

УДК 630*114.351+631.484

**ОПАД ФИТОМАССЫ В ПОСТПИРОГЕННЫХ ЛИСТВЕННИЧКАХ
ЗЕЙСКОГО ЗАПОВЕДНИКА (ВЕРХНЕЕ ПРИАМУРЬЕ)****С. В. Брянин, Е. Р. Абрамова***Институт геологии и природопользования ДВО РАН
675000, Благовещенск, переулок Релочный, 1*

E-mail: bruanin@gmail.com, abramova.sci@gmail.com

Поступила в редакцию 21.04.2016 г.

Лесная подстилка – один из основных источников углерода и элементов питания в лесных экосистемах, а лесные пожары – мощный фактор, нарушающий потоки веществ и процессы депонирования углерода. Представлены первые результаты стационарных исследований годового потока опадающей фитомассы в постпирогенном лиственничном *Larix gmelinii* (Rupr.) Rupr. лесу. Исследования проведены в предгорьях хр. Тукурингра (Верхнее Приамурье). Установлено, что суммарное годовое поступление опада надземной части растительности в лиственничнике через 11 лет после пожара в 2.8 раза ниже, чем в контрольном лесу. В горельнике обнаружено существенное изменение качественного состава опада. Поступление углерода с опадом в контрольном лесу составляет 164, а в горельнике – $76 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{год}^{-1}$, азота – 1.7 и $2.4 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{год}^{-1}$ соответственно. Выявлено, что в опаде насаждения, пройденного пожаром, преобладают органические остатки, обогащенные азотом. Результаты работы свидетельствуют о существенном изменении процессов интенсивности поступления опада в постпирогенных таежных лесах. Данные, полученные в ходе исследований, могут быть применены при составлении моделей углеродного баланса постпирогенных бореальных лесов.

Ключевые слова: *лесные пожары, опад, углерод, азот, лиственница Гмелина.*

DOI: 10.15372/SJFS20170210

ВВЕДЕНИЕ

Бореальные леса занимают около 13.7 млн км², что составляет 15 % всей поверхности суши, и являются основным резервуаром углерода (С) на планете (Gower et al., 2001; Lai, 2005). Для этих экосистем в силу холодного климата характерны замедленные темпы биологического круговорота, поэтому леса бореального пояса накапливают органического вещества больше, чем любая иная наземная экосистема (Базилевич и др., 1978). Основным и долговременным стоком С в таежных лесах является почвенный покров. По данным R. K. Dixon et al. (1994), содержание С в различных компонентах холодных экосистем значительно различается. Растительность бореальных лесов содержит 88, а почвы – 471 Гт С, что составляет значительную часть глобальных запасов этого элемента. По оценкам L. Mukhortova et al. (2015), содержание почвенного органического С (включая напочвенный

опад и лесную подстилку) в российских лесах составляет 145 Гт.

Основными источниками органического вещества почв в лесных экосистемах являются опад надземной части, лесная подстилка, корневой опад и легкоразлагаемый гумус (Кудяров и др., 2007). Опад древесных пород играет огромную роль в жизни лесных биогеоценозов, являясь важным звеном биологического круговорота и основным поставщиком органического вещества и энергии от растительности к почве. Помимо органической массы, заключенной в листьях древесных пород, ветвях и остатках коры, необходимо учитывать биомассу напочвенного покрова, который также является важным аккумулялирующим компонентом лесных экосистем (Ведрова, 2011; Осипов, 2014). Опад является источником С и азота (N) для процессов гумусообразования и одним из ключевых компонентов в круговороте С и питательных веществ в лесных экосистемах. По разным

оценкам, содержание С в компонентах растительного опада изменяется от 40.7 до 53.1 % абсолютно сухой массы (Телицын, 1973; Бобкова, Тужилкина, 2001).

Нарушение естественных экологических условий изменяет интенсивность и направленность потоков вещества и энергии в лесных экосистемах. Основным фактором, нарушающим естественный цикл С, в таежных лесах являются пожары (Кудеяров и др., 2007). В глобальном масштабе на территории бореальных лесов ежегодно прогорают 464 Мга лесов (Santin et al., 2014). В России от пожаров страдают обширные лесные пространства Сибири и Дальнего Востока (Makoto et al., 2007; Пожары..., 2010; Волокитина, 2014). Большинство лесных пожаров – низовые, при которых древесный ярус значительно угнетается, но, как правило, сохраняет свою жизнеспособность. Поэтому почти все леса в этой зоне или представляют собой стадии послепожарных сукцессий, или имеют следы давнего воздействия огня (Волокитина, 2015).

Пирогенные лесные экосистемы привлекают внимание ученых на протяжении многих лет. Изучаются как отдельные их компоненты, так и функционирование пирогенных экосистем в целом (Сапожников, 1976; Фуряев, 1996; Краснощеков и др., 2014). Основным глобальным последствием пожаров являются выбросы С в атмосферу. Почвы и напочвенное органическое вещество в виде опада и лесной подстилки являются первостепенным объектом воздействия огня. В настоящее время известно, что низовые пожары приводят к уничтожению напочвенного покрова, вследствие чего полное восстановление его биомассы и видового разнообразия занимает многие десятилетия (Прокушкин и др., 2006). По данным Г. А. Ивановой с соавторами (2014), сгорание подстилки вызывает огневые или тепловые повреждения камбия ствола и корней и является причиной отпада деревьев. В лесных экосистемах с высокой периодичностью пожаров лесная подстилка не накапливается, что приводит к эродированности поверхностных горизонтов почв (Брянин и др., 2013; Краснощеков, 2014). Пожары высокой интенсивности влекут за собой значительное снижение фитомассы напочвенного покрова, и либо восстановление ее до исходного состояния идет очень медленно, либо формируются другие группировки растительности (Ковалева и др., 2011; Жила и др., 2011).

Многие работы посвящены исследованию компонентов углеродного цикла и потоков биогенных элементов как в фоновых, так и в пост-

пирогенных таежных лесах (Дергачева и др., 2007; Ведрова, 2008; Пристова, 2010; Ведрова и др., 2012; Иванов, 2015). Другие исследования характеризуют послепожарное возобновление древесной растительности, динамику нижних ярусов пирогенно-измененных бореальных лесов и накопление лесной подстилки в них (Lecomte et al., 2005; Makoto et al., 2007; Ковалева и др., 2011; Cai et al., 2013). При этом процессам накопления органического вещества в лесах, восстанавливающихся после пожаров, уделяется недостаточно внимания. Поскольку масштабы пирогенного воздействия весьма велики, такие исследования необходимы при анализе основных потоков органического С в бореальных лесах.

Цель работы – изучение интенсивности поступления и содержания органического вещества в опаде лиственничников Зейского заповедника, подверженных влиянию пожара. В работе рассматриваются сезонная динамика опада древесного яруса, его фракционный состав, опад напочвенного покрова, содержание углерода и азота во фракциях опада в фоновом лиственничнике и в насаждении, пройденном устойчивым низовым пожаром 2003 г.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проведены в Зейском государственном природном заповеднике, расположенном в восточной части хр. Тукурингра (54°00' с. ш., 127°02' в. д.). Территория находится в пределах абсолютных высот 315–1442 м над ур. м. с преобладанием отметок до 600 м над ур. м. Климат умеренно холодный, континентальный, с муссонным характером распределения осадков. Средняя многолетняя температура воздуха января – 28.8 °С, июля + 19.7 °С, среднегодовая – 0.7 °С. Абсолютный минимум составляет – 52.0 °С, максимум +36.9 °С. Среднее количество осадков 527 мм, большая их часть выпадает в летний период. Преобладают ветра северо-восточного направления со средней скоростью от 1.2 до 2.2 м · с⁻¹ (Амурский центр..., 2015). Лиственничные леса являются коренными для светлохвойной тайги и покрывают большую часть территории заповедника. Несмотря на высокий уровень противопожарной охраны, леса подвергаются периодическим пожарам, которые проникают в заповедник с прилегающих территорий. Так, во время пирогенной аномалии 2003 г. пожарами нарушено более 1 тыс. га лесов заповедника.

Таблица 1. Характеристика исследуемых древостоев

ПП	Состав	Древесная порода	Возраст, лет	Высота, м	Диаметр, см	Густота, шт./га
37П	8Л2Бб	Лиственница	120	19	28	124
		Береза	80	18	26	64
38К	6Бб4Л	Лиственница	100	19	26	436
		Береза	90	21	24	484

Исследования проводили с мая 2014 г. в лиственничнике брусничном на постоянных пробных площадях (ПП), каждая по 0.25 га: первая – контрольная (38К), вторая – горельник 2003 г. (37П). ПП расположены в аналогичных ландшафтных условиях на пологом склоне южной экспозиции, уклон поверхности составляет 5°–7°, расстояние между ними – 800 м. Почвы – буроземы грубогумусовые среднесуглинистые, маломощные (не более 60 см), сильнокаменистые с глубины 20–25 см. По данным лесоустройства, проведенного до пожара 2003 г., исследуемые ПП имели аналогичные таксационные характеристики. На обеих ПП проведены описание растительности согласно сводке С. К. Черепанова (1995), а также сплошной пересчет древостоя, результаты которого приведены в табл. 1.

На ПП 38К (контроль) древостой образован лиственницей Гмелина *Larix gmelinii* (Rupr.) Rupr., березой плосколистной *Betula platyphylla* Sukacz. с единичными экземплярами ели сибирской *Picea obovata* Ledeb и тополя дрожащего *Populus tremula* L. Деревья не имеют явных признаков нарушения пожаром. В кустарниковом ярусе преобладает рододендрон даурский *Rhododendron dauricum* L., который на большей части ПП вместе с ольховником кустарниковым *Duschekia fruticosa* (Rupr.) Pouzar образует первый ярус высотой 4–5 м. Кустарники, такие как багульник болотный *Ledum palustre* L., кедровый стланец *Pinus pumila* (Pall.) Regel и рябина сибирская *Sorbus sibirica* Hedl., представлены единичными экземплярами. Травянистый покров состоит из незначительного числа видов высших сосудистых растений с преобладанием майника среднего *Maianthemum intermedium* Worosch. и брусники *Vaccinium vitis-idaea* L. при значительном участии вейника *Calamagrostis* sp. и осоки шаровидной *Carex globularis* L. Возобновление слабое, количество видов небольшое: береза плосколистная, лиственница Гмелина, ель обыкновенная и тополь дрожащий. В целом вегетативное возобновление незначительно преобладает над семенным с абсолютным домини-

рованием как по количеству, так и по высоте березы плосколистной.

На ПП 37П (горельник) древостой сильно изрежен пожаром и последующим отпадом деревьев. Основными породами являются лиственница Гмелина, береза плосколистная и ель обыкновенная. На стволах всех деревьев, сохранивших жизнеспособность, наблюдаются подпалы до высоты 1.5–1.9 м, кроны лиственниц значительно угнетены. В подлеске определено 3 вида ив (козья *Salix caprea* L., тарайкинская *Salix taraikensis* Kimura и скрытная *Salix abscondita* Laksch.), рябина сибирская, ольховник кустарниковый, бузина сибирская *Sambucus sibirica* Nakai и черемуха азиатская *Padus asiatica* Kom. В кустарниковом ярусе ПП определено 8 видов, из которых наиболее представлены смородина малоцветковая *Ribes pauciflorum* Turcz. ex Pojark., шиповник иглистый *Rosa acicularis* Lindl., рябинник рябинолистный *Sorbaria sorbifolia* (L.) A. Br., малина обыкновенная *Rubus idaeus* L. и таволга средняя *Spiraea media* Franz Schmidt. В травянистом покрове преобладают вейник и брусника. Реже встречаются такие виды, как мерингия бокоцветковая *Moehringia lateriflora* (L.) Fenzl, майник двулистный *Maianthemum bifolium* (L.) F. W. Schmidt, хвощ луговой *Equisetum pratense* Ehrh., земляника восточная *Fragaria orientalis* Losinsk. В напочвенном покрове открытых мест преобладают мхи. Возобновление активное и многочисленное, состоящее из березы плосколистной и лиственницы Гмелина, которая преобладает.

Для оценки общего годового поступления опада надземной части фитомассы и сезонной динамики опада на обеих ПП установили в общей сложности 10 опадоуловителей. Их размер и форму выбирали согласно методикам Н. И. Базилевич с соавт. (1978). Площадь опадоуловителя составляла 0.98 м². Сбор материала в период с мая по октябрь производили ежемесячно и однократно в период с ноября по апрель. Определение биомассы напочвенного покрова производилось по Л. Е. Родину с со-

авт. (1968). На каждой ПП с площадок по 1 м² в 10-кратной повторности производили срезку всех растений напочвенного покрова. Собранный материал травянисто-кустарничкового яруса разделяли на однолетние растения, которые включали во фракцию опада напочвенного покрова, и многолетние (мхи и брусника), входящие в состав укосов, их учитывали отдельно, за исключением отмерших частей, которые также включали в опад напочвенного покрова.

Отобранный растительный материал при необходимости подсушивали до воздушно-сухого состояния и распределяли по фракциям: «листья», «хвоя», «ветви», «травы» (опад однолетних растений напочвенного покрова), «прочее» (мох, чешуйки, уголь, насекомые, грибы, семена, кора). Полученные образцы высушивали до постоянной массы при 60 °С и взвешивали. Для определения содержания органического углерода и азота в опаде каждую фракцию измельчали в полном объеме до состояния пудры, затем усредняли и отбирали образец для анализа. Содержание органического С и N определяли методом каталитического окисления на приборе TOC-L Shimadzu (Япония) в Аналитическом центре минералого-геохимических исследований ИГиП ДВО РАН. Статистическую обработку данных проводили в программе R (R Development Core Team, 2014).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Лесные пожары в бореальных лесах нарушают структуру надземной части экосистемы, существенно изменяя ее функционирование. В результате интенсивных низовых пожаров и в послепожарный период происходит отпад древостоя, приводящий к снижению суммарно-

го ежегодного поступления опада в лесных сообществах. В ходе исследований в бореальных лесах Центральной Сибири установлено, что основная часть опада формируется из отмирающих органов надземной фитомассы древостоя (Ведрова, 2011). Листовому опаду принадлежит наиболее существенная роль в формировании лесной подстилки. По оценкам Л. Е. Родина и Н. И. Базилевич (1965), количество листового опада в таежных лесах России составляет 30–66 % полного опада этих лесов. По результатам метаанализа (Chun-jiang et al., 2003), доля листовой фракции в общей массе опада ненарушенных бореальных лесов Евразии составляет 71 %, т. е. на долю опада трав, кустарников и прочих фракций приходится менее 30 % общего количества опада.

В наших исследованиях устойчивый низовой пожар 2003 г. привел к полному выпадению березы и значительной части лиственницы на площади 37П, жизнеспособность сохранили только зрелые деревья лиственницы, поэтому спустя 11 лет после пожара наблюдаются существенные различия общего поступления опада в горельнике и на контрольной ПП.

Суммарное надземное поступление опада в исследуемых лесных сообществах составляет 363 и 159 г·м⁻² на ПП 38К и 37П соответственно (рис. 1, а).

В результате устойчивого низового пожара и последующего изменения в составе древостоя и напочвенного покрова произошло снижение общего поступления органического вещества от надземной части экосистемы в 2 раза и более. Количество опада древесного яруса в горельнике было ниже в 2.8 раза по сравнению с контрольной ПП за счет полного выпадения березы и значительной части лиственницы. При-

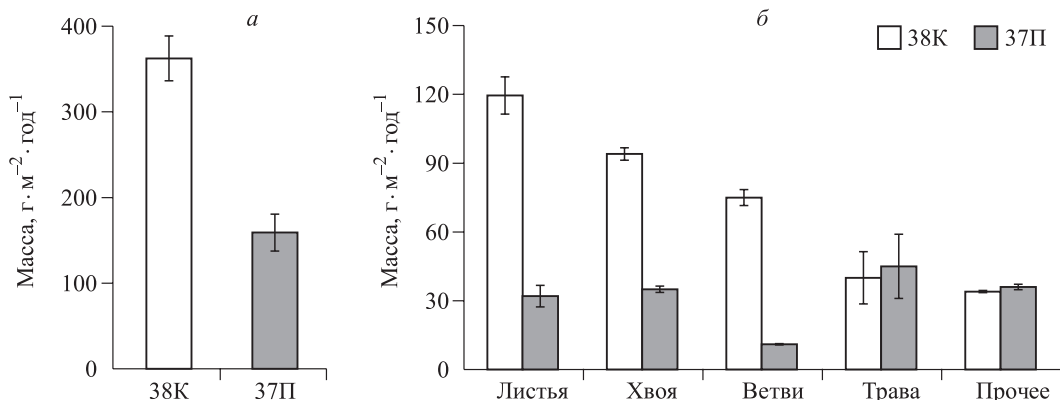


Рис. 1. Суммарное количество (а) и состав опада (б) на исследуемых ПП: здесь и на рис. 2 38К – контроль, 37П – горельник 2003 г. Данные на графике – среднее из 60 индивидуальных измерений, пределы погрешностей – стандартные ошибки средних величин.

водимые в литературе данные о доле участия листового фракции в формировании общего опада (Chun-jiang et al., 2003) с некоторыми отклонениями соответствуют полученным результатам на контрольной ПП. В горельнике наблюдается существенное изменение естественных соотношений фракций опада, обусловленное характером постпирогенного восстановления растительности (рис. 1, б).

На площади 38К опад древесного яруса составляет более 80 % от общего количества опада с преобладанием листьев березы плосколистной. На ПП 37П доля опада древесного яруса весьма незначительна и составляет менее половины суммарного годового опада, фракция листьев березы и хвои лиственницы различаются незначительно. Ежегодно отмирающие остатки травянистой растительности и прочие растительные остатки вносят наибольший вклад в поступление органического вещества в горельнике. Фракция ветвей в составе опада в ненарушенном лесу составляет около 20 %, в горельнике этот показатель не превышает 7 %.

Суммарный ежегодный опад надземной фитомассы на исследуемых ПП имеет сходный фракционный состав, при этом доля участия фракций существенно различается. Так, опад на ПП 38К характеризуется постепенным убыванием доли фракций в составе общего количества опада в ряду: листья–хвоя–ветви–трава–прочие фракции (33, 26, 21, 11, 9 % соответственно). Однако в опаде леса, нарушенного пожаром, эти пропорции существенно изменены, здесь преобладает опад трав, а убывание доли участия фракций происходит в обратном порядке: трава–прочие фракции–хвоя–листья–ветви (28, 23, 22, 20, 7 % соответственно).

Нижние ярусы растительности играют важную роль в циркуляции питательных веществ в лесных экосистемах. Их доля в общем опаде велика, особенно на ранних этапах постпирогенных сукцессий, когда количество света, попадающего на поверхность почв, наибольшее и растительный покров нижних ярусов развивается наиболее интенсивно. В наших исследованиях биомасса травянистого яруса на обеих ПП различается несущественно. При этом кустарничковый ярус в горельнике с преобладанием брусники *Vaccinium vitis-idaea* L. представляет основную часть напочвенного покрова. Биомасса брусники превышает массу травянистого покрова в 2.6 раза и составляет $117 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$, а на контрольной ПП биомасса этого яруса не пре-

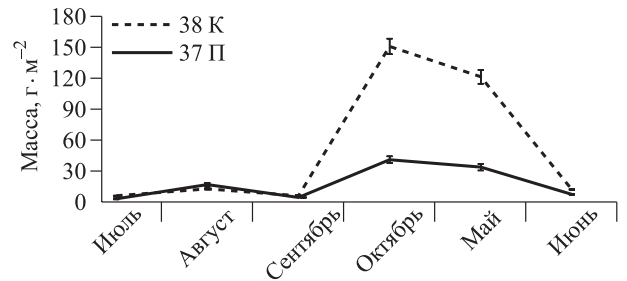


Рис. 2. Годовая динамика поступления опада древесного яруса.

вышает $25 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$ при биомассе травянистого покрова около $40 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$. Возобновление брусники вместе с травянистыми видами после пожаров средней интенсивности характерно для горельников в светлехвойной тайге и отмечено в работах Э. Ф. Ведровой с соавт. (2010, 2012) и Н. М. Ковалевой с соавт. (2011). Брусника как вечнозеленое растение характеризуется незначительным надземным опадом, который не вносит существенного вклада в общий ежегодный поток опадающей надземной фитомассы в изучаемых сообществах.

Сезонная динамика поступления опада древесного яруса изменилась под влиянием пожара незначительно, тогда как абсолютные значения количества опада, поступающего в отдельные периоды, изменились существенно (рис. 2).

Максимальное поступление органического вещества как в горельнике, так и на контрольной площади наблюдается в октябре, однако абсолютные значения различаются в 3.7 раза (43 и $157 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$ соответственно ПП). На июль приходится минимальное поступление органического вещества, между тем разница рассматриваемых показателей на исследуемых ПП невелика (3.23 и $6.27 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$ соответственно). Количество опада, поступающего от древесного яруса в период с июля по сентябрь, на исследуемых площадях различается несущественно – разница не превышает $2 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$.

В осенне-зимний период на контрольной ПП наблюдается значительное увеличение поступления органического материала, что связано с сезонным опаданием листьев и хвои древесных пород. Подобная сезонная динамика поступления опада характерна для лесов холодной и умеренной зон и отмечена в ряде российских и зарубежных работ (Xu, Shibata, 2007; Watanabe et al., 2013). Существенная разница в массе опада в осенний период косвенно свидетельствует об изменении продуктивности исследуемых древостоев под воздействием пожара.

Таблица 2. Концентрации углерода и азота в различных фракциях опада контрольного лиственничника (38К) и горельника (37П) (% , на абс. сухое вещество)

Фракция опада	С, %		N, %		C : N	
	38К	37П	38К	37П	38К	37П
Трава	41.03	39.91	1.55	1.36	26	29
Листья	48.92	48.65	0.46	0.50	106	97
Хвоя	48.13	50.43	0.29	0.46	166	110
Ветви	49.45	53.58	0.61	0.92	81	58
Прочее	51.56	52.13	1.36	1.89	38	28

Состав химических элементов во фракциях опада во многом влияет на состав и качество органического вещества почв. Так, С и N, являющиеся основой органического вещества, в различных фракциях опада исследуемых ПП накапливаются по-разному (табл. 2).

Максимальная концентрация С на обеих ПП отмечается в одревесневших фракциях (ветви и прочие остатки), что обусловлено повышенным содержанием в них целлюлозы. Минимальным содержанием С отличаются остатки трав. В нарушенном пожаре насаждении наблюдается тенденция к увеличению концентрации С в отдельных фракциях опада, кроме листьев и трав. Содержание N во фракциях опада изменяется в довольно широких пределах (минимальное отмечено в хвое – 0.29 %, а максимальное – во фракциях «прочее» и «трава» – 1.36 и 1.55 %). Фракции опада в горельнике по степени обеспеченности N располагаются в аналогичном ряду при более высоких абсолютных концентрациях. В среднем концентрация N в опаде горельника выше по сравнению с контролем.

Отношение С : N, характеризующее качество органического материала в опаде обеих ПП, варьирует в очень широких пределах. Самыми высокими соотношениями характеризуются листья и хвоя древесных пород. В хвое лиственницы на контрольной ПП соотношение С : N приближается к 170, в насаждении, нарушенном пожаром, этот показатель не превышает 110. Ветви и прочие растительные остатки характеризуются большей обогащенностью N, а остатки травянистых растений имеют наименьшее соотношение С : N среди изучаемых фракций опада. Широкие отношения С : N характерны для опада в бореальных лесах и отмечены во многих исследованиях. Так, в опаде хвойных лесов Канады отмечаются отношения С : N в хвое до 157, в листовом опаде и травах – около 60 и 20 соответственно (Preston et al., 2006). В исследованиях состава лесного опада на севере Китая установлено соотношение С : N для хвои, равное 118 (Wang et al., 2014). Как показывает метаанализ С. Е. Prescott (2010), проведенный по результатам 70 опубликованных

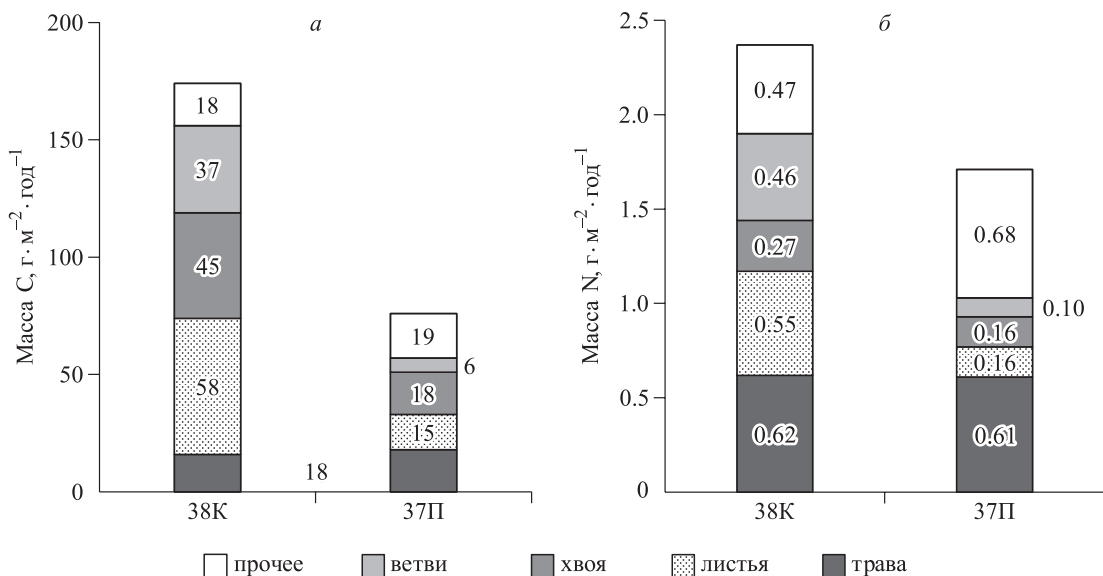


Рис. 3. Суммарное годовое поступление углерода (а) и азота (б) с различными фракциями надземной части опада на контроле (38К) и в горельнике (37П).

исследований, соотношение С : N наряду с общей концентрацией элементов питания в исходном опаде оказывает большее влияние на скорость разложения органического вещества, чем температура и влажность, ранее считавшиеся определяющими в этом процессе. Полученные в ходе исследований результаты свидетельствуют о высокой обогащенности азотом остатков трав и фракции «прочее». Учитывая определяющую роль этих фракций в формировании опада в горельнике, можно предположить, что процессы биодеструкции органического вещества в почвах постпирогенного лиственничника протекают интенсивнее.

Общее количество С, поступающего с опадом на контрольной площади, равно $174 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$ в год, количество поступающего углерода с опадом после пожара снизилось в 2.2 раза и составило $76 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$ в год (рис. 3, а).

Суммарное годовое поступление азота с надземным опадом в горельнике и контрольной ПП различаются в 1.4 раза в пользу последней (1.7 и $2.4 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$ в год соответственно) (рис. 3, б).

Это обусловлено тем, что при меньших суммарных показателях массы опада в горельнике он характеризуется более высокими концентрациями азота. На контрольной ПП 85 % С поступает с фракциями древесного опада, в нарушенном пожаром лесу с опадом древесных видов поступает менее половины всего С.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Лесные пожары в силу климатических особенностей весенне-осеннего периода ежегодно нарушают обширные площади лесов в Приамурье. В отдельные годы не исключением становятся и особо охраняемые природные территории. Более чем десятилетний период возобновления после устойчивого низового пожара в лиственничных лесах Зейского заповедника не привел к возврату экосистемы к допожарному уровню надземного поступления опада. Суммарное поступление надземного опада фонового леса в 2 раза и более превышает аналогичные показатели постпирогенного леса. Поступление опада протекает весьма неоднородно. Кроме того, состав опада в горельнике значительно изменен, в нем преобладают остатки травянистых растений и прочих фракций опада, являющихся незначительными в опаде контрольного леса. Годовая динамика интенсивности опада в горельнике не изменилась при существенном снижении массы поступающего опада в

осенние месяцы. В нарушенном пожаром лесу наблюдаются более высокая концентрация N в большинстве фракций опада и тенденция к большему накоплению С в отдельных фракциях. Степень обогащенности органического материала азотом в горельнике выше, что предполагает более высокие темпы биологической деструкции материала. Изучению этих процессов будут посвящены дальнейшие исследования особенностей разложения и трансформации органического материала в постпирогенных бореальных лесах Приамурья.

Авторы выражают искреннюю благодарность научным сотрудникам Г. Ф. Дарман и канд. биол. наук Т. Н. Веклич за помощь в ходе ботанического описания пробных площадей. Авторы признательны доценту канд. с.-х. наук В. Ф. Прокопчук за ценные советы и рекомендации при работе над рукописью статьи, а также анонимным рецензентам за конструктивные замечания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Амурский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Метеорологические характеристики по данным метеостанции «Зея» за период 1989–2011 гг. Благовещенск, 2015. № 19/1-ОММ. 4 с.
- Базилевич Н. И., Титлянова А. А., Смирнов В. В., Родин Л. Е., Нечаева Н. Т., Левин Ф. И. Методы изучения биологического круговорота в различных природных зонах / под ред. А. А. Роде. М.: Мысль, 1978. 185 с.
- Бобкова К. С., Тужилкина В. В. Содержание углерода и калорийность органического вещества в лесных экосистемах севера // Экология. 2001. № 1. С. 69–71.
- Брянин С. В., Прокопчук В. Ф., Козырь И. В. Формирование лесных подстилок в суббореальных лесах Верхнего Приамурья // Вестн. Сев.-Вост. центра ДВО РАН. 2013. № 2. С. 100–107.
- Ведрова Э. Ф. Интенсивность деструкции органического вещества серых почв в лесных экосистемах южной тайги Центральной Сибири // Почвоведение. 2008. № 8. С. 973–982.
- Ведрова Э. Ф. Биогенные потоки углерода в бореальных лесах Центральной Сибири // Изв. РАН. Сер. биол. 2011. № 1. С. 77–89.
- Ведрова Э. Ф., Евдокименко М. Д., Безкоровая И. Н., Мухортова Л. В., Чередникова Ю. С. Запасы углерода в органическом веществе послепожарных сосняков Юго-Западного Прибайкалья // Лесоведение. 2012. № 1. С. 3–13.

- Ведрова Э. Ф., Мухортова Л. В., Иванов В. В., Кривобоков Л. В., Болонева М. В. Восстановление запасов органического вещества после рубок в лесных экосистемах Восточного Прибайкалья // *Экология*. 2010. № 1. С. 83–94.
- Волокитина А. В. Прогнозирование пирологических ситуаций в бореальных лесах // *Вестн. КрасГАУ*. 2014. № 1. С. 77–83.
- Волокитина А. В. Методические аспекты характеристики лесных участков после пожара // *Вестн. Томск. гос. ун-та*. 2015. № 3 (31). С. 84–98.
- Дергачева М. И., Ковалева Е. И., Рябова Н. Н. Гумус почв Горного Алтая // *Почвоведение*. 2007. № 12. С. 1462–1421.
- Жила С. В., Иванова Г. А., Кукавская Е. А. Трансформация биомассы напочвенного покрова под воздействием пожаров в светлохвойных насаждениях Нижнего Приангарья // *Вестн. КрасГАУ*. 2011. № 3. С. 33–38.
- Иванов А. В. Запасы лесных подстилок в кедрово-широколиственных лесах Южного Сихотэ-Алиня // *Сиб. лесн. журн.* 2015. № 5. С. 87–95.
- Иванова Г. А., Ковалева Н. М., Кукавская Е. А., Конард С. Г. Оценка и мониторинг воздействия пожаров на эмиссию углерода и компоненты экосистемы сосняков Средней Сибири // *Лесные биогеоценозы бореальной зоны: география, структура, функции, динамика: мат-лы Всерос. науч. конф. с междунар. участ., посвящ. 70-летию создания Ин-та леса им. В. Н. Сукачева СО РАН*. Красноярск, 2014. 687 с.
- Ковалева Н. М., Иванова Г. А., Кукавская Е. А. Восстановление напочвенного покрова после низовых пожаров в среднетаежных сосняках // *Лесоведение*. 2011. № 5. С. 30–35.
- Краснощеков Ю. Н. Влияние пирогенного фактора на серогумусовые почвы сосновых лесов в центральной экологической зоне Байкальской природной территории // *Сиб. лесн. журн.* 2014. № 2. С. 43–52.
- Краснощеков Ю. Н., Евдокименко М. Д., Доржсүрэн Ч. Влияние пожаров на экосистемы подтаежных лиственных лесов Восточного Хэнтя в Монголии // *Сиб. лесн. журн.* 2014. № 3. С. 53–63.
- Кудеяров Г. А., Заварзин С. А., Благодатский В. Н. Пулы и потоки углерода в наземных экосистемах России. М.: Наука, 2007. 315 с.
- Осипов А. Ф., Бобкова К. С. Динамика строения древостоя и фитомассы растений напочвенного покрова в сосняках черничных средней тайги // *Вестн. Ин-та биол.* 2014. № 5. С. 6–10.
- Пожары и их влияние на природные экосистемы Центрального Сихотэ-Алиня / Под ред. Б. С. Петропавловского и А. А. Астафьева. Владивосток: Дальнаука, 2010. 264 с.
- Пристова Т. А. Компоненты углеродного цикла в лиственно-хвойном насаждении средней тайги // *Лесоведение*. 2010. № 6. С. 12–19.
- Прокушкин С. Г., Абаимов А. П., Прокушкин А. С., Масыгина О. В. Биомасса напочвенного покрова и подлеска в лиственных лесах криолитозоны Средней Сибири // *Сиб. экол. журн.* 2006. № 2. С. 131–139.
- Родин Л. Е., Базилевич Н. И. Динамика органического вещества и биологический круговорот зольных элементов и азота в основных типах растительности земного шара. М.: Наука, 1965. 264 с.
- Родин Л. Е., Ремезов Н. П., Базилевич Н. И. Методические указания к изучению динамики и биологического круговорота в фитоценозах. Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1968. 143 с.
- Сапожников А. П. Роль огня в формировании лесных почв // *Экология*. 1976. № 1. С. 43–46.
- Телицын Г. П. Элементарный состав лесных горючих материалов на Дальнем Востоке // *Использование и воспроизводство лесных ресурсов Дальнего Востока: тр. ДальНИИЛХ*. 1973. № 15. С. 351–355.
- Фуряев В. В. Роль пожаров в процессе лесообразования. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1996. 253 с.
- Черепанов С. К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). СПб.: Мир и семья, 1995. 992 с.
- Cai W., Yang J., Liu Z., Hu Y., Weisberg P. J. Post-fire tree recruitment of a boreal larch forest in Northeast China // *For. Ecol. Manag.* 2013. V. 307. P. 20–29.
- Chun-jiang L., Ivesniemi H., Berg B., Kutsch W., Yu-sheng Y., Xiang-qing M., Westman C. J. Aboveground litterfall in Eurasian forests // *J. For. Res.* 2003. V. 14. P. 27–34.
- Dixon R. K., Brown S., Houghton R. A., Solomon A. M., Trexler M. C., Wisniewski J. Carbon pools and flux of global forest ecosystems // *Science*. 1994. V. 263. P. 185–190.
- Gower S. T., Krankina O., Olson R. J., Apps M., Linder S., Wangi C. Net primary production and carbon allocation patterns of boreal forest ecosystems // *Ecol. Appl.* 2001. V. 11. N. 5. P. 1395–1411.
- Lai R. Forest soils and carbon sequestration // *For. Ecol. Manag.* 2005. V. 220. P. 242–258.
- Lecomte N., Simard M., Bergeron Y., Larouche A., Asnong H., Richard Pierre J. H. Effects of fire severity and initial tree composition on understory vegetation dynamics in a boreal landscape inferred

- from chronosequence and paleoecological data // J. Veg. Sci. 2005. V. 16. P. 665–674.
- Makoto K., Nemilostiv Y. P., Zyryanova O. A., Kajimoto T., Matsuura Y., Yoshida T., Satoh F., Sasa K., Koike T. Regeneration after forest fires in mixed conifer broad-leaved forests of the Amur Region in far eastern Russia: the relationship between species specific traits against fire and recent fire regimes // Eur. J. For. Res. 2007. V. 10. N. 1. P. 51–58.
- Mukhortova L., Schepaschenko D., Shvidenko A., McCallum I., Kraxner F. Soil contribution to carbon budget of Russian forests // Agr. For. Meteor. 2015. V. 200. P. 97–108.
- Prescott C. E. Litter decomposition: What controls it and how can we alter it to sequester more carbon in forest soils? // Biogeochem. 2010. V. 101. P. 133–149.
- Preston C. M., Bhatti J. S., Flanagan L. B., Norris C. Stocks, chemistry, and sensitivity to climate change of dead organic matter along the Canadian boreal forest transect case study // Climate Change. 2006. V. 74. P. 233–251.
- R Development Core Team. R: A Language and Environment for Statistical Computing. Vienna, Austria: The R Foundation for Statistical Computing, 2014. <http://www.Rproject.org/>
- Santin C., Doerr S. H., Preston C. M., Gonzalez-Rodriguez G. Pyrogenic organic matter production from wildfires: A missing sink in the global carbon cycle // Glob. Ch. Biol. 2015. V. 21. P. 1621–1633.
- Wang W., Zhang X., Tao N., Ao D., Zeng W., Qian Y., Zeng H. Effects of litter types, microsite and root diameters on litter decomposition in *Pinus sylvestris* plantations of northern China // Plant Soil. 2014. V. 374. P. 677–688.
- Watanabe T., Fukuzawa K., Shibata H. Temporal changes in litter fall, litter decomposition and their chemical composition in Sasa dwarf bamboo in a natural forest ecosystem of northern Japan // J. For. Res. 2013. V. 18. P. 129–138.
- Xu X. N., Shibata H. Landscape patterns of overstory litter fall and related nutrient fluxes in a cool-temperate forest watershed in northern Hokkaido, Japan // J. For. Res. 2007. V. 5. P. 271–282.

PHYTOMASS OF LITTER FALL IN POSTFIRE LARCH FORESTS OF ZEISKY NATURE RESERVE (UPPER PRIAMURIE)

S. V. Bryanin, E. R. Abramova

*Institute of Geology and Nature Management, Russian Academy of Sciences, Far Eastern Branch
Pereulok Relochny, 1, Blagoveschensk, 675000 Russian Federation*

E-mail: bruanin@gmail.com, abramova.sci@gmail.com

Forest litter is one of the major carbon flow and main source for long-term carbon accumulation in forest ecosystems. Wild fires is a frequent and powerful event destroys fluxes of matter and carbon accumulation. In the article the first data of stationary investigation of litter fall in flow and its organic matter content in larch forest (*Larix gmelinii* (Rupr.) Rupr.) are presented. The study is conducted on Tukuringra range in Upper Priamurie (Amur Oblast, Russia) in the forest stand recovering after fire of 2003 year. Results shows that net annual inflow of forest above ground litter fall from all vegetation in burned forest is 2.8 times lower than in background forest. Grass litter fall and other tree debris (bark, seeds, cones, etc.) are main sources for annual litter fall input in burned forest. Litter fall composition in the burned forest is significantly changed and high variation of mass of litter fall fractions is observed. Accumulation of carbon and nitrogen is higher in majority of litter fall fractions in burned forest as compared to control one. Annual carbon input from litter fall is 164 g m^{-2} in control forest and 76 g m^{-2} in burned forest, total amount of nitrogen derived by litter fall is 1.7 and 2.4 g m^{-2} for control and burned forest respectively. Our findings suggest that carbon accumulation processes in fire-prone boreal forests changed significantly. The research results can be used for modeling of carbon balance in taiga forest damaged by fire.

Keywords: forest fires, litter fall, carbon, nitrogen, Gmelin larch, *Larix gmelinii* (Rupr.) Rupr.

How to cite: Bryanin S. V., Abramova E. R. Phytomass of litter fall in postfire larch forests of Zeisky nature reserve (Upper Priamurie) // *Sibirskij Lesnoj Zhurnal* (Siberian Journal of Forest Science). 2017. N. 2: 93–101 (in Russian with English abstract).