

УДК: 631.417.1(574.4)

Л.Н. Шихова, Е.М. Лисицын

ДИНАМИКА ЗАПАСОВ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ЛЕСНОЙ ПОДСТИЛКИ ЮЖНО-ТАЕЖНОГО БИОГЕОЦЕНОЗА

Приведены данные двухлетних наблюдений за динамикой запасов органического вещества лесной подстилки южно-таежного лесного биогеоценоза в течение вегетационного сезона. Отмечено, что запасы органического вещества существенно варьируют в разные сроки сезона. Значительное влияние на динамику оказывают гидротермические факторы. В результате исследований выявлено, что, несмотря на значительные колебания запасов органического вещества в течение вегетационного сезона, в целом различия за сезон оказались недостоверны. То есть система органического вещества лесной подстилки стабильна и обладает динамическим равновесием. Даже аномальные гидротермические условия 2010 года не вывели систему из равновесия. Различия в средних запасах органического вещества подстилки в 2009 и 2010 годах оказались невелики, хотя характер динамики запасов в течение сезонов отличается.

Ключевые слова: лесная подстилка, запасы органического вещества, динамика.

В настоящее время значительно возрос интерес к изучению роли лесных экосистем, в особенности бореальных, как важнейших резервуаров углерода. Известно, что бореальные леса благодаря климатическим особенностям территорий их произрастания способны депонировать углерод не только в живой и мертвой биомассе, но и в растительном детрите, гумусе и почве. Следовательно, оценка запасов углерода в лесных экосистемах вызывает особый интерес и требует тщательного изучения.

Органический углерод почв является одним из ключевых звеньев глобального цикла углерода. Он может определять как свойства почв, режимы, содержание доступных соединений элементов питания для растений, так и в целом устойчивость всей экосистемы. Органический углерод почвенного компонента является колоссальным геохимическим аккумулятором, накопителем и хранителем солнечной энергии на земной поверхности.

В ходе наших многолетних исследований были изучены отдельные вопросы динамики содержания и запасов углерода в южно-таежных лесных и пахотных подзолистых почвах [1-3]. Логическим продолжением этих работ является изучение динамики запасов различных форм углерода в почвах подзоны южной тайги, особенно в лесной подстилке, которая является основным источником органического углерода в почве лесных биогеоценозов. В научной литературе подобных данных пока накоплено явно недостаточно. Между тем в биологическом круговороте углерода, азота и зольных элементов, а также в процессах почвообразования в лесных экосистемах немаловажное значение имеет именно лесная подстилка. Известно, что поступление растительных остатков на поверхность почвы в лесных экосистемах происходит неравномерно и их видовая принадлежность сильно варьирует по месяцам. Количество поступающего опада, его состав и интенсивность разложения в значительной степени определяют характер формирования лесной подстилки, морфологию и свойства почвы.

Целью данной работы является определение и оценка запасов углерода в горизонте подстилки лесного биогеоценоза подзоны южной тайги Кировской области и изучение их динамики в течение вегетационного сезона.

Материалы и методы исследований

Объектом исследования является почвенный компонент лесного биогеоценоза, представленного ельником кисличным, который находится в южно-таежной подзоне на территории Кировской области. Объект находится в верхней части пологого склона (1–2°) северной экспозиции. Фитоценоз представлен ельником кисличным с возрастом древостоя 60–80 лет. Фитоценоз характеризуется породным составом 10Е + П + С. Доминирующим видом древостоя является ель европейская (*Picea abies* L.).

Почва подзолистая, супесчаная на водно-ледниковых песчаных отложениях, подстилаемых суглинистыми отложениями. Водное питание смешанное, режим увлажнения промывной.

Для изучения динамики запасов углерода в 2009–2012 гг. были заложены 3 учетные площадки размером 10×10 метров каждая. Пробы лесной подстилки отбирали в пяти повторностях в начале сезона – один раз в неделю, далее – один раз в 2–4 недели в зависимости от погодных условий.

В пробах подстилки, подготовленных общепринятыми методами, определяли полевую влажность и потери при прокаливании [4].

Полученные первичные данные обрабатывались с помощью методов математической статистики, с применением пакета стандартных программ MS Excel и AGROS 2.07. На основе полученных данных рассчитывали запасы общего органического вещества лесной подстилки в тоннах на гектар.

Результаты и их обсуждение

Общая схема формирования органической части напочвенного покрова неразрывно связана с биологическим круговоротом веществ и почвообразованием, для которых наиболее существенным звеном является разложение мертвых органических остатков, сопровождающееся одновременно протекающими процессами: аккумуляцией первичного органического материала, разложением, микробным синтезом, гумификацией и минерализацией [5]. Таким звеном в южно-таежном биогеоценозе является лесная подстилка. Действительно, лесная подстилка характеризуется как органогенный горизонт, в котором происходит трансформация растительных остатков и всего органического материала, поступающего на поверхность почвы.

Образование опада – это процесс, динамичный во времени и дифференцированный в пространстве лесной экосистемы. Накопление органического углерода на поверхности почвенного компонента зависит прежде всего от соотношения между величиной его ежегодного прихода и величиной расхода. Известно, что поступление растительных остатков на поверхность почвы в лесных экосистемах происходит неравномерно и их видовая принадлежность сильно варьирует по месяцам.

На процесс преобразования опада влияют биотические и абиотические факторы. Механическое разрушение опада обусловлено циклами промораживания–оттаивания, иссушения–увлажнения, что приводит к закреплению органического углерода. В весенний и осенний периоды деструкции опада при относительно слабой микробиологической деятельности происходят максимальные потери и последующая миграция из подстилки различных элементов.

При поступлении опада в сформировавшуюся подстилку он включается в цикл трансформации органического вещества. С поступающим опадом преобразуется и сама подстилка. Последовательный ряд преобразований обусловлен действием ряда изменяющихся и относительно постоянных факторов. В числе первых – характер растительных остатков и гидрологический режим почв. Ко вторым можно отнести климатические условия местности (микроклимат), гранулометрический и минералогический состав почв, положение в системе геохимических ландшафтов.

Постоянство состава поступающих растительных остатков при прочих равных условиях ведет к стабилизации процессов разложения и формированию профиля подстилки [6].

Для оценки скорости и напряженности круговорота органических веществ в лесных биогеоценозах необходимо знать запасы подстилки.

Рассматривая вопросы пространственной вариабельности запасов углерода в компонентах бо-реальных экосистем, можно заметить, что для условий южной тайги в литературе практически отсутствуют данные по запасам органического углерода в подстилках.

Согласно некоторым исследованиям, запасы углерода горизонта подстилки лесных почв таежной зоны могут давать различные значения, существенно отличающиеся друг от друга. Например, по результатам исследований, проведенных в лесных биогеоценозах подзоны южной тайги Звенигородской биостанции Московского государственного университета (Московская область), запасы углерода подстилок в ельниках составляют 40 ± 33 т/га ($4,0 \pm 3,3$ кг/м²) [7]. По исследованиям тех же авторов, в 2010 году запасы углерода в подстилках еловых экосистем Костромской области составляли $10 \pm 0,9$ т/га ($1,0 \pm 0,9$ кг/м²). В еловых биогеоценозах Московской области запасы углерода были оценены в 20 ± 17 т/га ($2,0 \pm 1,7$ кг/м²).

Такие существенные расхождения в оценке запасов органического материала подстилки, очевидно, связаны с использованием различных подходов и методик оценки с разными сроками проведения исследований. В тоже время одними из предполагаемых причин могут являться различные особенности лесорастительного покрова, значительное варьирование климатических условий и зональные особенности формирования экосистем.

Преобразованное в процессе деструкции органическое вещество лесной подстилки мигрирует по почвенному профилю и закрепляется в нижележащих горизонтах. Трансформированный органический материал в большом количестве наблюдается в верхнем горизонте почвы.

В горизонте лесной подстилки (0–5 см) исследуемого южно-таежного биогеоценоза запасы органического вещества в среднем за сезон наблюдений 2009 г. составили $42,94 \pm 2,10$ т/га. Полученная величина вполне согласуется с немногочисленными данными других исследователей. По результатам исследований, проведенных в березово-еловом молодняке в Республике Коми, запасы лесной подстилки оцениваются в 46,1 т/га, с накоплением за вегетационный сезон на 37 % [8]. В спелых ельниках Республики Коми запасы лесной подстилки варьируют в пределах от 26 т/га до 77 т/га [9].

Анализируя результаты изучения динамики запасов органического вещества подстилки, необходимо отметить следующее (рис. 1). В различные периоды вегетационного сезона наблюдаются достоверные волнообразные колебания запасов углерода.

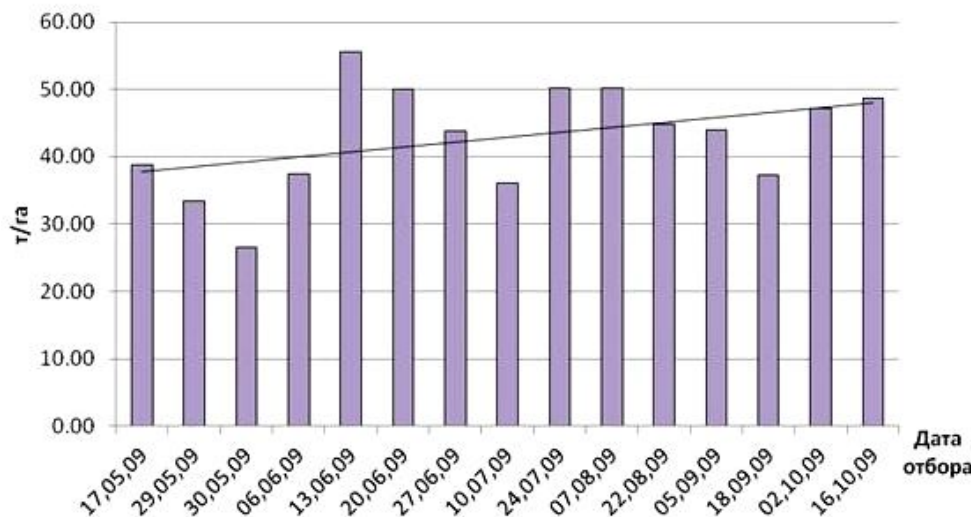


Рис. 1. Динамика запасов органического вещества в горизонте лесной подстилки лесного таежного Биогеоценоза, 2009 год

В начале вегетационного сезона запасы углерода подстилки составляли $38,81 \pm 11,38$ т/га. К завершению сезона наблюдений запасы увеличились на 20,1 % и составили $48,68 \pm 9,20$ т/га. Максимальный показатель запасов органического вещества подстилки отмечен во второй декаде июня ($55,64 \pm 3,04$ т/га). Минимум был зафиксирован в конце мая и составил $26,47 \pm 4,37$ т/га. На графике хорошо заметна тенденция увеличения запасов органического материала от начала периода наблюдений к его завершению.

Возможной причиной такого варьирования показателей запасов органического материала является, с одной стороны, повышение деструктивной активности почвенных микроорганизмов в связи с благоприятными погодными условиями, в результате этого запасы уменьшаются. А с другой стороны – неблагоприятные физические факторы среды с недостаточным режимом увлажнения, которые тормозят деструктивную активность почвенной биоты, что приводит к резкому увеличению запасов. Несмотря на значительные достоверные колебания величины запасов в течение сезона, значения в начале и в конце сезона отличаются недостоверно, что говорит об относительной устойчивости и стабильности системы почвенного органического вещества.

Второй сезон наблюдений (2010 г.) характеризовался аномальными погодными явлениями, сочетанием в середине лета засухи и высоких температур. Среднее значение запасов за период наблюдения за лесным биогеоценозом южной тайги установилось на отметке $48,64 \pm 3,06$ т/га, что на 11,72 % выше, чем в 2009 г. Однако разница хотя и достоверна, но не столь существенна.

В начале сезона 2010 г. запасы составляли $50,25 \pm 12,15$ т/га (рис. 2). Минимальное значение запасов органического вещества подстилки составляет $33,42 \pm 7,12$ т/га. В то же время низкие показатели запасов были отмечены в первой и второй декадах мая и составили $38,14 \pm 11,61$ т/га и $37,24 \pm 3,25$ т/га соответственно. Максимум запасов углерода был отмечен в конце вегетационного сезона, в первой декаде августа, который составил $65,07 \pm 4,24$ т/га. В конце сезона измерений запасы органического вещества подстилки составили $45,76 \pm 9,02$ т/га.

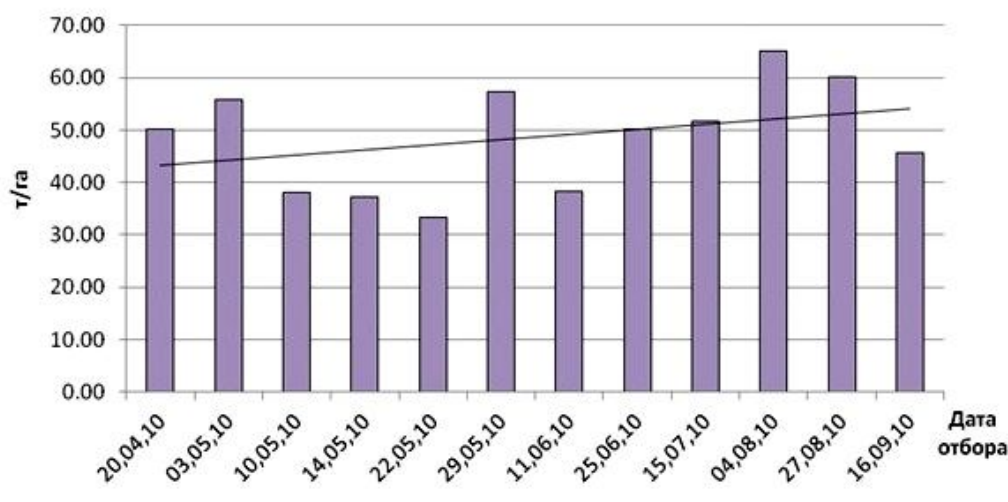


Рис. 2. Динамика запасов общего органического вещества в горизонте лесной подстилки лесного таежного биогеоценоза, 2010 год

Полученные результаты свидетельствуют о том, что за сезон наблюдений 2010 года запасы общего органического вещества горизонта подстилки уменьшились на 8,94 %. Наблюдались значительные отклонения как в сторону повышения запасов органики, так и в сторону понижения. Очевидно, что аномально высокие температуры в сочетании с нестабильным режимом увлажнения в сезон исследований 2010 г. сказались на процессах трансформации органических соединений.

Вегетационные сезоны 2009 и 2010 гг. отличались характером колебаний значений запасов углерода. Колебания значений запасов в течение исследуемых периодов в значительной степени зависели от климатических факторов года исследований.

Погодно-климатические условия и влагообеспеченность влияют на микробиологическую активность, а также способствуют деструкции, перераспределению и накоплению органических соединений в профиле почвы [10].

Деструкция и минерализация органического материала подстилок, а соответственно и органических соединений углерода в целом по профилю, носит динамичный характер: максимум отмечается в летний период, причем наблюдается снижение содержания углерода от весны к середине лета и увеличение к осени.

Сезон наблюдений 2009 г. в целом характеризовался близкими к среднемуголетним показателями температуры и осадков (рис. 3). Температурный максимум исследуемого периода пришелся на июль месяц, а температурный минимум – на вторую декаду сентября. Наибольшее количество осадков было зафиксировано в первых декадах июня, июля, третьих декадах июля, августа. Наименьшее количество осадков было отмечено в первых двух декадах мая (4 мм и 6 мм соответственно), второй декаде июля (6 мм) и первых двух декадах сентября (7 мм и 2 мм соответственно). Наблюдались периоды, когда высокие температуры сочетались с небольшим количеством осадков. Засушливый период с высокими температурами пришелся на вторую декаду июля и первую декаду сентября [11].

При сопоставлении и анализе графиков динамики изменения запасов органического вещества подстилки в сочетании с погодно-климатическими условиями вегетационного периода прослеживается четкая зависимость показателей запаса углерода от рассматриваемых факторов среды. Благоприятные температуры и оптимальное количество осадков способствовали активизации деятельности почвенных микроорганизмов, в связи с чем произошло снижение запасов органического вещества (рис. 1). И напротив, периоды с низкими либо слишком высокими температурами и недостаточным увлажнением способствовали угнетению деятельности почвенных деструкторов, следовательно, велик к увеличению запасов углерода.

Однако необходимо помнить, что процессы деструкции и трансформации происходят не сразу, а дифференцированы и сдвинуты во времени и пространстве, то есть после наступления благоприятных условий для разложения соединений углерода снижение его запасов будет наблюдаться с некоторым запозданием. В почвенном профиле еще какое-то время будут сохраняться благоприятные условия для увеличения запасов углерода.

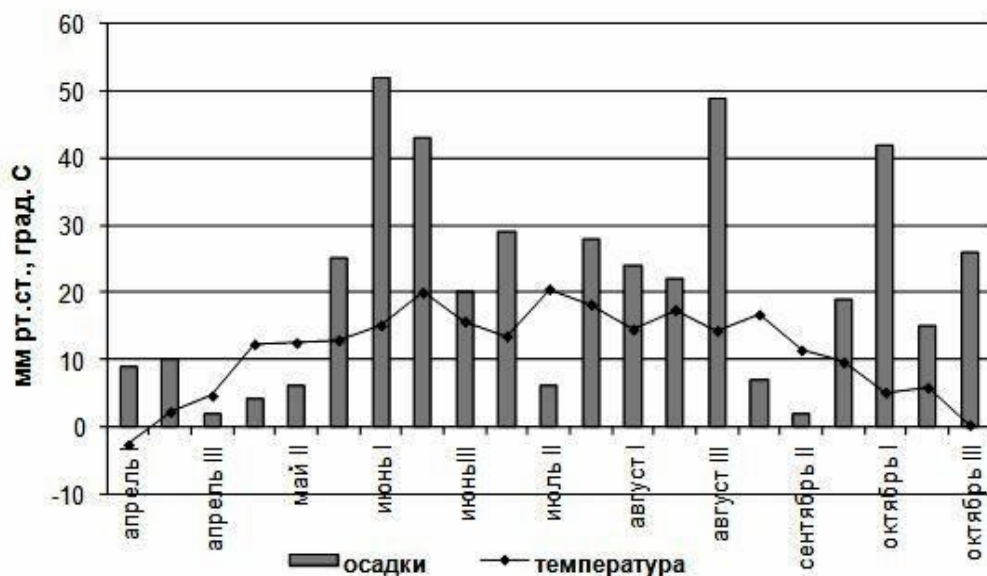


Рис. 3. Температура и количество осадков в вегетационный период 2009 года [11]

Лесная подстилка как горизонт, находящийся на поверхности, наиболее чувствительна к воздействию климатических факторов по сравнению с нижележащими горизонтами [12].

В период аномального климатического сезона 2010 г. динамика запасов органического вещества подстилки значительно отличалась от предыдущего года (рис. 2, 4).

Максимальные температуры за вегетационный сезон 2010 года наблюдались с третьей декады июня по вторую декаду августа и составили 20,9 °C и 27,2 °C, причем осадки практически полностью отсутствовали. За три летних месяца максимум температуры приходился на июль и составил 23,1 °C при минимуме осадков – 9 мм за месяц. Засушливый период летних месяцев с высокими температурами и минимальным количеством осадков оказал достаточно сильное влияние на состояние экосистем, их продуктивность, а также на динамику запасов органического вещества в почвенном компоненте экосистемы.

Во второй и третьей декадах мая 2010 г. при повышении температуры и количества влаги запасы общего органического вещества снижались. Одним из возможных объяснений такого явления может быть активизация деструктивной активности почвенной биоты.

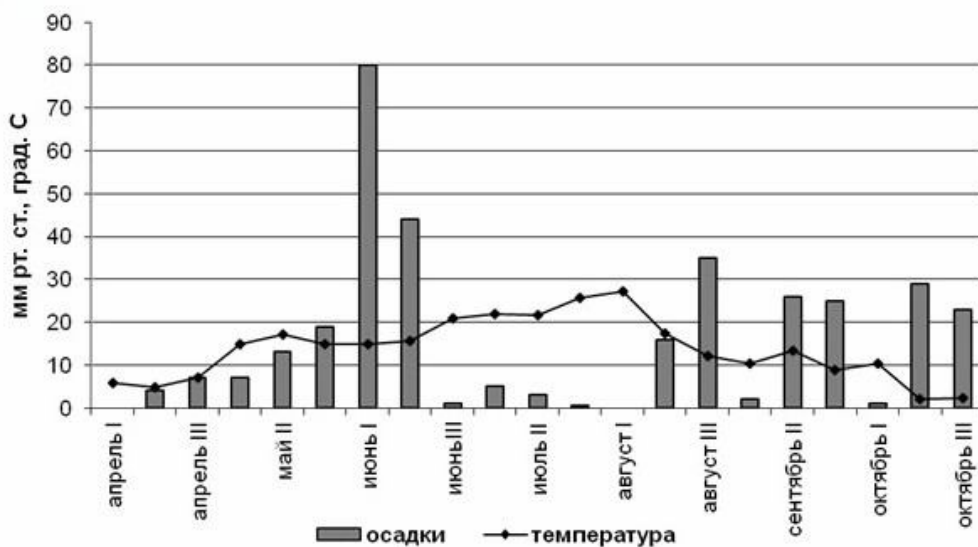


Рис. 4. Температура и количество осадков в вегетационный период 2010 года [13]

Известно, что в пределах обычных температур, наблюдаемых на земной поверхности, скорость разложения органического вещества повышается с повышением температуры. Однако во время летней засухи наблюдается обратная картина. Показатели запасов органического вещества подстилки стабильно увеличивались и достигли своего максимального значения в первой декаде августа, а затем медленно снижались. Показатели температуры также возросли, но при этом осадки практически отсутствовали. В первую декаду августа осадков вообще не выпадало (0 мм). Очевидно, что в горизонт подстилки, вследствие неблагоприятных погодных факторов, поступало большое количество наземного опада, который не трансформировался в условиях резкого дефицита влаги.

Таким образом, изменение запасов органического вещества почвы – это результат взаимодействия сложных и разнообразных факторов, пересекающихся в биогеоценозе. Поэтому характер и причины колебания запасов органического углерода бореальных биогеоценозов требуют дальнейшего изучения.

Заключение

Лесная подстилка – важнейший компонент лесного таежного биогеоценоза, через который происходит сток органического углерода из верхних ярусов в почвенные горизонты. Процессы трансформации органического вещества подстилки существенно влияют на характер и скорость круговорота углерода в лесных биогеоценозах.

В результате исследований выявлено, что, несмотря на значительные колебания запасов органического вещества в течение вегетационного сезона, в целом различия за сезон оказались незначительными. То есть система органического вещества лесной подстилки стабильна и обладает динамическим равновесием. Даже аномальные гидротермические условия 2010 года не вывели систему из равновесия. Различия в средних запасах органического вещества подстилки в 2009 и 2010 годах оказались невелики, хотя характер динамики запасов в течение сезонов отличается.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шихова Л.Н. Содержание и динамика тяжелых металлов в почвах северо-востока европейской части России: автореф. дис. ... д. с.-х. наук. Киров, 2005. 40 с.
2. Шихова Л.Н., Лисицын Е.М. Динамика содержания и запасов углерода гумуса в пахотных подзолистых почвах подзоны южной тайги Кировской области // Вестн. Удм. ун-та. Сер. Биология. Науки о земле. 2014. Вып. 2. С. 7-13.
3. Лисицын Е.М., Шихова Л.Н., Овсянкина А.В. Эдафические стрессовые факторы северо-востока европейской России и проблемы селекции растений // Сельскохозяйственная биология. 2004. № 3. С. 42-60.
4. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во МГУ, 1972. 490 с.
5. Кудрявцев В.А. Формирование лесной подстилки в еловых культурах кисличниковых растительных условий // Лесное хозяйство, 2009. № 3. С. 16-17.
6. Богатырев Л.Г., Демин В.В., Матышак Г.В., Сапожников В.А. О некоторых теоретических аспектах исследования лесных подстилок // Лесоведение. 2004. № 4. С. 17-28.
7. Подвезенная М.А., Рыжова И.М. Зависимость вариабельности запасов углерода в почве от пространственной структуры растительного покрова лесных биогеоценозов // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 17. Почвоведение. 2010. № 4. С. 3-9.
8. Пристова Т.А. Характеристика древесного опада и запасы лесной подстилки в лиственных насаждениях средней тайги // Вестн. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН. 2011. № 9. С. 7-9.
9. Кузнецов М.А., Осипов А.Ф. Растительный опад как компонент биологического круговорота углерода в заболоченных хвойных сообществах средней тайги // Вестн. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН. 2011. № 9. С. 10-12.
10. Орлов Д.С., Бирюкова О.Н., Суханова Н.И. Органическое вещество почв Российской Федерации. М.: Наука, 1996. 256 с.
11. Агрометеорологический бюллетень по Кировской области на 2009 г. Киров: НИИ Северо-Востока, 2010.
12. Шихова Л.Н., Зубкова О.А., Русских Е.А., Корякина Е.В. Динамика запасов углерода в почвенном ярусе лесной таежной экосистемы // Вестн. Удм. ун-та. Сер. Биология. Науки о земле. 2011. Вып. 4. С. 31-39.
13. Агрометеорологический бюллетень по Кировской области на 2010 г. Киров: НИИ Северо-Востока, 2011.

L.N. Shikhova, E.M. Lisitsyn

DYNAMICS OF ORGANIC MATTER STOCKS IN FOREST LITTER OF SOUTH TAIGA BIOGEOCENOSIS

The article presents data of two-year investigations over dynamics of organic matter stocks in forest litter of South taiga forest biogeocenosis during a growing season. It is noticed that stocks of organic matter significantly vary in different periods of a season. Hydrothermal factors exert considerable influence on their dynamics. The survey results show that, despite considerable fluctuations of stocks of organic matter during a growth season, distinctions over a season have appeared insignificant. It means that the system of organic matter of a forest litter is stable and possesses dynamic balance. Even abnormal hydrothermal conditions of 2010 have not decomposed the system. Average stocks of organic matter in forest litter in 2009 and 2010 differ slightly, though the character of stock dynamics varies during seasons.

Keywords: forest litter, stocks of organic matter, dynamics.

Шихова Людмила Николаевна,
доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры
экологии и зоологии
E-mail: shikhova-l@mail.ru

Лисицын Евгений Михайлович,
доктор биологических наук, профессор кафедры
экологии и зоологии
E-mail: edaphic@mail.ru

ФГБОУ ВПО «Вятская государственная
сельскохозяйственная академия»
610017, Россия, г. Киров, ул. Октябрьский пр., 133

Shikhova L.N.,
Doctor of agricultural sciences, Professor
at Department of Ecology and zoology
E-mail: shikhova-l@mail.ru

Lisitsyn E.M.,
Doctor of Biology, Professor
at Department of Ecology and zoology
E-mail: edaphic@mail.ru

Vyatka State Agricultural Academy
Ostjabsky prospect, 133, Kirov, Russia, 610017