

УДК 630*114.351(470.343)

ОСОБЕННОСТИ ПОДСТИЛОК В ПОЙМЕННЫХ ЛЕСАХ ЗАПОВЕДНИКА “БОЛЬШАЯ КОКШАГА”

© 2023 г. А. В. Исаев^{а, *}, Ю. П. Демаков^{а, б}

^аГосударственный природный заповедник “Большая Кокшага”,
ул. Воинов-Интернационалистов, д. 26, Йошкар-Ола, 424038 Россия

^бПоволжский государственный технологический университет, пл. Ленина, д. 3, Йошкар-Ола, 424000 Россия

*E-mail: avsacha@yandex.ru

Поступила в редакцию 11.10.2021 г.

После доработки 29.11.2021 г.

Принята к публикации 06.04.2022 г.

Актуальность исследований, проведенных в пойменных экотопах заповедника “Большая Кокшага” (Россия, Республика Марий Эл), обусловлена необходимостью познания закономерностей формирования свойств лесных подстилок, являющихся чутким интегральным индикатором состояния биогеоценозов. В работе, проведенной на 23 пробных площадях, расположенных в разных частях поймы, оценена, кроме основных физико-химических показателей, масса подстилки, ее фракционный состав и сезонная динамика, а также запасы углерода в ней. Установлено, что масса подстилки на объектах исследования снижалась за вегетационный период от 20 до 33% ее величины в конце мая. Основная потеря ее массы отмечалась в первой половине лета. Вариабельность физико-химических параметров подстилки, особенно ее кислотности, степени насыщенности основаниями, содержания обменного кальция, а также подвижных соединений фосфора и калия, обусловлена в основном особенностями экотопов, а их сезонные изменения оказались статистически незначимыми. Определено, что наибольшие различия между экотопами отмечаются по массе подстилки и запасам в ней углерода. Содержание подвижного калия и обменного кальция наиболее велико в подстилке биотопов центральной части поймы, а золы и подвижного фосфора – прирусловой зоны. Менее всего различаются между собой экотопы по кислотности подстилок и степени насыщенности основаниями. Показано, что масса и запас углерода в подстилке в пойменных лесах значительно ниже, чем в приводораздельных насаждениях, что связано с ее частичным выносом во время половодья, наиболее сильно выраженным в прирусловых экотопах. У подстилок в пойменных экотопах, по сравнению с приводораздельными, значительно ниже также значения кислотности, зольности, суммы обменных оснований и содержание подвижного калия. Они превосходят подстилки сосняков лишайниковых и мшистых лишь по содержанию подвижного фосфора.

Ключевые слова: заповедник “Большая Кокшага”, пойменные биогеоценозы, подстилка, параметры, вариабельность, причины.

DOI: 10.31857/S0024114823010072, **EDN:** NJNZVS

Лесные подстилки, являющиеся продуктом жизнедеятельности и чутким интегральным индикатором состояния биогеоценозов, относятся к их специфической мезострате, выполняющей важные экологические функции, поэтому не случайно почвоведы уделяют очень много внимания их изучению. Несмотря на то, что к настоящему времени накоплен довольно обширный материал по их составу и особенностям формирования в различных биогеоценозах (Мелехов, 1957; Молчанов, 1960; Кошелев, 1961; Шакиров, 1964; Смирнов, 1967; Смольянинов, 1969; Габеев, 1972; Карпачевский, 1973, 1981; Дылис и др., 1975; Сапожников, 1984, 1987; Дылис, 1985; Попова, Горбачев, 1988; Богатырёв, Щенина, 1989; Богаты-

рёв, 1990, 1996; Сабиров, 1996; Ушакова, 1999; 2000; Аткина, Аткин, 2000; Рыжкова, 2003; Богатырёв и др., 2004, 2019; Пуряев, Газизуллин, 2011; Демаков и др., 2013, 2015, 2017), многие вопросы остаются пока слабо освещенными и дискуссионными. Особенно недостаточно изучены подстилки в пойменных лесах, почвенный покров которых характеризуется значительной вариабельностью (Виленский, 1955; Добровольский, 1968; Фаткуллин, 1968; Максимов, 1974; Миркин, 1974; Шаталов и др., 1984; Браславская, 2004; Исаев, 2008), обусловленной комплексным воздействием большого числа биогеоценотических и гидрологических факторов. Подстилка является также одним из звеньев содержания органическо-

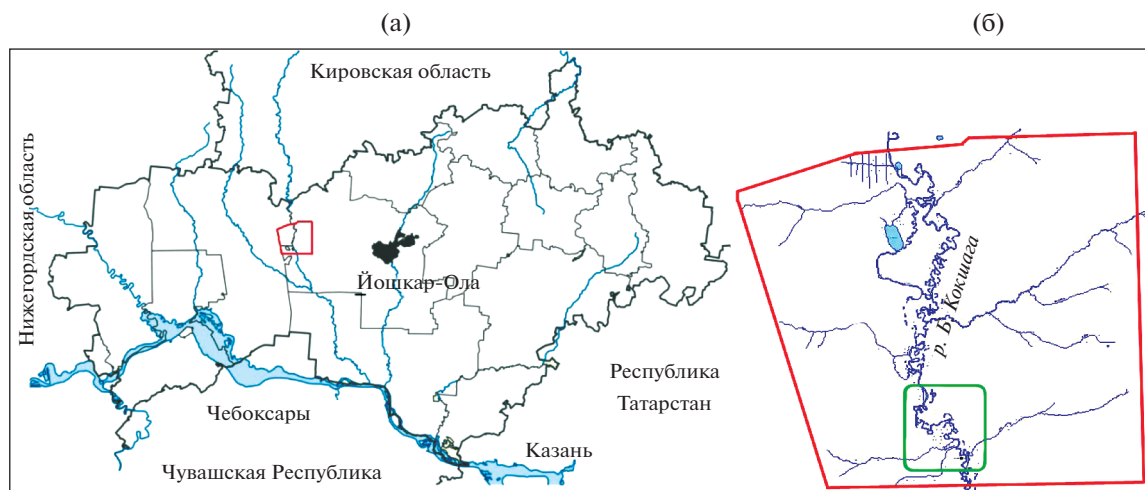


Рис. 1. Расположение заповедника “Большая Кокшага” на территории Республики Марий Эл (а) с указанием мест отбора проб почвы (б), выделенных зеленым квадратом.

го вещества в лесных экосистемах и потому обязательно должна учитываться при моделировании и прогнозе в них потоков углерода. Целью работы было выявление особенностей формирования лесных подстилок в пойменных экотопах заповедника “Большая Кокшага”. Она предусматривала решение следующих задач: 1) определить значения физико-химических показателей лесных подстилок в экотопах на разном удалении от русла реки и на участках поймы с различными типами русловых процессов; 2) изучить фракционный состав подстилки и сезонную динамику ее свойств; 3) оценить углерододепонирующую роль лесных подстилок в пойменных экотопах. Полученные данные можно использовать при ведении экологического мониторинга лесов и оценке их углерододепонирующих функций.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА

Объектами исследования явились лесные подстилки, сформировавшиеся в пойме среднего течения реки Большая Кокшага в пределах территории одноименного заповедника (рис. 1), который расположен в умеренном климатическом поясе атлантико-континентальной области центрального агроклиматического района Республики Марий Эл (Агроклиматические ресурсы ..., 1972). В тектоническом отношении он находится на восточной окраине Русской платформы в пределах Волго-Уральской антеклизы и Чебоксарского прогиба (Васильева, 1979). На территории заповедника, лесистость которой составляет 96%, преобладают аккумулятивные формы рельефа, представленные речными долинами и зандровыми равнинами. В пойменных лесах доминируют дубово-липовые фитоценозы с примесью вяза, осины, березы и ольхи черной (Исаев, 2008).

Почвенный покров пойм представлен аллювиальными (Fluvisols) дерновыми, луговыми поверхностно-оглееными, перегнойно-глеевыми и иловато-торфяными почвами (Классификация и диагностика ..., 1977).

Работы проведены в экотопах с различными типами русловых процессов, где на двух трансектах заложено 23 пробных площади (ПП), на каждой из которых проведено описание растительности и проведены замеры мощности подстилки. Ее образцы для проведения лабораторного анализа брали, как это предусмотрено соответствующими методиками (Смирнов, 1958; Карпачевский, 1977), с помощью шаблона размером 20 × 20 см в 5-кратной повторности способом конверта. Затем в лаборатории их тщательно перемешивали между собой и формировали сводный образец, который высушивали до воздушно-сухого состояния. Подстилку разделяли на четыре основные фракции (листва/хвоя, ветки, кора и прочее), дополнительно на трех ПП изучали сезонную динамику ее параметров, отбирая для этого на каждой из них 15 образцов три раза за вегетационный период: в конце мая, после половодья, в середине июля и в сентябре, перед массовым листопадом.

Анализ стандартных физико-химических параметров образцов подстилок, классификация которых дана согласно рекомендациям Л.Г. Богатырева (1990), проводили по общепринятым методикам (Аринушкина, 1970; Вадюнина, Корчагина, 1985) в лаборатории Центра коллективного пользования Поволжского государственного технологического университета. Полученный цифровой материал обработан на ПК с использованием программы Statistika-6.0 общепринятыми методами математической статистики.

Таблица 1. Влияние особенностей экотопов на мощность лесной подстилки

Номер ПП	Тип руслового процесса	Часть поймы	Расстояние от русла, м	Тип почвы*	Уровень грунтовых вод, см	Состав древостоя	Мощность подстилки, см	
1	Побочневый	Прирусловая	5	ЛПО	100	Луг	1.0	
2			17	ЛПО	180	8Д2Лп + В, Ос	1.8	
3			Центральная	30	ЛПО	45	Луг	3.5
4	50	ДС		230	8Д2Лп + Б, В	0.8		
5	Притеррасная	115		ЛПО	130	9Д1Лп, ед. Б	1.9	
21		Меандриро- вание	Прирусловая	7	ДС	>200	Ивняк	0.0
22				10	ДС	>200	Луг	0.0
23	25			ДС	>200	Ивняк с крушиной	1.0	
24	70		ДС	120	Луг	0.7		
25	85		ДС	>200	7Лп3Д, ед. В	1.4		
27	140		ДС	>200	7Д3В, ед. Лп	1.8		
6	Центральная		120	ДО	260	7Е2Д1Лп + Б, П	2.0	
7			200	ЛПО	>230	6Д4Лп, ед. Е, В, Б	1.6	
8			290	ЛПО	180	9Лп1Ос, ед. Д, В	1.6	
29			320	ЛПО	>200	7Д3Лп, ед. В	2.1	
33		570	ЛПО	190	Луг	1.0		
34		620	ПГ	90	9Ол1В + Д	2.5		
35		650	ЛПО	90	7Д2Лп1В + Ол	4.0		
39		Притеррасная	850	ЛОП	120	3Д3Лп3Е1Ос + П	3.5	
40	1000		ЛОП	128	5Ос3Лп1Е1Д, ед. Б	3.0		
43	1160		ЛОП	105	6Б3Е1Ос, ед. Лп	4.0		
44	1340		ПГ	60	7Б2Ол1В, ед. Д	2.3		
45	1400		ЛПО	105	6Е4Б	4.0		

* Примечание. ДС — дерновая слоистая, ДО — дерново-оподзоленная, ПГ — перегнойно-глеевая ЛПО — луговая поверхностно-оглеенная, ЛОП — луговая оподзоленная поверхностно-оглеенная.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Влияние геоморфологических факторов на особенности формирования лесной подстилки. Исследования показали, что тип руслового процесса оказывает значительное влияние на формирование лесной подстилки только в прирусловой части поймы, а в центральной и притеррасной ее частях оно не проявляется. На небольшом удалении от русла реки, где фитоценозы представлены преимущественно злаками и зарослями кустарниковых ив, подстилка практически отсутствует, но образуется маломощный органоминеральный горизонт из свежего аллювия и остатков трав (табл. 1). Подстилка в этой части поймы наблюдается только под пологом дубово-липовых древостоев и состоит из одного горизонта, представленного прошлогодним опадом, четко отграниченного от слоя гумуса. Классифицировать такую подстилку можно как деструктивную, средне- и

сильносопряженную, примитивную, очень маломощную, листовенную.

В центральной части поймы свойства подстилки во многом определяются растительностью и почвенно-грунтовыми условиями, которые здесь довольно неоднородны. Наименьшая ее мощность отмечается на хорошо дренированных участках, занятых дерновыми слоистыми почвам легкого гранулометрического состава (ПП 4). В луговых сообществах формируется деструктивная, сильносопряженная, примитивная, очень маломощная, травяная подстилка, а под пологом дубово-липовых древостоев на луговых поверхностно-оглеенных почвах тяжелого гранулометрического состава — ферментативно-гумифицированная, сильносопряженная, примитивная, очень маломощная, листовенная. На болотных иловато-глеевых почвах с близким залеганием УГВ (90 см) под такими же древостоями образуется перегнойная, слабосо-

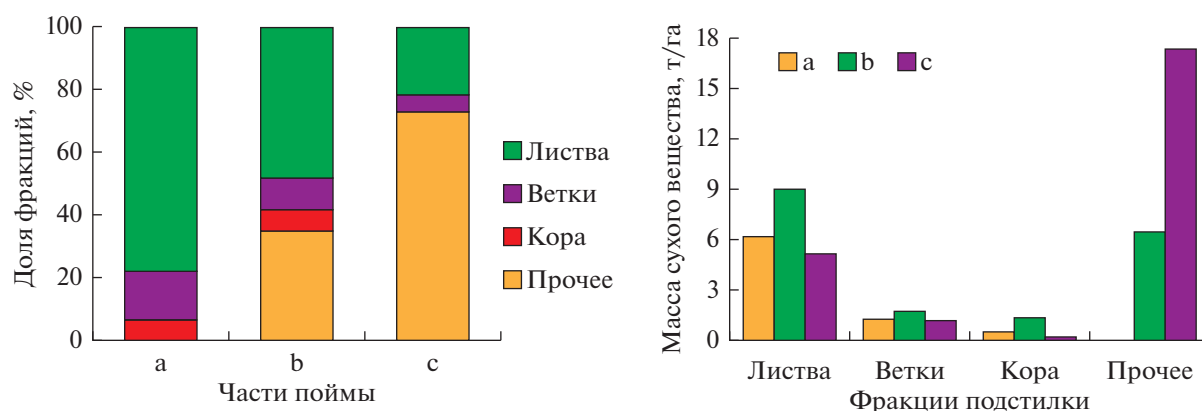


Рис. 2. Фракционная структура и масса лесных подстилок, сформировавшихся в различных частях поймы реки: а – прирусловой, б – центральной, с – притеррасной.

пряженная, субпримитивная, очень маломощная, листовенная лесная подстилка мощностью до 4 см с отчетливо выделяющимися двумя горизонтами: прошлогодним опадом мощностью 1 см, хорошо сохранившим морфоструктуру, и последующим слоем из перегнивших остатков, перемешанных с минеральной частью почвы, в котором встречаются в основном крупные ветви и кора деревьев. Переход подстилки в нижележащий гумусовый горизонт плавный.

В притеррасной части поймы образуется перегнойная, среднесопряженная, субпримитивная, маломощная, хвойно-лиственная подстилка с двумя горизонтами: деструктивным из прошлогоднего опада мощностью от 0.5 до 1.0 см и последующим перегнойным мощностью 2.5–3.5 см, представленным хорошо разложившимися остатками органики, перемешанными с минеральной частью почвы, который обильно пронизан корнями растений, что говорит об интенсивном вовлечении химических элементов в биологический круговорот. Собственно, гумусовый горизонт выделить в большинстве случаев невозможно, поскольку подстилка постепенно переходит в органоминеральный горизонт мелкокомковатой структуры, который подстилается переходным оподзоленным горизонтом. В некоторых экотопах этой части поймы формируется однослойная подстилка ферментативно-гумифицированного типа мощностью всего 1.9 см.

Фракционный состав и масса лесных подстилок каждого биотопа сугубо специфичен и зависит в основном от состава древостоя. В подстилках прирусловой и центральной частей поймы доминирует активная фракция (листва, мелкие ветви $d < 0.5$ см, семена растений), доля которой изменяется от 63 до 94% (рис. 2). В притеррасной же части поймы преобладает фракция трухи, т.е. органики, потерявшей свою первоначальную структуру и залегающей в нижнем гумифицированном гори-

зонте лесной подстилки. Масса листвы в опаде наиболее велика в биотопах центральной части поймы. Масса неактивной фракции, включающей крупные ветки, шишки, кору, наивысших значений достигает также в этих биотопах, где в составе древостоя часто встречается сухостой и значительная доля хвойных пород. Масса же трухи максимальных значений достигает в притеррасной части поймы, где темпы эрозионно-аккумулятивных процессов очень низкие.

Сезонная динамика параметров лесной подстилки. За вегетационный период масса лесных подстилок в пойменных биогеоценозах снижается в экотопах от 20 до 33% ее величины в конце мая. Основная потеря массы отмечается в первой половине лета (рис. 3), что связано с более высокой деятельностью грибов и мезофауны, а также растительности, выделяющей в этот период максимальное количество экзометаболитов, способствующих разложению опада. Вариательность же физико-химических параметров подстилки, особенно ее кислотности, степени насыщенности основаниями, содержания обменного кальция, а также подвижных соединений фосфора и калия, обусловлена в основном особенностями экотопов, а сезонные их изменения статистически незначимы (табл. 2). Так, к примеру, зольность подстилки в ельнике черемухово-липовом (ПП 6) и липняке крапиво-страусниковом (ПП 8) изменялась за сезон очень слабо (на 2.5–3.5%), а в дубняке же липово-крапивном (ПП 7) – в 2.4 раза, достигнув максимума в середине лета. Максимум величины гидролитической кислотности в ельнике черемухово-липовом отмечался в середине лета, в дубняке липово-крапивном – в конце сезона, а в липняке крапиво-страусниковом – в его начале. Наиболее кислой реакцией обладает подстилка в ельнике черемухово-липовом, а наименее кислой – в липняке крапиво-страусниковом.

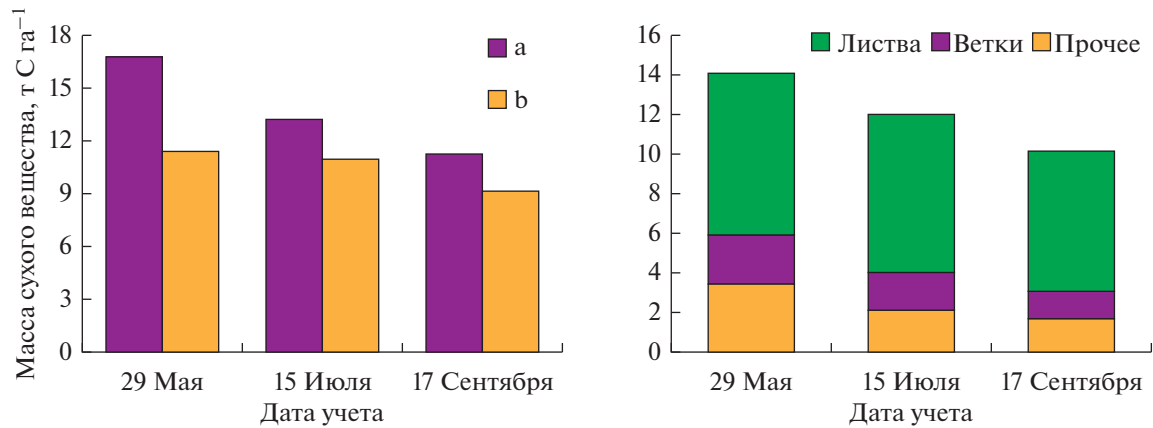


Рис. 3. Сезонная динамика массы подстилок и ее фракций в лесных биогеоценозах: а – ельнике черемухово-липовом, б – дубняке липово-крапивном.

Пределы изменчивости физико-химических параметров лесных подстилок. Все параметры подстилки в разрезе экотопов имеют, как было установлено, очень большую изменчивость (табл. 3). Особенно велика вариабельность содержания в ней подвижных соединений фосфора, калия, кальция и магния. Меньше же всего варьируют значения актуальной и обменной кислотности, а также плотности подстилки.

По мере удаления от русла реки мощность и запас подстилки, а также содержание в ней углерода увеличиваются, а ее зольность, наоборот, уменьшается, что связано как со снижением напряженности эрозионно-аккумулятивных процессов, так и с улучшением развития фитоценозов. Эти зависимости с очень высокой точностью

($p < 0.001$) описывают следующие уравнения регрессии:

$$Y_1 = 0.021X^{0.693} + 0.95; \quad R^2 = 0.895;$$

$$Y_2 = 0.524X^{0.567} + 2.94; \quad R^2 = 0.871;$$

$$Y_3 = 0.217X^{0.550} + 0.24; \quad R^2 = 0.888;$$

$$Y_4 = 38.4\exp(-21.18 \times 10^{-3}X) + 17.4; \quad R^2 = 0.774;$$

в которых Y_1 – мощность подстилки, см; Y_2 – запас подстилки, т С га⁻¹; Y_3 – запас чистого углерода в подстилке, т С га⁻¹; Y_4 – зольность, %; X – расстояние от русла, м; R^2 – коэффициент детерминации уравнения.

Физико-химические параметры подстилки в каждой части поймы существенно различаются между собой (рис. 4). Наибольшие отличия отме-

Таблица 2. Сезонная динамика физико-химических параметров подстилок в пойменных биотопах

Дата отбора образцов	Зольность, %	рНвод	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Сумма	Нг	V	P ₂ O ₅	K ₂ O
			мг-экв. на 100 г					мг на 100 г	
Ельник черемухово-липовый (ПП 6)									
29.05	23.3	5.90	4.12	1.25	5.37	23.9	18.4	13.28	1.58
15.07	24.7	6.07	4.37	2.00	6.37	26.2	19.6	14.92	1.74
17.09	26.8	6.04	4.12	1.38	5.50	23.1	19.2	8.37	2.06
Дубняк липово-крапивный (ПП 7)									
29.05	11.0	6.19	4.87	2.25	7.12	20.0	26.2	3.80	8.50
15.07	26.5	6.27	5.50	2.50	8.00	19.3	29.4	8.37	3.98
17.09	21.3	6.37	5.75	2.38	8.13	21.6	27.4	2.40	5.70
Липняк крапиво-страусниковый (ПП 8)									
29.05	14.9	6.20	7.00	4.25	11.25	37.5	23.1	6.40	10.80
15.07	17.4	6.51	6.62	1.25	7.87	20.0	28.2	4.60	9.00
17.09	16.8	6.68	6.25	0.00	6.25	17.7	26.1	5.60	10.20

Примечание. Нг – гидролитическая кислотность, мг-экв. на 100 г подстилки; V – степень насыщенности основаниями, %.

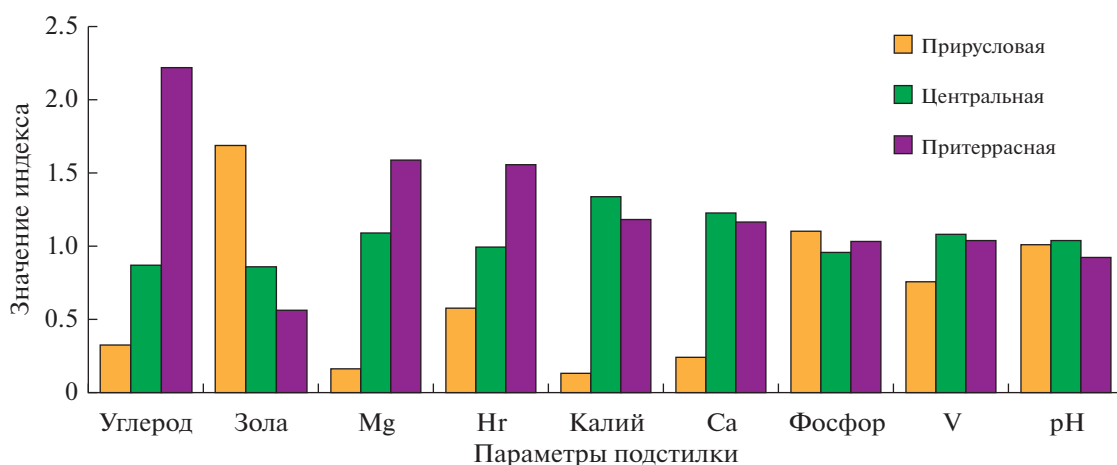


Рис. 4. Значения индексов параметров лесных подстилок в разных частях поймы относительно их средней величины (пояснения аббревиатур параметров дано в табл. 2 и тексте статьи).

чаются по запасам подстилки и содержанию в ней углерода, а также по ее зольности. Содержание подвижного калия и обменного кальция наиболее велико в подстилке биотопов центральной части поймы, а золы и подвижного фосфора — прирусловой зоны. Менее всего различаются между собой экотопы по кислотности подстилок и степени насыщенности основаниями.

Масса подстилок в пойменных лесах, а соответственно, и запас в них углерода, как показал

анализ, значительно ниже, чем на водоразделах, особенно в ельниках мертвopoкpовных (Богатырев, Щенина, 1989; Пурьев, Газизуллин, 2011; Демаков и др., 2017; Богатырев и др., 2019), что связано с частичным ее выносом во время половодья, наиболее сильно выраженным в прирусловых экотопах. Актуальная и обменная кислотность подстилок в пойме реки Большая Кокшага практически такая же, как в защитных лесных насаждениях Татарии (Пурьев, Газизуллин, 2011), но значитель-

Таблица 3. Пределы изменчивости значений основных параметров подстилок в пойменных экотопах

Анализируемый параметр	Значения статистических показателей, $N = 20$				
	$M \pm m$	min	max	S	CV
Мощность подстилки, см	2.14 ± 0.28	0.70	4.00	1.16	53.9
Плотность подстилки, кг м^{-3}	67.2 ± 3.68	40.0	100.0	14.7	21.9
Запас подстилки, т га^{-1}	14.5 ± 2.36	3.23	37.3	10.5	72.9
Зольность подстилки, %	28.3 ± 3.21	10.5	68.0	14.4	50.8
Запас углерода в подстилке, т С га^{-1}	4.66 ± 0.87	0.66	13.7	3.88	83.3
Значение pH водной вытяжки	6.10 ± 0.07	5.45	6.70	0.32	5.2
Значение pH солевой вытяжки	5.63 ± 0.10	4.75	6.30	0.44	7.8
Гидролитическая кислотность	29.9 ± 3.70	13.1	73.0	16.5	55.2
Содержание обменного Ca^{2+}	17.2 ± 5.78	2.6	83.2	25.2	146.8
Содержание обменного Mg^{2+}	7.91 ± 3.05	0.10	40.0	13.3	168.2
Сумма обменных оснований	25.1 ± 8.74	4.29	123.2	38.1	152.0
Степень насыщенности основаниями, %	32.5 ± 4.75	14.2	82.2	20.7	63.8
Содержание P_2O_5 , мг на 100 г	22.2 ± 5.59	2.6	92.1	25.0	112.4
Содержание K_2O , мг на 100 г	25.0 ± 11.2	1.4	203.5	50.2	201.1

Примечание. N — объем выборки; M , min, max — среднее арифметическое, минимальное и максимальное значения показателя в выборке, S — среднеквадратическое отклонение значений, m — ошибка среднего, CV — коэффициент вариации.

но ниже, чем в приводораздельных сосняках и ельниках. Значительно ниже у подстилок в пойменных лесах также значения их зольности, гидролитической кислотности, суммы обменных оснований, степени насыщенности ими и содержания подвижного калия. Лишь по содержанию подвижного фосфора они превосходят подстилки сосняков лишайниковых и мшистых.

Расчеты показали, что зольность подстилки обратно пропорциональна ее мощности, причиной чего является перемешивание между собой растительных остатков и минеральной компоненты паводковых наносов (наилка), масса которых наиболее велика в прирусловой части поймы. Эту зависимость с высокой точностью ($p < 0.01$) описывает уравнение регрессии:

$$Y = 33.27 \exp(-62.79 \times 10^{-2} X) + 12.8; \quad R^2 = 0.653;$$

в котором Y — зольность воздушно-сухой подстилки, %; X — мощность подстилки, см. Подобное явление отмечено нами также в сосняках лишайниковых и мшистых (Демаков и др., 2013), где причиной является присутствие в органо-минеральном горизонте песчинок, выбиваемых каплями дождя из почвы: чем меньше мощность напочвенного покрова в этих биотопах, тем больше в нем оказывается песчинок и выше его зольность.

ВЫВОДЫ

1. Фракционный состав подстилки, состоящей в основном из активной фракции, в каждом биотопе сугубо специфичен и зависит в основном от состава древостоя и растений напочвенного покрова. Масса в опаде листвы и неактивной фракции наиболее велика в биотопах центральной части поймы, присутствие же трухи, т.е. органики, потерявшей первоначальную морфоструктуру, наиболее велико в притеррасной части.

2. Масса подстилки в пойменных биогеоценозах снижается за вегетационный период на 20–33% ее величины в конце мая. Основная потеря массы отмечается в первой половине лета. Вариативность физико-химических параметров подстилки, особенно ее кислотности, степени насыщенности основаниями, содержания обменного кальция, а также подвижных соединений фосфора и калия, обусловлена в основном особенностями биотопов, а сезонные их изменения статистически незначимы.

3. Значения всех параметров подстилки в пойменных биогеоценозах имеют очень большую изменчивость. Особенно велика вариативность содержания в ней подвижных соединений фосфора, калия, кальция и магния, меньше же всего изменяются значения актуальной и обменной кислотности, а также плотности подстилки.

4. Мощность и запас подстилки, а также содержание в ней углерода, по мере удаления от

русла реки, увеличиваются. Зольность же подстилки, наоборот, уменьшается, что связано как со снижением напряженности эрозионно-аккумулятивных процессов, так и с улучшением развития фитоценозов. Эти зависимости с очень высокой точностью описывают соответствующие уравнения регрессии. Содержание подвижного калия и обменного кальция наиболее велико в подстилке биотопов центральной части поймы, а показателя зольности и подвижного фосфора — прирусловой зоны. По кислотности подстилок и степени насыщенности их основаниями экотопы разных частей поймы менее всего различаются между собой.

5. Масса подстилки в пойменных лесах, а соответственно, и запас углерода в ней, значительно ниже, чем указано исследователями для приводораздельных насаждений, что связано с частичным ее выносом во время половодья, наиболее сильно выраженным в прирусловых биотопах. Значительно ниже также актуальная и обменная кислотность подстилок пойменных экотопов, показатели их зольности, гидролитической кислотности, суммы обменных оснований, степени насыщенности ими и содержания подвижного калия. По содержанию подвижного фосфора они превосходят подстилки сосняков лишайниковых и мшистых приводораздельных территорий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Агроклиматические ресурсы Марийской АССР. Л.: Гидрометеиздат, 1972. 107 с.
- Ариунушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М.: МГУ, 1970. 490 с.
- Аткина Л.И., Аткин А.С. Особенности накопления подстилок в лесных сообществах // Почвоведение. 2000. № 8. С. 1004–1008.
- Богатырев Л.Г. О классификации лесных подстилок // Почвоведение. 1990. № 3. С. 118–127.
- Богатырёв Л.Г. Образование подстилок — один из важнейших процессов в лесных экосистемах // Почвоведение. 1996. № 4. С. 501–511.
- Богатырёв Л.Г., Демаков Ю.П., Исаев А.В., Шарафутдинов Р.Н., Бенедиктова А.И., Земсков Ф.И. Структурно-функциональная организация подстилок в борах Марийского Заволжья // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 17. Почвоведение. 2019. № 1. С. 3–9.
- Богатырёв Л.Г., Дёмин И.И., Матышак Г.В., Сапожникова В.А. О некоторых теоретических аспектах исследования лесных подстилок // Лесоведение. 2004. № 4. С. 17–30.
- Богатырёв Л.Г., Шенина Т.Г. Лесные подстилки южной тайги Костромской области // Структура и динамика экосистем южнотаежного Заволжья. М.: Ин-т эволюционной морфологии и экологии животных им. А.Н. Северцова, 1989. С. 41–64.

- Браславская Т.Ю. Структура и динамика растительного покрова в поймах рек лесного пояса // Восточно-европейские леса. М.: Наука, 2004. С. 384–473.
- Вадюнина А.Д., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. М.: Агропромиздат, 1985. 416 с.
- Васильева Д.П. Ландшафтная география Марийской АССР. Йошкар-Ола: Марийское книжное издательство, 1979. 136 с.
- Виленский Д.Г. Почвы Окской поймы. М.: МГУ, 1955. 70 с.
- Габеев В.Н. Формирование лесной подстилки и содержание в ней зольных элементов в сосновых лесах Западной Сибири // Лесоводственные исследования в Западной Сибири. Новосибирск: Наука, 1972. С. 99–120.
- Демаков Ю.П., Исаев А.В., Таланцев В.И. Содержание органики и зольных элементов в напочвенном покрове и почве сосняков лишайниково-мшистых // Научные труды государственного природного заповедника “Большая Кокшага”. Йошкар-Ола. 2013. № 6. С. 56–76.
- Демаков Ю.П., Исаев А.В., Таланцев В.И. Вариабельность содержания зольных элементов в напочвенном покрове и верхнем слое почвы сосняка лишайникового // Научные труды государственного природного заповедника “Большая Кокшага”. Йошкар-Ола. 2015. № 7. С. 29–40.
- Демаков Ю.П., Исаев А.В., Шарафутдинов Р.Н. Роль лесной подстилки в борах Марийского Заволжья и вариабельность ее параметров // Научные труды государственного природного заповедника “Большая Кокшага”. Вып. 8. Йошкар-Ола: ПГТУ, 2017. С. 15–43.
- Добровольский Г.В. Почвы речных пойм центра Русской равнины. М.: МГУ, 1968. 268 с.
- Дылис Н.В. Лесная подстилка в биогеоценоотическом освещении // Лесоведение. 1985. № 5. С. 3–7.
- Дылис Н.В., Носова Л.М., Сперанская Е.С. Особенности накопления и разложения опада в хвойных лесах Подмосковья // Лесоведение. 1975. № 6. С. 10–18.
- Исаев А.В. Формирование почвенного и растительного покрова в поймах речных долин Марийского Полесья (на примере территории заповедника “Большая Кокшага”). Йошкар-Ола: Марийский гос. техн. ун-т, 2008. 240 с.
- Карпачевский Л.О. Некоторые особенности разложения лесного опада // Проблемы лесного почвоведения. М.: Наука, 1973. С. 51–65.
- Карпачевский Л.О. Пестрота почвенного покрова в лесном биогеоценозе. М.: МГУ, 1977. 312 с.
- Карпачевский Л.О. Лес и лесные почвы. М.: Лесная пром-сть, 1981. 264 с.
- Классификация и диагностика почв СССР / Сост. В.В. Егоров, В.М. Фридланд, Е.Н. Иванова и др. М.: Колос, 1977. 224 с.
- Кошельков С.П. О формировании и подразделении подстилок в хвойных южнотаёжных лесах // Почвоведение. 1961. № 10. С. 19–29.
- Максимов А.А. Структура и динамика биоценозов речных долин. Новосибирск: Наука. Сибирское отделение, 1974. 260 с.
- Мелехов И.С. Об отложении лесной подстилки в зависимости от типа леса // Тр. Архангельского лесотехн. ин-та. Архангельск, 1957. Т. 17. С. 124–137.
- Миркин Б.М. Закономерности развития растительности речных пойм. М.: Наука, 1974. 174 с.
- Молчанов А.А. Гидрологическая роль леса. М.: АН СССР. 1960. 487 с.
- Попова Э.П., Горбачев В.Н. Особенности формирования и свойства подстилок лесных биогеоценозов Среднего Приангарья // Почвоведение. 1988. № 1. С. 109–116.
- Пураев А.С., Газизуллин А.Х. Защитные лесные насаждения Республики Татарстан и почвенно-экологические условия их произрастания. Казань: Казанский гос. аграрный ун-т, 2011. 176 с.
- Рыжкова Г.А. Структура и динамика опада лесных фитоценозов Центрально-Черноземного заповедника: автореферат дис. ... канд. биол. наук: 03.00.16. Воронеж, 2003. 24 с.
- Сабиров А.Т. Характеристика подстилки лесных биогеоценозов Среднего Поволжья // Лесное хозяйство Поволжья. Саратов: Саратовская государственная сельскохозяйственная академия, 1996. № 2. С. 111–115.
- Сапожников А.П. Лесная подстилка — номенклатура, классификация и индексация // Почвоведение. 1984. № 5. С. 96–105.
- Сапожников А.П. Об использовании признаков лесной подстилки в оценке гумусного состояния почв // Почвоведение. 1987. № 9. С. 26–31.
- Смирнов В.В. Сезонный опад в лесных биогеоценозах // Лесоведение. 1967. № 6. С. 62–75.
- Смирнов В.Н. Методика проведения полевых почвенных исследований в лесу для лесохозяйственных целей. Йошкар-Ола: Марийское гос. изд-во, 1958. 55 с.
- Смолянинов И.И. Биологический круговорот веществ и повышение продуктивности лесов. М.: Лесная пром-сть, 1969. 192 с.
- Ушакова Г.И. Особенности формирования и трансформации подстилки в лесных биогеоценозах Хибин // Почвоведение. 1999. № 12. С. 1463–1469.
- Ушакова Г.И. Влияние экологических условий на скорость и характер разложения лесной подстилки // Почвоведение. 2000. № 8. С. 1009–1015.
- Фаткуллин А.Ш. Почвы пойм малых рек Татарии. Казань: КГУ, 1968. 204 с.
- Шакиров К.Ш. Изучение размеров поступления, химического состава и свойств опада в различных насаждениях в целях рационального использования плодородия лесных почв // Взаимоотношения леса с почвой. Казань: КГУ, 1964. С. 83–118.
- Шаталов В.Г., Трещевский И.В., Якимов И.В. Пойменные леса. М.: Лесн. пром-сть, 1984. 160 с.

Forest Litter Features in Floodplain Forest of the “Bolshaya Kokshaga” Reserve

A. V. Isaev^{1, *} and Yu. P. Demakov^{1, 2}

¹*Bolshaya Kokshaga natural reserve, Voinov-Internatsionalistov st., 26, Yoshkar-Ola, 424038 Russia*

²*Volga State University Of Technology, Lenin sq., 3, Yoshkar-Ola, 424000 Russia*

*E-mail: avsacha@yandex.ru

The studies, carried out in the floodplain ecotopes of the Bolshaya Kokshaga reserve (Russia, the Republic of Mari El) are relevant due to the need to understand the patterns of formation of the forest litter properties, which are a sensitive integral indicator of the biogeocenoses conditions. The work has been carried out on 20 test plots located in different parts of the floodplain in areas with a point bar type of river bed evolution, and, in addition to the main physicochemical parameters, the weight of the litter, its fractional composition and seasonal dynamics, as well as carbon reserves in it, were estimated. It was established that the weight of the litter on the studies sites decreased during the growing season from 20 to 33% of its value at the end of May. The main loss of its mass was observed in the first half of summer. The variability of the litter's physicochemical parameters, especially its acidity, the degree of base saturation, the exchangeable calcium content, as well as the content of mobile phosphorus and potassium compounds, was found to be tied mainly to the features of the ecotopes, and their seasonal changes turned out to be statistically insignificant. It was determined that the greatest differences between the ecotopes were in the litter mass and the carbon stock in it. The mobile potassium and exchangeable calcium content were the highest in the litter of biotopes from the central part of the floodplain, and the content of ash and mobile phosphorus was the highest in the near-river zone. The ecotopes differed least of all in terms of the litter acidity and the degree of base saturation. It was shown that the carbon mass and stock in the litter of floodplain forests were significantly lower than in watershed stands, which was explained by its partial removal during floods, having the strongest effect in near-river ecotopes. The litter from the floodplain ecotopes, compared to the watershed ecotopes, also had significantly lower values of acidity, ash content, the sum of exchangeable bases, and the mobile potassium content. They surpassed the litter of lichen and mossy pine forests only in the mobile phosphorus content.

Keywords: “Bolshaya Kokshaga” reserve, floodplain biogeocenoses, forest litter, parameters, variability, causes.

REFERENCES

- Agroklimaticheskie resursy Mariiskoi ASSR*, (Agro-climatic resources of the Mari ASSR), Leningrad: Gidrometeoizdat, 1972, 107 p.
- Arinushkina E.V., *Rukovodstvo po khimicheskomu analizu pochv* (Handbook on chemical analysis of soils), Moscow: Izd-vo MGU, 1970, 490 p.
- Atkina L.I., Atkin A.S., Osobennosti nakopleniya podstilok v lesnykh soobshchestvakh (Peculiarities of litter accumulation in forest communities), *Pochvovedenie*, 2000, No. 8, pp. 1004–1008.
- Bogatyrev L.G., Demakov Y.P., Isaev A.V., Sharafutdinov R.N., Benediktova A.I., Zemskov F.I., Strukturno-funktsional'naya organizatsiya podstilok v borakh Mariiskogo Zavolzh'ya (Structural and functional organization of litter in the forests of the Mari Zavolzh'ye), *Vestn. Mosk. un-ta. Ser. 17. Pochvovedenie*, 2019, No. 1, pp. 3–9.
- Bogatyrev L.G., Demin I.I., Matyshak G.V., Sapozhnikova V.A., O nekotorykh teoreticheskikh aspektakh issledovaniya lesnykh podstilok (On some theoretical aspects of studying forest litters), *Lesovedenie*, 2004, No. 4, pp. 17–30.
- Bogatyrev L.G., O klassifikatsii lesnykh podstilok (On forest litters classification), *Pochvovedenie*, 1990, No. 3, pp. 118–127.
- Bogatyrev L.G., Obrazovanie podstilok – odin iz vazhneishikh protsessov v lesnykh ekosistemakh (Litter formation is one of the most important processes in forest ecosystems), *Pochvovedenie*, 1996, No. 4, pp. 501–511.
- Bogatyrev L.G., Shchenina T.G., Lesnye podstilki yuzhnoi taigi Kostromskoi oblasti (Forest litters of the southern taiga of the Kostroma region), In: *Struktura i dinamika ekosistem yuzhnotaevzhnogo Zavolzh'ya* (Structure and dynamics of ecosystems of the southern taiga Zavolzh'ye), Moscow: In-t evolyutsionnoi morfologii i ekologii zhivotnykh im. A.N. Severtsova, 1989, pp. 41–64.
- Braslavskaya T.Y., Struktura i dinamika rastitel'nogo pokrova v poimakh rek lesnogo poyasa (Structure and dynamics of vegetation cover in the floodplains of rivers in the forest belt), In: *Vostochno-evropeiskie lesa* (Eastern European forests), Moscow: Nauka, 2004, pp. 384–473.
- Demakov Y.P., Isaev A.V., Sharafutdinov R.N., Rol' lesnoi podstilki v borakh Mariiskogo Zavolzh'ya i variabel'nost' ee parametrov (Forest cover role in pine forests of mari Trans-Volga region and variability of soil cover parameters), *Nauchnye trudy gosudarstvennogo prirodnogo zapovednika “Bol'shaya Kokshaga”*, 2017, No. 8, pp. 15–43.
- Demakov Y.P., Isaev A.V., Talantsev V.I., Soderzhanie organiki i zol'nykh elementov v napochvennom pokrove i pochve sosnyakov lishainikovo-mshistykh (The content of organics and ash constituents in the ground cover and soil of lichen pine and mossy forests), *Nauchnye trudy gosudarstvennogo prirodnogo zapovednika “Bol'shaya Kokshaga”*, 2013, No. 6, pp. 56–76.

- Demakov Y.P., Isaev A.V., Talantsev V.I., Variabel'nost' sodержaniya zol'nykh elementov v napochvennom pokrove i verkhnem sloe pochvy sosnyaka lishainikovo (Variability of ash constituents content in the soil cover and topsoil (lichen pine forest)), *Nauchnye trudy gosudarstvennogo prirodnogo zapovednika "Bol'shaya Kokshaga"*, 2015, No. 7, pp. 29–40.
- Dobrovol'skii G.V., *Pochvy rechnykh poim tsentra Russkoi ravniny* (Soils of river floodplains in the center of the Russian Plain), Moscow: MGU, 1968, 268 p.
- Dylis N.V., Lesnaya podstilka v biogeotsenoticheskom osveshchenii (Forest litter in biogeocenotic clarification), *Lesovedenie*, 1985, No. 5, pp. 3–7.
- Dylis N.V., Nosova L.M., Speranskaya E.S., Osobennosti nakopleniya i razlozheniya opada v khvoinykh lesakh Podmoskov'ya (Features of the accumulation and decomposition of litter in the coniferous forests of the Moscow region), *Lesovedenie*, 1975, No. 6, pp. 10–18.
- Fatkullin A.S., *Pochvy poim malykh rek Tatarii* (Soils of floodplains of small rivers of Tataria), Kazan: KGU, 1968, 204 p.
- Gabeev V.N., Formirovanie lesnoi podstilki i sodержanie v nei zol'nykh elementov v sosnovykh lesakh Zapadnoi Sibiri (Formation of the forest litter and the content of ash elements in it in the pine forests of Western Siberia), In: *Lesovodstvennye issledovaniya v Zapadnoi Sibiri* (Forestry research in Western Siberia), Novosibirsk: Nauka, 1972, pp. 99–120.
- Isaev A.V., *Formirovanie pochvennogo i rastitel'nogo pokrova v poimakh rechnykh dolin Mariiskogo Poles'ya (na primere territorii zapovednika "Bol'shaya Kokshaga")* (Formation of soil and vegetation cover in the floodplains of the river valleys of the Mari Polesie (on the example of the territory of the reserve "Bolshaya Kokshaga")), Yoshkar-Ola: Mariiskii gos. tekhn. un-t, 2008, 240 p.
- Karpachevskii L.O., *Les i lesnye pochvy* (Forest and forest soils), Moscow: Lesnaya promyshlennost', 1981, 261 p.
- Karpachevskii L.O., Nekotorye osobennosti razlozheniya lesnogo opada (Some features of the decomposition of forest litter), In: *Problemy lesnogo pochvovedeniya* (Issues of forest soil science), Moscow: Nauka, 1973, pp. 51–65.
- Karpachevskii L.O., *Pestrota pochvennogo pokrova v lesnom biogeotsenoze* (Diversity of soil cover in forest biogeocoenosis), Moscow: Izd-vo MGU, 1977, 312 p.
- Klassifikatsiya i diagnostika pochv SSSR* (Classification and diagnostics of the soils of USSR), Moscow: Kolos, 1977, 224 p.
- Koshel'kov S.P., O formirovanii i podrazdelenii podstilok v khvoinykh yuzhnataezhnykh lesakh (On the formation and subdivision of litter in coniferous southern taiga forests), *Pochvovedenie*, 1961, No. 10, pp. 19–29.
- Maksimov A.A., *Struktura i dinamika biotsenozov rechnykh dolin* (Structure and dynamics of river valley biocenoses), Novosibirsk: Nauka, Sibirskoe otделение, 1974, 260 p.
- Melekhov I.S., Ob otlozhenii lesnoi podstilki v zavisimosti ot tipa lesa (On the deposition of forest litter depending on the forest type), *Tr. Arkhangel'skogo lesotekhn. in-ta*, 1957, Vol. 17, pp. 124–137.
- Mirkin B.M., *Zakonomernosti razvitiya rastitel'nosti rechnykh poim* (Patterns of development of vegetation of river floodplains), Moscow: Nauka, 1974, 174 p.
- Molchanov A.A., *Gidrologicheskaya rol' lesa* (Hydrological contribution of forest), Moscow: Izd-vo AN SSSR, 1960, 487 p.
- Popova E.P., Gorbachev V.N., Osobennosti formirovaniya i svoystva podstilok lesnykh biogeotsenozov Srednego Priangar'ya (Peculiarities of Formation and Properties of Litters of Forest Biogeocenoses in the Middle Angara Region), *Pochvovedenie*, 1988, No. 1, pp. 109–116.
- Puryaev A.S., Gazizullin A.K., *Zashchitnye lesnye nasazhdeniya Respubliki Tatarstan i pochvenno-ekologicheskie usloviya ikh proizrastaniya* (Protective forest plantations of the Republic of Tatarstan and soil and ecological conditions of their growth), Kazan: Kazanskii gos. agrarnyi un-t, 2011, 176 p.
- Ryzhkova G.A., *Struktura i dinamika opada lesnykh fitotsenozov Tsentral'no-Chernozemnogo zapovednika. Avtoreferat diss. kand. biol. nauk* (The structure and dynamics of the litter of forest phytocenoses of the Central Chernozem Reserve. Extended abstract of Candidate's biol. sci. thesis), Voronezh, 2003, 24 p.
- Sabirov A.T., Kharakteristika podstilki lesnykh biogeotsenozov Srednego Povolzh'ya (Characteristics of the litter of forest biogeocenoses of the Middle Volga region), In: *Lesnoe khozyaistvo Povolzh'ya* (Forestry of the Volga region), Saratov: Saratovskaya gosudarstvennaya sel'skokhozyaistvennaya akademiya, 1996, Issue 2, pp. 111–115.
- Sapozhnikov A.P., Lesnaya podstilka – nomenklatura, klassifikatsiya i indeksatsiya (Forest litter – nomenclature, classification and indexing), *Pochvovedenie*, 1984, No. 5, pp. 96–105.
- Sapozhnikov A.P., Ob ispol'zovanii priznakov lesnoi podstilki v otsenke gumusnogo sostoyaniya pochv (On the use of signs of forest litter in the assessment of the humus state of soils), *Pochvovedenie*, 1987, No. 9, pp. 26–31.
- Shakirov K.S., Izuchenie razmerov postupleniya, khimicheskogo sostava i svoystv opada v razlichnykh nasazhdeniyakh v tselyakh ratsional'nogo ispol'zovaniya plodorodiya lesnykh pochv (The study of the amount of input, chemical composition and properties of litter in various plantations in order to rationally use the fertility of forest soils), In: *Vzaimootnosheniya lesa s pochvoi* (Relationships between forest and soil), Kazan: KGU, 1964, pp. 83–118.
- Shatalov V.G., Treshchevskii I.V., Yakimov I.V., *Poimennyye lesa* (Floodplain forests), Moscow: Lesn. prom-st', 1984, 160 p.
- Smirnov V.N., *Metodika provedeniya polevykh pochvennykh issledovaniy v lesu dlya lesokhozyaistvennykh tselei* (Methodology for conducting field soil research in the forest for forestry purposes), Yoshkar-Ola: Mariiskoe gos. izd-vo, 1958, 55 p.
- Smirnov V.V., Sezonnyi opad v lesnykh biogeotsenozakh (Seasonal litter in forest biogeocenoses), *Lesovedenie*, 1967, No. 6, pp. 62–75.
- Smol'yaninov I.I., *Biologicheskii krugovorot veshchestv i povyshenie produktivnosti lesov* (Biological cycling and in-

creasing forest productivity), Moscow: Lesnaya promyshlennost', 1969, 192 p.

Smol'yaninov I.I., *Biologicheskii krugovorot veshchestv i povyshenie produktivnosti lesov* (Biological cycling and increasing forest productivity), Moscow: Lesnaya promyshlennost', 1969, 192 p.

Ushakova G.I., *Osobennosti formirovaniya i transformatsii podstilki v lesnykh biogeotsenozakh Khibin* (Features of the formation and transformation of the litter in forest biogeocenoses of the Khibiny), *Pochvovedenie*, 1999, No. 12, pp. 1463–1469.

Ushakova G.I., *Vliyanie ekologicheskikh uslovii na skorost' i kharakter razlozheniya lesnoi podstilki* (Influ-

ence of ecological conditions on the rate and character of forest litter decomposition), *Pochvovedenie*, 2000, No. 8, pp. 1009–1015.

Vadyunina A.D., Korchagina Z.A., *Metody issledovaniya fizicheskikh svoistv pochv* (Methods for studying the physical properties of soils), Moscow: Agropromizdat, 1985, 416 p.

Vasil'eva D.P., *Landshaftnaya geografiya Mariiskoi ASSR* (Landscape geography of the Mari ASSR), Yoshkar-Ola: Mariiskoe knizhnoe izdatel'stvo, 1979, 136 p.

Vilenskii D.G., *Pochvy Okskoi poimy* (Soils of the Oka floodplain), Moscow: MGU, 1955, 70 p.