

УДК 630\*114.351

## ЗАПАСЫ ЛЕСНЫХ ПОДСТИЛОК В КЕДРОВО-ШИРОКОЛИСТВЕННЫХ ЛЕСАХ ЮЖНОГО СИХОТЭ-АЛИНЯ

© 2015 г. А. В. Иванов

*Приморская государственная сельскохозяйственная академия*

*692510, Уссурийск, просп. Блюхера, 44*

*E-mail: aleksandr86@mail.ru*

*Поступила в редакцию 10.03.2015 г.*

Представлены сведения о лесных подстилках кедрово-широколиственных лесов юга Приморского края. Объект исследования – участки насаждений с доминированием сосны кедровой корейской в возрасте 50, 80, 130 и 200 лет. Показана динамика запаса подстилки в кедровниках разного возраста по результатам измерений за период с апреля по ноябрь 2014 г. В исследуемых насаждениях ее запас колеблется в пределах 9.7–20.1 т/га. Наибольшее значение запаса подстилки зафиксировано в 200-летнем кедровнике. Относительно высокие мощность и запас подстилки свойственны молодому кедровнику, что можно объяснить меньшей скоростью изменения свойств подстилки на фоне динамики таксационных показателей древостоя. Различия между запасами подстилок в 200-летнем и в остальных кедровниках являются статистически значимыми при  $p = 0.05$ . Зависимости мощности подстилки от возраста насаждения не выявлено. Подстильно-опадный коэффициент колеблется в пределах 2.55–10.60, в среднем составляя 3.41, что говорит о высокой скорости разложения опада. Наибольшее значение подстильно-опадного коэффициента имеет старовозрастной кедровник. Представлены сезонные колебания влажности подстилки на выбранных участках; ранги участков по объемной влажности в течение сезона остаются неизменными. Объемная влажность лесной подстилки с увеличением возраста насаждения повышается. Для площади кедровников (6835 га) лесного участка Приморской государственной сельскохозяйственной академии (ПГСХА) проведен расчет запаса углерода пула подстилки, который составил 38.7 тыс. т. Системой региональной оценки бюджета углерода лесов (РОБУЛ) эта величина оценивается в 24.3 тыс. т. Полученные в ходе работы значения запасов лесных подстилок в кедровниках разного возраста можно использовать для корректировки коэффициентов РОБУЛ для лесных насаждений южной части Приморского края.

**Ключевые слова:** *лесная подстилка, углерод, кедрово-широколиственные леса, Южный Сихотэ-Алинь, Приморский край.*

DOI: 10.15372/SJFS20150507

### ВВЕДЕНИЕ

На протяжении последних десятилетий вследствие изменения состава атмосферы и увеличения в ней концентрации парниковых газов климат нашей планеты отличается большим количеством аномалий, наметился тренд увеличения среднегодовой температуры. Одними из основных регуляторов баланса углерода являются растительные сообщества. Наиболее существенный вклад в потоки углерода в наземных экосистемах вносят леса, поскольку обладают наибольшей первичной продукцией фотосинтеза. За последние годы

отечественной и мировой наукой накоплен большой объем данных о взаимодействии леса и климата. При оценках баланса углерода лесов некоторые величины потоков и пулов остаются неточными или вообще отсутствуют в базах данных. Лесоводственный аспект проблемы заключается в том, что изменения климата влекут за собой соответствующий отклик биоты в конкретных условиях и лесные растительные сообщества меняют свою структуру и динамику.

Межправительственной группой экспертов по изменению климата выделено четыре основных пула углерода в лесных экосисте-

мах: фитомасса, мертвая древесина, подстилка, почва (Руководящие указания..., 2003). Региональная изменчивость значений каждого из них весьма велика. При этом объем выполненных научно-исследовательских работ по регионам сильно различается. Наиболее изучены особенности эмиссии углерода в лесах европейской части России, меньше всего данных по Дальнему Востоку (Уткин и др., 2006; Пулы..., 2007; Замолодчиков 2014; Иванов и др., 2014а, б). Например, при составлении базы данных, содержащей характеристики лесных подстилок в лесах Российской Федерации, из 883 использованных источников лишь 59 касаются Дальневосточного региона (Честных и др., 2007).

Лесные подстилки, выступая связующим звеном между почвой и растительностью, являются важнейшим элементом круговорота веществ в лесной экосистеме, влияющим на процессы их миграции, аккумуляции и перераспределения (McRae et al., 2001; Богатырев и др., 2004). Запас углерода в лесных подстилках лесов Российской Федерации по разным оценкам составляет от 5.3 до 8.3 Гт, или 3.0–5.7 % от запаса углерода в лесах в целом (Честных и др., 2007; Швиденко, Щепашенко, 2014). При этом удельные значения запасов углерода в подстилках в лесах Российской Федерации колеблются от 2.1 (сосняки Дальнего Востока) до 19.8 т/га (березняки европейской части) (Честных и др., 2007). Известно, что при разложении подстилки 6–10 % ее органического вещества закрепляется в гумусе почв, остальная часть минерализуется, высвобождая CO<sub>2</sub>, который почти полностью переходит в пул углерода атмосферы (Синькевич и др., 2009).

Основные характеристики лесных подстилок – мощность, запас, состав и строение – определяются тремя главными факторами: климатом, почвами и особенностями растительного покрова (Карпачевский, 1981; Богатырев и др., 2004). Мощность и запас подстилок возрастают с уменьшением продуцирующей способности лесов. Так, например, высокими значениями запаса характеризуются подстилки, сформированные в естественных северотаежных ельниках (Лиханова, 2014). Исследуя пространственное распределение запасов лесных подстилок, Л. О. Карпачевский выяснил, что на них оказывает влия-

ние удаленность места сбора от ствола дерева. В дубово-еловых насаждениях европейской части России при среднем запасе подстилки (4.65±0.33) т/га запас в приствольных кругах составил 12, а под кронами елей – 3 т/га (Карпачевский, 1981). Аналогичный вывод сделан при изучении подстилок елово-березовых лесов на Звенигородской биостанции МГУ и в Костромской области: парцеллярная изменчивость напочвенного покрова достоверно влияет на запасы подстилки в различных парцеллах (Подвезенная, Рыжова, 2011). Существуют единичные публикации, посвященные исследованию влияния возраста насаждения на запас подстилки (Бобкова, Осипов, 2012). В литературе встречаются исследования, в которых лесная подстилка рассматривается как индикатор при диагностике техногенных нарушений лесных экосистем (Воробейчик, 1995, 1997; Матвеев, Матвеева, 2007; Швалева, Залесов, 2009; Чжан и др., 2011). Работы, посвященные изучению динамики запаса подстилок в лесных формациях Дальнего Востока, весьма немногочисленны. А. П. Сапожников по результатам помесечного сбора образцов приводит данные о сезонном колебании запасов подстилок в лесных насаждениях Верхнеуссурийского стационара Биолого-почвенного института ДВО РАН (Почвообразование и особенности..., 1993). Исследования запасов углерода в лесных подстилках региона отсутствуют.

Цель данной работы – выявить особенности сезонной динамики запаса лесных подстилок в насаждениях разного возраста с господством сосны кедровой корейской *Pinus koraiensis* Siebold & Zucc. в условиях Южного Сихотэ-Алиня, оценить пул углерода подстилок в связи с возрастом насаждения.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объект исследования – кедрово-широколиственные насаждения лесного участка ПГСХА, расположенные на территории Экспериментального участкового лесничества Уссурийского лесничества в 3 км от западной границы Уссурийского заповедника (Комин и др., 2013). Координаты местности: 43°38'48.4" с. ш., 132°15'41.2" в. д. По материалам лесоустройства выбрано пять лесотаксационных выделов с господством сосны

кедровой корейской (кедра), отличающихся по возрасту главной породы. Участки расположены в бассейне р. Барсуковки на юго-западных отрогах гор Пржевальского в выделах, где за последние 10–20 лет проводились выборочные рубки невысокой интенсивности. Высота колеблется в пределах 160–220 м над ур. м., крутизна склонов до 10°, почвы – буроземы типичные Dystric Cambisols (Семаль, 2010). Возраст насаждений косвенно определяет величины полнот и запасов, следовательно – накопленной биомассы, в то же время это один из легко измеряемых показателей. Известно также, что именно распределение насаждений по классам и группам возраста составляет основу расчетов пулов и потоков углерода в современных моделях (Замолотчиков и др., 2013б; Швиденко, Щепаченко, 2014). Предварительно на каждом участке при помощи возрастного бурава определяли возраст у пяти деревьев сосны кедровой корейской, который составил 50, 80, 80, 130 и 200 лет.

Подстилку на каждом из пяти участков собирали с площадок 25×25 см в трех повторностях с апреля по ноябрь 2014 г. Площадки для сбора располагались под кронами деревьев на расстоянии от стволов не менее 1.5 м. При закладке площадок обращали внимание на отсутствие следов деятельности животных и иных факторов, разрушающих естественную структуру подстилки. По краям рамки подстилку разрезали ножом. Собранную подстилку укладывали в зип-пакеты для предотвращения испарения влаги и достоверного определения влажности. С помощью рулетки в трех местах на каждой площадке измеряли мощность подстилки. В камеральных условиях подстилку высушивали в сушильном шкафу при температуре 101 °С. Массу подстилки до и после высушивания определяли на лабораторных весах с точностью до 0.01 г. По результатам измерений рассчитывали абсолютно сухую массу образцов, гравиметрическую и объемную влажность. Физический и экологический смысл имеет, как известно, объемная влажность:

$$W = \frac{m_w - m_d}{V} \cdot 100 \%,$$

где  $m_w$  – масса во влажном состоянии, г;  $m_d$  – масса в абсолютно сухом состоянии, г;  $V$  – объем лесной подстилки, см<sup>3</sup> (произведение

средней мощности на площадь пробной площадки).

Для таксационного описания участков в каждом из них заложили временную пробную площадь (ПП) размером 50×25 м. Размер ПП выбран исходя из однородности участка древостоя, формирующего опад. На ПП проводили сплошной пересчет деревьев по четырехсантиметровым ступеням толщины, для построения кривой высот измеряли высоты у основных пород по 12 шт. методом ступенчатого представительства. По данным натурной таксации определяли таксационные показатели: средний диаметр ( $D_{cp}$ , см), среднюю высоту ( $H_{cp}$ , м), густоту ( $N$ , шт./га), абсолютную полноту ( $G$ , м<sup>2</sup>/га), запас ( $M$ , м<sup>3</sup>/га), формулу породного состава по запасу древесины.

Величину годичного опада устанавливали аналитически по уравнениям связи диаметра ствола с массой листвы в абсолютно сухом состоянии. В том же участковом лесничестве, где собирали подстилку, в 2014 г. А. С. Касаткин выполнил работу по определению надземной фитомассы основных пород-лесообразователей хвойно-широколиственных лесов: сосны кедровой корейской *Pinus koraiensis* Siebold & Zucc., пихты цельнолистной *Abies holophylla* Maxim., дуба монгольского *Quercus mongolica* Fisch. ex Ledeb., ясеня маньчжурского *Fraxinus mandshurica* Rupr., клена мелколистного *Acer mono* Maxim., липы амурской *Tilia amurensis* Rupr., 1869 и ильма японского *Ulmus japonica* (Rehder), Sarg. (Касаткин и др., 2015). Массу листвы березы и осины оценивали по данным И. М. Данилина с соавторами (Данилин и др., 2015). Связь диаметра дерева ( $D_{1.3}$ ) с массой листвы (хвои) аппроксимировали логарифмической кривой. Полученные функции использовали для определения массы листвы (хвои) каждого дерева в перечетных ведомостях. У единично встречавшихся деревьев массу листвы оценивали, используя зависимости массы листвы от диаметра для пород с близким габитусом.

Среднее время жизни хвоинок у пихты цельнолистной составляет 9 лет, у кедр корейского – 4 года (Урусов и др., 2007), поэтому годичный опад считали равным сумме масс листвы всех лиственных деревьев, 1/9 массы хвои деревьев пихты и 1/4 массы хвои деревьев кедр в абсолютно сухом состоянии.

Подстилочно-опадный коэффициент вычисляли как отношение массы подстилки к массе опада.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

По породному составу все насаждения относятся к кедровникам. На большинстве участков на кедр корейский приходится 50 % запаса древесины (табл. 1). В связи с похожими таксационными характеристиками 80-летних участков, а также схожими значениями запасов подстилки данные по этим участкам объединены.

Запасы насаждений в кедровниках 50, 80 и 130 лет оказались близкими; в 200-летнем запас почти в 2 раза выше благодаря участию в древостое крупных кедров и пихт диаметром 60–70 см и высотой 30–38 м; 50-летний кедровник появился на месте сплошной рубки, поэтому в его составе много осины. По классификации А. И. Кудинова, все представленные насаждения относятся к свежим мелкотравно-разнокустарниковым кленово-грабовым и безграбовым типам (Кудинов, 2004).

Значения сезонных колебаний абсолютно сухой массы подстилки в кедровниках разного возраста представляют собой средние арифметические по трем пробам (повторностям) (рис. 1). Поскольку значения запасов подстилки на двух участках с возрастом 80 лет схожи, данные из двух массивов объединены.

На обследованных участках запас подстилки меняется в пределах 9.7–20.1 т/га (среднее – 12.7 т/га). Другие авторы, изучавшие лесные подстилки в кедрово-широколиственных лесах Сихотэ-Алиня, их запасы оценивают в 20 т/га (Верхнеуссурийский стационар БПИ ДВО РАН) (Селиванова, 1983; Почвообразование и особенности..., 1993) и 14 т/га (Южное

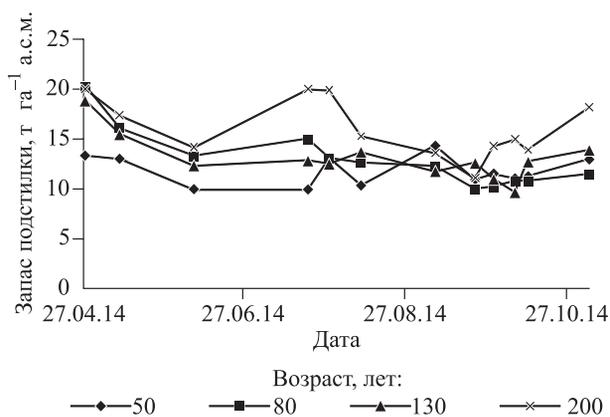


Рис. 1. Сезонная динамика запаса подстилки в кедровниках разного возраста в 2014 г.

Приморье) (Соловьев, 1958). Для перевода запаса подстилки в запас углерода выбран коэффициент 0.37, использованный при составлении базы данных по лесным подстилкам России (Честных и др., 2007). Запас углерода в подстилках изучаемых кедровников за период исследования варьировал от 3.6 (50-летний кедровник в конце июля) до 7.5 т/га (200-летний кедровник в конце апреля). Кедровники 80 и 130 лет занимают промежуточное положение по запасу подстилки. Поступление опада в подстилку в хвойных и лиственных насаждениях различается по времени: опадение хвои более продолжительно, чем опадение листьев. На всех ПП отмечено увеличение запаса подстилки в июле за счет опадения хвои, второй период прироста запаса подстилки приходится на октябрь, когда опадают и хвоя, и листья. Весной и во второй половине лета наблюдается уменьшение запаса подстилки, поскольку в эти периоды процессы деструкции уменьшают запас подстилки в большем объеме, чем прирост запаса от опада. Следует отметить, что горизонтальный перенос опада в исследуемых насаждениях не является су-

Таблица 1. Таксационная характеристика насаждений на ПП

№ ПП	Возраст, лет	Состав	N, шт./га	D <sub>ср</sub> , см	G, м <sup>2</sup> /га	M, м <sup>3</sup> /га
1	50	4К5Ос1Бб+Кл, Д, П, Иг	1096	19.4	37.5	353.1
2	80	5К1П1Д1Лип1Кл1Ор+Иг, Я, Г	752	22.3	37.9	342.6
3	130	5К2Д1Лип1Кл1Ос+П, Иг, Г	944	20	43.4	360.1
4	200	5К3П1Лип1Кл+Бб, Д, Я	856	23.1	61.5	642.5

Обозначения пород: К – кедр корейский; П – пихта цельнолиственная; Д – дуб монгольский; Я – ясень маньчжурский; Лип – липа амурская; Кл – клен мелколистный; Ос – осина Давида; Иг – ильм горный; Бб – береза плосколистная; Г – граб сердцелистный.

**Таблица 2.** Показатели подстилок в кедровниках разного возраста

Возраст	Запас, т/га		Опад, т/га	Доля хвойного опада, %	Подстилочно-опадный коэффициент
	подстилки	углерода			
50	11.8	4.38	4.14	42	2.86
80	13.0	4.80	3.98	41	3.26
130	13.1	4.85	4.23	27	3.10
200	16.1	5.95	3.64	44	4.42

ществленным фактором, влияющим на динамику запаса подстилок, из-за малой крутизны склонов и богатого яруса кустарников и деревьев второй и третьей величины. Воздействие парцеллярной структуры фитоценоза нивелируется случайным выбором мест сбора подстилки.

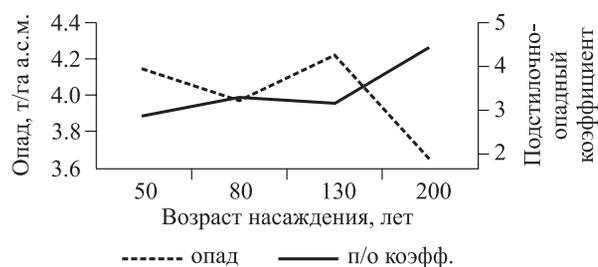
Средняя мощность подстилки по всем участкам за период наблюдений составила 3.4 см, изменяясь в пределах 1.5–7.0 см. При сравнении средних значений мощности подстилок на четырех участках с помощью *t*-критерия Стьюдента оказалось, что ни для одной пары кедровников различия не являются статистически значимыми при уровне значимости  $p = 0.05$ , т. е. связи между возрастом кедровника и мощностью подстилки не выявлено.

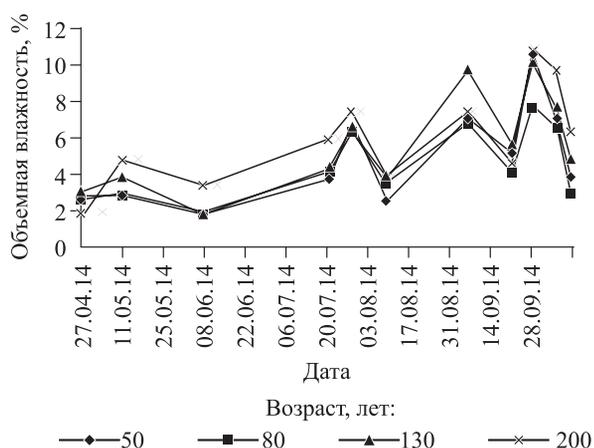
Запасы углерода лесных подстилок в кедровниках увеличиваются с возрастом (табл. 2). В 200-летнем кедровнике запас подстилки в среднем на 4.3 т/га больше, чем в 50-летнем. Анализ значимости различий в запасах лесной подстилки в насаждениях разного возраста показал, что различия 200-летнего кедровника и трех других (50, 80 и 130 лет) являются значимыми при уровне значимости  $p = 0.05$ , остальные пары участков (130–80, 130–50, 80–50 лет) не имеют значимых различий в запасах подстилок. Таким образом, вопрос о влиянии возраста кедровников на запас лесной подстилки остается открытым и будет решен с увеличением числа повторностей сбора подстилки с одного участка.

Следует отметить, что величины опада, полученные аналитически, весьма близки к известным из литературных источников. По данным ДальНИИЛХ, этот показатель для кедровых лесов Приморского края составляет  $(4.18 \pm 1.76)$  т/га в год (Почвообразование и особенности..., 1993).

Среднее значение подстилочно-опадного коэффициента по всем участкам составляет 3.41, что характеризует очень высокую скорость разложения опада. А. П. Сапожников приводит для лесов Южного Приморья значения подстилочно-опадного коэффициента 3–5 (Почвообразование и особенности..., 1993). Например, для сосняков средней тайги этот показатель принимает значения 17–27, т. е. в несколько раз выше, чем в хвойно-широколиственных лесах Южного Сихотэ-Алиня (Лиханова, 2014). С возрастом подстилочно-опадный коэффициент увеличивается, поскольку увеличивается запас подстилки (рис. 2). В кедровнике 130 лет подстилочно-опадный коэффициент ниже, чем в 80-летнем, что объясняется значительно меньшей долей хвой в опаде. Кедрово-широколиственные леса южной части Дальнего Востока характеризуются высокими скоростями и объемами части круговорота органического вещества, связанной с лесными подстилками.

Скорость разложения определяется не только количеством опада, но и долей хвой, которая разлагается дольше листвы. Поэтому уменьшение величины опада в возрастном ряду – следствие увеличения доли хвой, что приводит к более быстрому увеличению запаса подстилки и увеличению подстилочно-опадного коэффициента.

**Рис. 2.** Подстилочно-опадный коэффициент в кедровниках различного возраста.



**Рис. 3.** Сезонные колебания объемной влажности лесных подстилок.

На интенсивность деструкции опада оказывает влияние режим увлажнения подстилки и почвы. На рис. 3 представлены колебания объемной влажности подстилки в исследуемых насаждениях.

Три пика в правой части графика – отражение ливневых дождей. Наибольшие значения влажности на протяжении всего сезона свойственны 200-летнему кедровнику. На участках 50 и 80 лет подстилка быстрее теряет влагу. Такое распределение влажности определяется в первую очередь, на наш взгляд, различиями в вертикальной структуре насаждений. В молодых насаждениях испарение воды с поверхности подстилки происходит интенсивнее, в старовозрастных кедровниках оно сдерживается ярусом кустарников и деревьев второй и третьей величины.

Кедрово-широколиственные леса занимают около 18 % общей площади земель лесного фонда Приморского края. Важной задачей является получение точных оценок пулов углерода лесных экосистем, в частности в данной лесной формации. Как уже отмечено, лесные подстилки являются одним из четырех основных пулов углерода в лесных экосистемах. В настоящее время для формирования отчетов по регионам Российской Федерации при составлении Национального кадастра парниковых газов для органов Рамочной конвенции ООН по изменению климата используется система РОБУЛ, разработанная сотрудниками Центра по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН (Замолодчиков и др., 2011, 2013а, б). На наш взгляд, срав-

**Таблица 3.** Оценка запасов углерода кедровых лесов лесного участка ПГСХА

Компонент биоценоза	Запас углерода, т	Доля пулов в общем запасе углерода, %
Биомасса древостоя	455 285	38
Мертвая древесина	35 840	3
Подстилка	24 267	2
Почва (0–30 см)	682 999	57
Итого	1 198 391	38

нение данных по углероду подстилок, полученных в ходе настоящей работы, с данными, полученными по РОБУЛ, представляет практический интерес (повышает точность дальнейших расчетов). В качестве модельной территории выбраны кедровые насаждения лесного участка ПГСХА. Их площадь составляет 6835 га, средний запас древесины – 222 м<sup>3</sup>/га. По материалам лесоустройства выбраны насаждения с господством кедра корейского и разбиты на категории: молодняки, средневозрастные, приспевающие, спелые и перестойные. Результаты расчета в программном обеспечении РОБУЛ представлены в табл. 3.

Запас углерода подстилки в кедровниках лесного участка системой РОБУЛ оценивается в 24.3 тыс. т, что составляет 2.0 % от его общего запаса. Разделив анализируемую площадь кедровников по возрастным группам и умножив площади групп на удельные запасы углерода подстилок (см. табл. 2), получили запас углерода в лесных подстилках кедровых лесов лесного участка ПГСХА (38.7±2.5) тыс. т. Если общий запас углерода принять равным 1 198 391 т (см. табл. 3), то полученная величина составит 3.2 % от общего запаса. Таким образом, РОБУЛ занижает значения запаса углерода в подстилках кедровых лесов Приморского края приблизительно в 1.6 раза. На наш взгляд, это связано с отсутствием достаточно полной базы данных по запасам подстилок лесов региона. Полученные в ходе настоящей работы запасы лесных подстилок и углерода в них могут быть использованы для уточнения алгоритма расчетов РОБУЛ для кедрово-широколиственных лесов южной части Дальнего Востока.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При изучении лесных подстилок в кедрово-широколиственных лесах Южного Сихотэ-Алиня установлено, что запас их составляет 9.7–20.1 т/га, при этом максимальные значения характерны для старовозрастных кедровников. Динамика поступления опада, вероятно, имеет два максимума – первая половина лета и октябрь. На фоне лесных экосистем Российской Федерации леса в регионе исследования характеризуются весьма высокой скоростью деструкции опада: среднее значение постилочно-опадного коэффициента составляет 3.41. Аккумуляция влаги лесными подстилками кедровников имеет связь с возрастом насаждения: в старовозрастных насаждениях объемная влажность подстилки выше, чем в насаждениях меньшего возраста, на протяжении всего сезона. Запас углерода подстилки в кедровниках лесного участка ПГСХА составляет 38.7 тыс. т, а его доля в общем запасе углерода – 3.2 %. Система РОБУЛ занижает величину пула углерода подстилки кедрово-широколиственных лесов приблизительно в 1.6 раза.

В дальнейшей работе по теме исследования планируется увеличение числа повторностей сбора подстилки, определение закономерностей пространственного распределения запасов подстилок, использование опадоуловителей. В план будущей работы включены и другие лесные формации региона (дубовая, ясенево-ильмовая).

*Автор выражает благодарность Д. Г. Замолодчикову (биологический факультет МГУ) за помощь в организации работ.*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Бобкова К. С., Осипов А. Ф. Круговорот углерода в системе «фитоценоз-почва» в чернично-сфагновых сосняках средней тайги Республики Коми // Лесоведение. 2012. № 2. С. 11–18.

Богатырев Л. Г., Демин В. В., Матышак Г. В., Сапожникова В. А. О некоторых теоретических аспектах исследования лесных подстилок // Лесоведение. 2004. № 4. С. 17–29.

Воробейчик Е. Л. Изменение мощности лесной подстилки в условиях химического загрязнения // Экология. 1995. № 4. С. 278–284.

Воробейчик Е. Л. К методике измерения мощности лесной подстилки для целей диагностики техногенных нарушений экосистем // Экология. 1997. № 4. С. 265–269.

Данилин И. М., Цогт З., Усольцев В. А. Надземная фитомасса деревьев лиственницы и березы в лесах Центральной Сибири и Восточного Хэнтея // Эко-потенциал. 2015. № 1 (9). С. 33–36.

Замолодчиков Д. Г., Грабовский В. И., Краев Г. Н. Динамика бюджета углерода лесов России за два последних десятилетия // Лесоведение. 2011. № 6. С. 16–28.

Замолодчиков Д. Г., Грабовский В. И., Коровин Г. Н., Гитарский М. Л., Блинов В. Г., Дмитриев В. В., Куриц В. А. Бюджет углерода управляемых лесов Российской Федерации в 1990–2050 гг.: ретроспективная оценка и прогноз // Метеорология и гидрология. 2013а. № 10. С. 73–92.

Замолодчиков Д. Г., Грабовский В. И., Шуляк П. П. Инвентаризация бюджета углерода в лесном хозяйстве России // Тр. СПбНИИЛХ. 2013б. № 3. С. 22–32.

Замолодчиков Д. Г. Динамика баланса углерода в лесах Приморского края // Аграрный вестник Приморья. 2014. Т. 1. С. 94–101.

Иванов А. В., Замолодчиков Д. Г., Линева Д. А., Осипов Э. А. Почвенная эмиссия CO<sub>2</sub> в дубняках разного возраста в условиях Южного Сихотэ-Алиня // «Инновации и технологии в лесном хозяйстве» ITF-2014. Тез. докл. IV Междунар. конф. 27–28 мая 2014 г., Санкт-Петербург. СПб.: СПбНИИЛХ, 2014а. С. 52.

Иванов А. В., Замолодчиков Д. Г., Татауров В. А. Дыхание лесных почв в хвойно-широколиственных лесах южной части Приморского края // Проблемы устойчивого управления лесами Сибири и Дальнего Востока: мат-лы Всерос. конф. с междунар. участ. / отв. ред. А. П. Ковалев. Хабаровск: Изд-во ФБУ «ДальНИИЛХ», 2014б. С. 427–430.

Карпачевский Л. О. Лес и лесные почвы. М.: Лесн. пром-сть, 1981. 264 с.

Касаткин А. С., Жанабаева А. С., Акимов Р. Ю., Пауков Д. В., Мудрак В. П. надземная фитомасса и квалиметрия некоторых древесных пород Южного Сихотэ-Алиня // Эко-потенциал. 2015. № 1 (9). С. 41–50.

- Комин А. Э., Усов В. Н., Иванов А. В.* Перспективы развития Приморской государственной сельскохозяйственной академии в направлении подготовки специалистов лесного профиля // Вестн. ИрГСХА. 2013. Вып. 58. С. 158–163.
- Кудинов А. И.* Широколиственно-кедровые леса Южного Приморья и их динамика. Владивосток: Дальнаука, 2004. 367 с.
- Лиханова Н. В.* Роль растительного опада в формировании лесной подстилки на вырубках ельников средней тайги // Изв. вузов. Лесн. журн. 2014. № 3. С. 52–66.
- Матвеев А. М., Матвеева Т. А.* Исследование связи влажности лесной подстилки с полнотой ее выгорания в лиственничниках мерзлотной зоны // Хвойные бореальной зоны. 2007. № 4-5. С. 378–381.
- Подвезенная М. А., Рыжова И. М.* Изменчивость содержания и запасов углерода в почвах лесных биогеоценозов южной тайги // Лесоведение. 2011. № 1. С. 52–60.
- Почвообразование и особенности биологического круговорота веществ в горных лесах Южного Сихотэ-Алиня / А. П. Сапожников, Г. А. Селиванова, Т. М. Ильина и др. Хабаровск: ДальНИИЛХ, 1993. 269 с.
- Пулы и потоки углерода в наземных экосистемах России / В. Н. Кудеяров, Г. А. Заварзин, С. А. Благодатский и др. М.: Наука, 2007. 315 с.
- Руководящие указания по эффективной практике для землепользования, изменений в землепользовании и лесного хозяйства. Программа МГЭИК по национальным кадастрам парниковых газов. МГЭИК, 2003.
- Селиванова Г. А.* Биогеоценозическая характеристика лесных подстилок Южного Сихотэ-Алиня // Почвоведение. 1983. № 8. С. 100–110.
- Семаль В.А.* Свойства почв южной части Сихотэ-Алиня (на примере Уссурийского заповедника) // Почвоведение. 2010. № 3. С. 303–312.
- Синькевич С. М., Бахмет О. Н., Иванчиков А. А.* Роль почв в региональном балансе углерода в сосновых лесах Карелии // Почвоведение. 2009. № 3. С. 290–300.
- Соловьев К. П.* Возобновительный процесс в кедрово-широколиственных лесах // Естественное возобновление лесов Дальнего Востока. Долинск, 1958. С. 30–42.
- Урусов В. М., Лобанова И. И., Варченко Л. И.* Хвойные российского Дальнего Востока – ценные объекты изучения, охраны, разведения и использования. М.: Дальнаука, 2007. 439 с.
- Уткин А. И., Замолодчиков Д. Г., Честных О. В.* Пулы и потоки углерода лесов Дальневосточного федерального округа // Хвойные бореальной зоны. 2006. № 3. С. 21–30.
- Честных О. В., Лыжин В. А., Кокшарова А. В.* Запасы углерода в подстилках лесов России // Лесоведение. 2007. № 6. С. 114–121.
- Чжан С. А., Рунова Е. М., Пузанова О. А., Чжан Л. А.* Мощность лесной подстилки сосновых насаждений в условиях длительного техногенного пресса // Системы. Методы. Технологии. 2011. № 4 (12). С. 157–162.
- Швалева Н. П., Залесов С. В.* Количественные и качественные показатели лесной подстилки в условиях лесопарков Екатеринбурга // Леса России и хозяйство в них. 2009. № 2–32. С. 38–44.
- Швиденко А. З., Щепиценко Д. Г.* Углеродный бюджет лесов России // Сиб. лесн. журн. 2014. № 4. С. 69–92.
- McRae D. J., Weber M. G., Ward P. C.* Site preparation – prescribed fire in regenerating the Canadian forests: principles and practices for Ontario / R. G. Wagner and S. J. Columbo (Eds.). Fitzhenry and Whiteside. Markham, Ontario, 2001. P. 201–219.

## Forest Litter Stocks in Korean Pine-Broad-Leaved Forests of the Southern Sikhote Alin

A. V. Ivanov

*Primorsky State Academy of Agriculture  
Blukher Avenue, 44, Ussuriisk, 692510 Russian Federation  
E-mail: aleksandr86@mail.ru*

The article presents the data on the forest litter of the Korean pine-broad-leaved forests of the South of Primorsky krai. The focus of the research is plantations dominated by Korean pine; areas of the main tree species with ages of 50, 80, 130 and 200 years were selected. The dynamics of the forest litter stock in the pine and broadleaved forests of different ages according to the measurement results for the season in 2014 is stated. In the studied plantation, the forest litter stock varies between 9.7–20.3 t ha<sup>-1</sup>. The greatest value of the forest litter stock is recorded in old-growth cedar forest (200 years). Relatively high power and the stock of litter are typical for young Korean pine forest that can explain the lower speed of the litter properties change against the dynamics of taxation indicators of the forest stand. The difference between the amount of the litter in the 200-year-old and remaining pine trees are statistically significant at  $p = 0.05$ . The dependence of the litter power on the age is not revealed. The coefficient of the forest litter decomposition ranges from 2.55–10.60 that characterizes the high speed of its rotting. The highest coefficient of the litter decomposition has an old-growing pine forest. The schedule of seasonal humidity fluctuations of the forest litter on the chosen plot is made; with increasing cedar forest age, the volumetric moisture content of the forest litter increases; volumetric moisture content on the plots remain relatively unchanged during the season. The area of the Korean pine forests of Primorsky State Academy of Agriculture is 6835 ha. The amount of carbon stock in the forest litter is 38.7 thousand tons C. in this area, while the system of regional assessment of the forest carbon balance estimates this index as 24.3 tons C. The data obtained can be used to adjust the coefficients of regional assessment of the forest carbon balance for cedar forests of Primorsky krai.

**Keywords:** *forest litter, carbon, Korean pine-broad-leaved forests, southern Sikhote Alin, Primorsky krai.*

**How to cite:** *Ivanov A. V. Forest litter stocks in Korean pine-broad-leaved forests of the southern Sikhote Alin // Sibirskij Lesnoj Zurnal (Siberian Journal of Forest Science). 2015. N. 5: 87–95 (in Russian with English abstract).*