаются небольшими отступлениями. Для анализа нами были использованы параметры КН, то есть отношение количества элемента в растениях к количеству элемента в почве.

В табл. 4 приведены результаты оценки кратности уменьшения поступления элементов в системе почва – растение.

Таблица 4

Кратность уменьшения накопления тяжёлых металлов в системе почва – растение

Table 4

The rate of decrease in the accumulation of heavy metals in the soil – plant system

Элементы	Fe	Pb	Cr	Mn	Cu	Co	Ni	Cd	Zn
Почва	1399,17	3,53	0,64	156,7	2,94	0,25	0,20	0,07	5,94
Растение	69,22	0,24	0,16	162,42	3,15	0,25	0,19	0,07	21,43
Кратность уменьшения	20,21	14,71	4,00	0,96	0,93	1,00	1,05	1,00	0,28

Наибольшая кратность снижения количества элемента в растениях выявлена для железа и свинца. Это означает, что данные элементы менее других концентрируются растениями. Отношение количества элемента в почве к количеству элемента в растениях около 1,0 выявлено для никеля, кобальта и меди. Более всех элементов растениями концентрируется цинк.

Заключение

Содержание ^{137}Cs позволяет использовать травостой остроосоковых лугов в качестве сырья при осуществлении радиологического контроля для формирования рациона для получения молока цельного. Продуктивность ассоциаций варьировала в пределах 250–350 ц/га в зависимости от фазы развития.

Различия по содержанию подвижных форм тяжёлых металлов в почве достигают 20000 раз. По накоплению тяжёлых металлов в почве можно построить следующий убывающий ряд: Fe > Mn > Zn > Pb > Cu > Cr > Co > Ni > Cd. По содержанию тяжёлых металлов в надземной фитомассе такой ряд выглядит следующим образом: Mn > Fe > Zn > Cu > Co > Pb > Ni > Cr > Cd.

Полученные данные необходимо использовать в мониторинге техногенного загрязнения пойменных лугов при планировании хозяйственных мероприятий в речных поймах, а также учитывать при заготовке кормов на территориях, подвергшихся техногенному загрязнению в зоне ЧАЭС.

Список литературы

Богдевич И. М., Подоляк А. Г., Арастович Т. В., Касьянчик С. А., Шмигельская И. Д., Путятин Ю. В., Тарасюк С. В., Василюк Г. В., Жданович В. П., Ивашкова И. И., Одинова Л. Е., Половков Н. Н., Агеев В. Ю., Тимофеев С. Ф., Гребенщикова Н. В., Мышлен И. А. 2004. Рекомендации по улучшению сукходольных и низинных лугов, подвергшихся радиоактивному загрязнению / Под ред. И. М. Богдевича. Минск. 69 с. [Bogdevich I. M., Podoliak A. G., Arastovich T. V., Kas'ianchik S. A., Shmigel'skaia I. D., Putiatin Yu. V., Tarasiuk S. V., Vasiliuk G. V., Zhdanovich V. P., Ivashkova I. I., Odintsova L. E., Polovkov N. N., Ageets V. Yu., Timofeev S. F., Grebenshchikova N. V., Myshlen I. A. 2004. Rekomendatsii po uluchsheniiu sukhodol'nykh i nizinykh lugov, podvergshikhsia radioaktivnomu zagriazneniiu / Pod red. I. M. Bogdevicha. Minsk. 69 p.]

Павлоцкая Ф. И. 1989. Формы нахождения и миграции искусственных радионуклидов в природной среде // I Всесоюзный радиобиологический съезд: Тез. докл., Пущино, 21–27 августа 1989 г. Т. 2. Пущино. С. 493–494. [Pavlotskaia F. I. 1989. Formy nakhozhdeniia i migratsii iskusstvennykh radionuklidov v prirodnoi srede // I Vsesoiuznyi radiobiologicheskii s'ezd: Tez. dokl., Pushchino, 21–27 avgusta 1989 g. T. 2. Pushchino. P. 493–494.]

Подоляк А. Г., Богдевич И. М., Ивашкова И. И. 2007. Прогнозирование величины накопления ^{137}Cs и ^{90}Sr в травостоях основных типов лугов Белорусского Полесья по агрохимическим свойствам почв // Весті нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. № 3. С. 54–62. [Podoliak A. G., Bogdevich I. M., Ivashkova I. I. 2007. Prognozirovanie velichiny nakopleniia ^{137}Cs i ^{90}Sr v travostoiakh osnovnykh tipov lugov Belorusskogo Poles'ia po agrokhimicheskim svoistvam pochvy // Vestsi natsyianal'nai akademii navuk Belarusi. № 3. P. 54–62.]

Подоляк А. Г., Тимофеев С. Ф., Гребенщикова Н. В., Агеев В. Ю. 2002. Рекомендации по использованию загрязнённых радионуклидами пойменных земель Белорусского Полесья. Гомель: РПУП «Полесьепечь». 28 с. [Podoliak A. G., Timofeev S. F., Grebenshchikova N. V., Ageets V. Yu. 2002. Rekomendatsii po ispol'zovaniiu zagriaznennykh radionuklidami poimennykh zemel' Belorusskogo Poles'ia. Gmel': RPUP «Poles'pechat'». 28 p.]

Сапегин Л. М., Дайнеко Н. М., Тимофеев С. Ф. 2009. Эколого-флористическая характеристика и продуктивность луговых экосистем поймы р. Сож и пригорода г. Гомеля // Пойменные луговые экосистемы как объекты с высоким фиторазнообразием, их изучение и картирование: Мат. Междунар. науч.-практ. семинара, г. Гомель, 11–12 июня 2009 г. / редкол.: Л. М. Сапегин (отв. ред.) [и др.]. Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины. С. 13–25. [Sapegin L. M., Daineko N. M., Timofeev S. F. 2009. Ekologo-floristicheskaia kharakteristika i produktiv-nost' lugovykh ekosistem poimy r. Sozh i prigoroda g. Gomeia // Poimennye lugovye ekosistemy kak ob'ekty s vysokim fitoraznoobraziem, ikh izuchenie i kartirovanie: Mat. Mezhdunar. nauch.-prakt. seminar, g. Gmel', 11–12 iunia 2009 g. / redkol.: L. M. Sapegin (otv. red.) [i dr.]. Gmel': GGU im. F. Skoriny. P. 13–25.]

Сапегин Л. М., Тимофеев С. Ф., Трофимова Е. В. Видовая специфичность загрязнения радионуклидами ^{137}Cs и ^{90}Sr некоторых луговых экосистем поймы р. Сож // Пойменные луговые экосистемы как объекты с высоким фиторазнообразием, их изучение и картирование: Мат. Междунар. науч.-практ. семинара, г. Гомель, 11–12 июня 2009 г. / редкол.: Л. М. Сапегин (отв. ред.) [и др.]. Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины. С. 234–249. [Sapegin L. M., Timofeev S. F., Trofimova E. V. Vidovaya spetsifichnost' zagriazneniia radionuklidami ^{137}Cs i ^{90}Sr nekotorykh lugovykh ekosistem poimy r. Sozh // Poimennye lugovye ekosistemy kak ob'ekty s vysokim fitoraznoobraziem, ikh izuchenie i kartirovanie: Mat. Mezhdunar. nauch.-prakt. seminar, g. Gmel', 11–12 iunia 2009 g. / redkol.: L. M. Sapegin (otv. red.) [i dr.]. Gmel': GGU im. F. Skoriny. P. 234–249.]

Тимофеева Т. А. 2006. Биогеохимическая оценка миграции ^{137}Cs и ^{90}Sr в экосистемах пойм (на примере поймы р. Сож): автореф. дис. ... канд. биол. наук. Гомель. 18 с. [Timofeeva T. A. 2006. Biogeokhimicheskaiia otsenka migratsii ^{137}Cs i ^{90}Sr v ekosistemakh poim (na primere poimy r. Sozh): avtoref. dis. ... kand. biol. nauk. Gmel'. 18 p.]

Тимофеева Т. А., Подоляк А. Г., Тимофеев А. С. Прогнозирование загрязнения травостоя пойменных земель ^{137}Cs и ^{90}Sr в зависимости от рельефных особенностей структурных частей пойменного ландшафта и плотности загрязнения почвы с применением ГИС-технологий // Пойменные луговые экосистемы как объекты с высоким фиторазнообразием, их изучение и картирование: Мат. Междунар. науч.-практ. семинара, г. Гомель, 11–12 июня 2009 г. / редкол.: Л. М. Сапегин (отв. ред.) [и др.]. Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины. С. 221–233. [Timofeeva T. A., Podoliak A. G., Timofeev A. S. Prognozirovanie zagriazneniia travostoiia poimennykh zemel' ^{137}Cs i ^{90}Sr v zavisimosti ot rel'efnykh osobennostei strukturnykh chastei poimennogo landshafta i plotnosti zagriazneniia pochvy s primeneniiem GIS-tekhnologii // Poimennye lugovye ekosistemy kak ob'ekty s vysokim fitoraznoobraziem, ikh izuchenie i kartirovanie: Mat. Mezhdunar. nauch.-prakt. seminar, g. Gmel', 11–12 iunia 2009 g. / redkol.: L. M. Sapegin (otv. red.) [i dr.]. Gmel': GGU im. F. Skoriny. S. 221–233.]

zagriazneniia pochvy s primeneniem GIS-tehnologii // Poimennye lugovye ekosistemy kak ob"ekty s vysokim fitoraznoobraziem, ikh izuchenie i kartirovanie: Mat. Mezhdunar. nauch.-prakt. seminar, g. Gomel', 11–12 iunია 2009 g. / redkol.: L. M. Sapegin (otv. red.) [i dr.]. Gomel': GGU im. F. Skoriny. P. 221–233.]

Braun-Blanquet J. 1964. Pflanzensociologie. Wien; N.-Y. 865 S.

Сведения об авторах

Дайнеко Николай Михайлович

к. б. н., заведующий кафедрой ботаники и физиологии растений

УО «Гомельский государственный университет

им. Франциска Скорины», Гомель

E-mail: Dajneko@gsu.by

Daineka Nikolay Mikhailovich

Ph. D. in Biological sciences,

Head of the Dpt. of Botany and Plant Physiology

Gomel State University named after Fransisk Skorina, Gomel

E-mail: Dajneko@gsu.by

Тимофеев Сергей Федорович

к. с.-х. н., доцент кафедры ботаники и физиологии растений

УО «Гомельский государственный университет

им. Франциска Скорины», Гомель

E-mail: Sertimo@mail.ru

Timofeev Sergey Fedorovich

Ph. D. in Agriculture Sciences,

Ass. Professor of the Dpt. of Botany and Plant Physiology

Gomel State University named after Fransisk Skorina, Gomel

E-mail: Sertimo@mail.ru