

УДК 630*162.5+547.45(470)

ЗАПАСЫ УГЛЕРОДА В ПОДСТИЛКАХ ЛЕСОВ РОССИИ*

© 2007 г. О. В. Честных^{1,2}, В. А. Лыжин³, А. В. Кокшарова³

¹ Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН
117810 Москва, Профсоюзная ул., 84/32

E-mail: ochestn@cepl.rssi.ru

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

² Биологический факультет

³ Факультет почвоведения

119992 Москва, Воробьевы горы

Поступила в редакцию 04.05.2007 г.

Составлена специализированная база данных по характеристикам подстилок лесов России (более 900 описаний). Получен набор типовых средних значений запасов углерода подстилок в лесных насаждениях по преобладающим древесным породам с зонально-провинциальной дифференциацией. С использованием информации государственного учета лесного фонда по состоянию на 01.01.2003 г. рассчитаны запасы углерода подстилки на покрытых лесом землях субъектов РФ, федеральных округов и России в целом. Запас углерода подстилок равен 5.26 Гт С для площади покрытых лесом земель России 733.15 млн. га. Соотношение средних запасов подстилки не покрытых (вырубки, гари) и покрытых лесом земель равно 0.66. Полученные результаты могут быть использованы для расчета полного бюджета углерода в лесах страны.

Лесной фонд России, пул лесной подстилки, пулы и потоки углерода, углеродный цикл, лесообразующие породы.

В Киотском протоколе к Рамочной конвенции ООН об изменении климата [11] углеродный баланс лесов рассматривается в качестве важного инструмента национальной политики смягчения изменений климата. Руководства Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) содержат описание подходов, на которые следует ориентироваться при оценке стоков и источников парниковых газов в лесном хозяйстве [16]. Согласно методологии МГЭИК, оценку бюджета следует проводить по 4 пулам углерода: фитомассе, мертвой древесине, почве и подстилке. В качестве исходных данных для проведения расчетов рекомендуется использовать материалы инвентаризации лесов и данные лесохозяйственной статистики. Пересчет этих данных в величины потоков парниковых газов осуществляется по приводимым в руководстве МГЭИК уравнениям [16]. При этом расчеты могут проводиться по трем уровням сложности в зависимости от выбора уравнений и их параметров. Для первого уровня сложности используются приводимые в руководстве МГЭИК типовые значения параметров. Для второго и третьего уровня сложности следует использовать национальные значения ко-

эффициентов, полученные либо на основе обобщения эмпирической информации, либо при помощи математических моделей. Добавим, что страны, выбирующие учет лесоуправления в рамках статьи 3.4 Киотского протокола, должны предоставлять оценки бюджета углерода по второму или третьему уровню сложности. Отсюда вытекает актуальность формирования национальных систем коэффициентов для комплексной оценки бюджета углерода по всем пулам углерода.

Для пула фитомассы отечественной наукой были разработаны многочисленные наборы конверсионных процедур, позволяющих осуществлять расчеты с достаточной точностью [7–10, 18, 19, 23]. Эталонные средние запасы углерода почв также приводятся в значительном числе работ [15, 21, 22, 27]. Пулы мертвой древесины и подстилки рассматриваются в заметно меньшем числе обобщающих исследований крупнорегионального масштаба. По отношению к пулу подстилки можно упомянуть работы [1, 6]. Отметим, что для расчета средних значений авторы этих публикаций использовали классификации, основанные на типах растительных сообществ либо почв, что затрудняет прямую стыковку результатов с данными инвентаризации лесов.

Указанный информационный пробел был своевременно осознан А.И. Уткиным, ставшим

* Работа выполнена при поддержке РФФИ (05-04-49552).

инициатором построения базы данных по запасам углерода в лесных подстилках. Его уникальная эрудиция, знание литературных источников, глубокое понимание процессов углеродного обмена в лесах создали основу, на которой была выполнена настоящая работа. Ее цели формулируются следующим образом: 1) построение набора эталонных средних значений запасов углерода лесных подстилок, согласующихся с категориями учета лесного фонда; 2) оценка общего запаса углерода подстилки на лесных землях страны и характеристика особенностей его географического распределения; 3) поиск подходов к характеристике изменений запасов подстилок при нарушениях (рубки, пожары) и последующем лесовосстановлении.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Подстилка представляет собой важный компонент лесной экосистемы. Большая часть растительного опада в лесу поступает на поверхность почвы в отличие от травянистых экосистем, где преобладает опад подземных частей растений. Процессы трансформации растительного опада контролируются различными факторами, совокупность которых обеспечивает накопление подстилки. Подстилка относится к надземной части лесной экосистемы [2, 3, 4], хотя нижние ее слои иногда рассматривают в составе органогенных почвенных горизонтов на основании структурной организации и стратификации профиля [17]. Анализ материалов базы данных по почвенным характеристикам лесов России показал [21, 22], что горизонт А0 часто опускается при описании почвенного профиля, что определило необходимость создания специализированной базы данных (БД) по запасам лесных подстилок.

При разработке структуры БД была поставлена задача максимальным образом охватить приводимые в литературных источниках характеристики подстилки. Совокупность полей БД может быть подразделена на 6 групп. Группа общих характеристик включает административно-географическое местонахождение пробной площади, координаты, подзону, тип леса, преобладающую породу, тип почвы. Следующая группа характеризует параметры древостоя: состав, средние возраст (лет), диаметр (см) и высоту (м), густоту (экз. га⁻¹), сумму площадей сечений (м² га⁻¹), запас древесины (м³ га⁻¹). Далее приводится информация по структуре подстилки в целом и ее слоев L, F, H: толщина (см), общая масса (ц га⁻¹), масса компонентов (хвоя, листья, генеративные органы, ветки, кора, трава и пр.). Группа химических свойств описывает запасы различных зольных элементов (г м⁻²), содержание доступных для питания растений азота и фосфора, число водорастворимых веществ. Группа микробиологических характери-

стик включает оценки ее дыхания [мг СО₂ (кг сухой массы)⁻¹], процессов аммонификации и нитрификации. Последняя группа характеризует некоторые свойства подстиляющей почвы: распределение корней (всех и корней менее 1 см) в слоях 0–28 см и 0–176 см (г м⁻²), запасы гумуса, азота (т га⁻¹), подвижных форм фосфора (кг га⁻¹) в слоях 0–50 см и 0–100 см. При выполнении настоящей работы нами использовались поля БД, характеризующие местоположение, преобладающую породу древостоя и общую массу подстилки.

БД содержит информацию по 883 описаниям из 93 литературных источников. По регионам описания распределены следующим образом: Европейская часть – 538, Западная Сибирь – 109, Восточная Сибирь – 127, Дальний Восток – 59. Наиболее полно в БД представлены сосновые леса, далее следуют ельники, дубравы, лиственничники и березняки (соответственно 188, 97, 86, 85 и 43). Число описаний для остальных пород варьирует от единиц до пары десятков; 23 описания характеризуют вырубку и гари. Отметим, что не все записи содержали информацию по общей массе подстилки, поэтому расчет типовых средних значений был проведен по меньшему числу записей (540).

Расчеты типовых средних значений запасов подстилки проводились по зонально-провинциальным регионам в разрезе преобладающих пород древостоя либо категорий не покрытых лесом земель (вырубки, гари). Используемый принцип территориального деления был выдвинут А.И. Уткиным для облегчения согласования экологической информации с данными государственных учетов лесного фонда (ГУЛФ) [9]. В соответствии с этим принципом, территория России подразделяется на 4 провинции (Европейско-Уральская, Западная Сибирь, Восточная Сибирь, Дальний Восток) и 3 зональные полосы: северную (северные редколесья и северная тайга), среднюю (средняя тайга) и южную (южная тайга, смешанные, широколиственные леса и лесостепь). Границы провинций и зональных полос совмещаются с административными границами субъектов РФ. Таким образом, вся территория России подразделяется на 12 зонально-провинциальных регионов.

По описаниям местонахождения и географическим координатам записей БД определяли их принадлежность к одному из 12 зонально-провинциальных регионов. Для каждого из регионов проводили усреднение запасов подстилки в разрезе преобладающих пород древостоя либо категорий не покрытых лесом земель. При отсутствии или малочисленности записей БД, приходящихся на тот или иной регион, проводили агрегирование данных для нескольких регионов. Например, таким способом был рассчитан средний запас подстилки ельников северной полосы для Западной, Восточной Сибири и Дальнего Востока. Для пе-

решения из сухого органического вещества подстилки в запас углерода использовали коэффициент 0.370, рекомендуемый МГЭИК.

Расчеты запасов углерода подстилки осуществлены с использованием данных ГУЛФ по состоянию на 01.01.2003 г. [13] для покрытых лесом земель субъектов РФ, находившихся в ведении МПР РФ. Запас подстилки в насаждениях данной преобладающей породы субъекта РФ оценивали по произведению соответствующего среднего значения и площади данной породы. Полученные величины суммировали для субъектов РФ, далее – федеральных округов и покрытых лесом земель России в целом.

Количество лесной подстилки изменяется в зависимости от сезона, от местоположения под кронами или в просветах между деревьями. Обрабатывая базу данных по запасам подстилок, собранных в разное время вегетационного сезона и в разных точках, мы получаем усредненные значения. Приведенные материалы не имеют абсолютного значения, но тенденции изменения запасов подстилок в процессе минерализации они отражают, являясь основой для дальнейших уточнений.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Перед обсуждением полученных результатов следует подчеркнуть, что в настоящей работе для расчета запаса углерода в подстилке использован рекомендуемый МГЭИК коэффициент 0.37 [17]. В научной литературе имеются и более высокие оценки данного коэффициента, варьирующие для подстилок лесов хвойных пород таежной зоны России в пределах 0.45–0.52 [2, 6]. При сравнении наших результатов с данными других исследований литературные оценки массовых запасов углерода подстилок были пересчитаны с использованием вышеупомянутого коэффициента.

В табл. 1 приведены средние значения запасов углерода подстилок по преобладающим породам лесных насаждений России. Для северной зональной полосы значения запасов углерода подстилок варьируют от 2.1 т С га⁻¹ (сосняки) на Дальнем Востоке до 19.8 т С га⁻¹ в Европейской части (березняки). По оценкам Н.И. Базилевич [1], запасы углерода подстилок в северной тайге Европейской части составляют для сосняков 8.9–13.0 т С га⁻¹, ельников – 3.0–16.7 т С га⁻¹, для темнохвойной тайги – около 5.2 т С га⁻¹, для лиственничников – около 2.6 т С га⁻¹. Эти оценки несколько ниже наших. В лиственничниках северной тайги Восточной Сибири запасы углерода подстилок находятся в пределах 14.4–16.7 т С га⁻¹ [2, 5]. В ельниках Аляски запасы углерода подстилок составляют 18.5–19.2 т С га⁻¹ [28], максимальные запасы углерода подстилок в северной тайге Аляски достигают

29.6–42.6 т С га⁻¹ [26]. Наши результаты показывают хорошее совпадение с оценками Э.Ф. Ведровой [5] для северной тайги Северной Сибири и с данными по северным хвойным лесам США [28].

По нашим оценкам, в средней полосе запасы углерода подстилки высоки лишь в сосновых насаждениях Западной Сибири (24.2 т С га⁻¹), для остальных категорий усреднения они варьируют от 4.4 (пихтарники) до 17.2 (сосняки) т С га⁻¹. По данным других авторов [6, 14], в средней тайге Восточной Сибири запасы подстилок наиболее велики в лиственничниках – 15.7 т С га⁻¹. В кедровниках они составляют около 12.6 т С га⁻¹, ельниках – 8.9 т С га⁻¹, сосняках – 5.2 т С га⁻¹. Наименьшие величины характерны для березняков и осинников – 3.3 т С га⁻¹. Для сосняков и березняков совпадение наших и литературных оценок очень хорошее, данные по другим породам, как правило, расходятся не более чем на 25%, что также свидетельствует о хорошем совпадении.

Запасы углерода подстилки в лесных насаждениях южной полосы значительно варьируют. Здесь, с одной стороны, активно идет процесс разложения, чему способствуют высокие температуры, повышение микробиологической активности и т.д. С другой стороны, высока интенсивность поступления опада в горизонт подстилки. В зависимости от преобладания одного из перечисленных процессов, масса подстилки может быть как низкой, так и высокой. Наши оценки запасов углерода подстилки варьируют от 2.6 т С га⁻¹ (осинники Дальнего Востока) до 10.9 т С га⁻¹ (ельники Европейско-Уральской части). В южнотаежных кедровниках Канады запасы углерода подстилки составляют 72.5 т С га⁻¹ [24], что намного выше наших оценок для кедровых лесов. В южной тайге Европейской части России [1, 6] запасы углерода подстилок варьируют в сосняках от 11.8 до 23.3 т С га⁻¹, в ельниках – от 5.9 до 13.0 т С га⁻¹. В дубово-липово-еловых насаждениях запас подстилки составляет 6.7 т С га⁻¹, дубово-сосновых 9.6 т С га⁻¹, травяных дубравах 4.1 т С га⁻¹, березняках 4.8 т С га⁻¹ [1]. Совпадение наших оценок с аналогичными данными других российских авторов вполне удовлетворительное.

Как наши, так и результаты других исследований [1, 2 и др.] показывают, что величины запаса углерода лесных подстилок в северной и средней полосах, как правило, выше по сравнению с южной. В северных лесах по ряду причин (преобладание абиотических факторов в процессах разложения, слабое участие беспозвоночных животных в переработке подстилки, сравнительно бедный видовой состав микроорганизмов и др.) замедлен процесс разложения. Поэтому даже при относительно небольших притоках органического вещества с опадом накапливаются значительные запасы подстилки. В первую очередь увели-

Таблица 1. Средний запас углерода лесной подстилки для насаждений основных лесообразующих пород России (среднее значение \pm стандартная ошибка)

Порода	Зональная полоса	Регион	Запас углерода, т С га ⁻¹			Число описаний
			среднее	минимум	максимум	
Сосна	1	1	13.8 \pm 2.0	6.0	25.1	12
	1	2	3.2 \pm 1.9	0.4	8.9	4
	1	3	8.5 \pm 4.6	3.9	13.1	2
	1	4	2.1 \pm 0.3	1.5	2.6	3
	2	1	17.2 \pm 3.9	3.2	26.6	6
	2	2	24.2 \pm 5.2	9.3	32.6	4
	2	3-4	5.2 \pm 1.8	3.4	7.0	2
	3	1	9.0 \pm 0.7	0.6	28.3	75
	3	2	7.7 \pm 0.4	2.2	21.8	57
Ель	3	3-4	6.6 \pm 1.3	0.6	19.2	16
	1	1	15.7 \pm 2.0	11.3	20.4	5
	1	2-4	15.4 \pm 7.8	1.8	28.9	3
	2	1-3	10.6 \pm 1.4	6.6	22.2	11
	2	4	9.4 \pm 0.4	8.9	10.2	3
	3	1	10.9 \pm 1.6	0.9	58.1	58
	3	2	8.9 \pm 0.8	6.5	10.8	5
	3	3	9.9 \pm 5.4	0.2	40.7	7
Пихта	3	4	6.5 \pm 0.3	5.8	6.9	3
	1-2	1-4	4.4 \pm 0.7	3.7	5.1	2
Лиственница	3	1-4	6.2 \pm 0.7	3.6	9.3	7
	1	1-2	16.5 \pm 0.2	16.4	16.7	2
Кедр	1	3	12.8 \pm 4.3	4.4	46.4	9
	1	4	5.9 \pm 0.9	0.0	21.8	31
	2	1-4	7.3 \pm 0.9	4.6	12.7	8
	3	1-4	5.5 \pm 0.5	1.1	11.2	31
	1	1-3	6.7 \pm 1.3	5.4	8.0	2
Прочие твердолиственные	1	4	2.1 \pm 0.5	0.5	3.4	6
	2	1-4	8.6 \pm 1.8	3.3	17.8	8
Береза	3	1-3	3.4 \pm 1.0	0.4	5.1	4
	3	4	7.3 \pm 0.4	6.5	7.8	3
Прочие мягколиственные	1-3	1-3	5.4 \pm 0.5	1.0	29.3	88
	1-3	4	4.7 \pm 0.0	4.7	4.7	2
Осина	1	1	19.8 \pm 4.2	11.7	25.7	3
	1	2-4	3.7 \pm 1.3	0.7	6.3	3
	2	1	13.6 \pm 0.0	13.6	13.6	2
	2	2-4	3.3 \pm 1.0	1.0	4.7	3
	3	1-2	6.2 \pm 1.4	0.3	27.4	24
	3	3	2.9 \pm 1.1	1.4	7.4	5
Прочие мягколиственные	3	4	6.5 \pm 0.9	5.0	8.0	3
	1-2	1-4	10.3 \pm 9.6	0.7	19.9	2
	3	1-2	4.9 \pm 3.6	1.0	15.5	4
Кедровый стланик	3	3-4	2.6 \pm 0.6	1.0	3.7	4
	1-3	1-4	6.7 \pm 1.4	2.8	12.2	6
	1-3	1-4	1.0 \pm 0.1	0.9	1.1	2

Примечание. В табл. 1, 2 зональные полосы: 1 – северная; 2 – средняя; 3 – южная. Регион: 1 – Европейско-Уральская часть, 2 – Западная Сибирь, 3 – Восточная Сибирь, 4 – Дальний Восток.

Таблица 2. Средний запас углерода подстилки для не покрытых лесом земель (среднее значение \pm стандартная ошибка)

Порода	Широтная полоса	Регион	Запас углерода, т С га ⁻¹			Число описаний
			среднее	минимум	максимум	
Вырубка	1	1-4	7.9 \pm 3.3	1.2	19.4	5
	2-3	1-4	3.0 \pm 0.9	0.7	10.7	10
Гарь	1	1-4	2.9 \pm 1.4	1.5	4.4	2
	2-3	1-4	10.6 \pm 3.4	0.6	19.2	6

чивается мощность горизонтов F и H, которые могут достигать 40 см. В южной тайге скорость минерализации подстилки возрастает в большей степени, чем интенсивность опада, потому и запасы их ниже.

Запасы углерода подстилки на вырубках составляют 3.0–7.9 т С га⁻¹, на гарях – 2.9–10.6 т С га⁻¹ (табл. 2). Среднее значение запаса углерода подстилки для не покрытых лесом земель равно 5.3 т С га⁻¹, что на 2.6 т С га⁻¹ меньше, чем на покрытых лесом землях (8.1 т С га⁻¹). Эти различия статистически достоверны ($p = 0.04$). В соответствии с методологией МГЭИК бюджет углерода по пулу подстилки оценивается для площадей, находящихся в переходе от одного состояния со стабильным запасом подстилки к другому [16]. По отношению к лесному фонду России в качестве

Таблица 3. Площади и запасы углерода подстилок по преобладающим породам лесов РФ

Преобладающая порода	Площадь, 10 ³ га	Углерод подстилки, 10 ⁶ т С
Сосна	117472.9	943.5 \pm 217.9
Ель	77198.4	953.7 \pm 132.8
Пихта	14930.2	74.9 \pm 10.0
Лиственница	264287.4	1731.3 \pm 254.1
Кедр	40852.0	293.9 \pm 55.2
Итого хвойные	514740.9	3997.3 \pm 670.0
Твердолиственные	18184.7	89.4 \pm 3.1
Береза	97950.0	661.4 \pm 124.6
Осина	20573.4	150.6 \pm 127.0
Прочие мягколиственные	7397.5	49.5 \pm 10.6
Итого мягколиственные	125920.9	861.4 \pm 262.2
Прочие породы и кустарники	74303.5	311.5 \pm 75.7
Итого покрытых лесом земель	733150.0	5259.7 \pm 1011.0

таких переходов могут рассматриваться трансформации от не покрытых лесом земель к покрытым и обратно. Отношение средних запасов подстилки на не покрытых и покрытых лесом площадях, равное 0.66, может быть рекомендовано к использованию при оценках бюджета углерода по пулу подстилки. К сожалению, сравнительно небольшое число описаний подстилок для не покрытых лесом земель не позволяет выполнить более детальный анализ величин снижения запасов углерода на таких землях по сравнению с землями, покрытыми лесом. Пополнение информационного массива данных по подстилкам на не покрытых лесом землях при помощи как экспериментально-полевых исследований, так и более углубленного анализа имеющейся литературы следует считать важным направлением будущих исследований.

Материалы МГЭИК предоставляют дополнительную возможность сравнения найденных нами средних значений запасов углерода подстилки на покрытых лесом землях [16]. Этот источник содержит типовые средние значения запасов углерода в подстилке лиственных и хвойных лесов в дифференциации по типам климата (бореальный, холодный умеренный, теплый умеренный) и условиям увлажнения (теплый, сухой). Значения варьируют от 13 т С га⁻¹ (лиственные леса в условиях теплого умеренного влажного климата) до 55 т С га⁻¹ (хвойные леса в условиях бореального влажного климата). Средняя величина запаса углерода подстилки по рассматриваемым категориям лесов составляет 27 т С га⁻¹. Напомним, что наше среднее значение для покрытых лесом площадей равно 8 т С га⁻¹. Учитывая отмеченное ранее хорошее совпадение наших оценок с данными других независимых исследований [1, 2, 5, 6, 14], можно заключить, что типовые значения МГЭИК [16] завышены по отношению к запасам углерода подстилок в лесах России.

С использованием найденных типовых средних значений были определены общие запасы углерода подстилок на покрытых лесом землях России. В табл. 3 приведены значения суммарных запасов углерода подстилок по преобладающим

Таблица 4. Площади (S , 10^3 га) и запасы углерода подстилок (C_L , 10^6 т С) покрытых лесом земель федеральных округов РФ

Федеральный округ	Параметр	Хвойные	Твердолиственные	Мяголиственные	Прочие и кустарники	Итого
Северо-Западный	S	61 395.8	49.2	19 129.5	265.5	80 840.0
	C_L	898.2 ± 129.9	0.3 ± 0.0	286.1 ± 63.1	1.8 ± 0.4	1186.3 ± 193.4
Центральный	S	6 736.0	962.1	6 994.1	17.8	14 710.0
	C_L	66.1 ± 7.6	5.2 ± 0.5	41.5 ± 12.9	0.1 ± 0.0	112.9 ± 21.0
Приволжский	S	14 596.3	1 830.8	15 059.9	66.7	31 553.7
	C_L	164.4 ± 24.5	9.9 ± 1.0	133.6 ± 27.2	0.4 ± 0.1	308.2 ± 52.7
Южный	S	499.7	2 524.2	621.5	186.6	3 832.0
	C_L	4.1 ± 0.4	13.6 ± 1.3	3.9 ± 1.0	1.1 ± 0.2	22.8 ± 2.9
Уральский	S	47 086.5	30.9	17 024.3	1 040.9	65 182.6
	C_L	420.2 ± 125.0	0.2 ± 0.0	111.9 ± 29.0	7.0 ± 1.5	539.2 ± 155.5
Сибирский	S	190 267.7	8.1	49 482.2	18 376.2	258 134.2
	C_L	1235.5 ± 215.3	0.0 ± 0.0	204.8 ± 101.7	96.1 ± 22.1	1536.5 ± 339.0
Дальневосточный	S	194 158.9	12 779.4	17 609.4	54 349.8	278 897.5
	C_L	1208.7 ± 167.4	60.3 ± 0.2	79.7 ± 27.3	205.0 ± 51.5	1553.6 ± 246.4
Российская Федерация	S	514 740.9	18 184.7	125 920.9	74 303.5	733 150.0
	C_L	3997.3 ± 670.0	89.4 ± 3.1	861.4 ± 262.2	311.5 ± 75.7	5259.7 ± 1011.0

породам и их группам. Среди хвойных наибольшие запасы углерода подстилки сосредоточены в лиственничниках (1.73 Гт С), наименьшие – в пихтарниках (0.07 Гт С), что определяется представленностью этих пород по площади (264×10^6 и 14×10^6 га соответственно). Запас углерода подстилки твердолиственных пород равен 0.09 Гт С. Среди мягколиственных пород запас углерода подстилки максимален в березняках (0.66 Гт С). Суммарный запас углерода подстилки на покрытых лесом землях России по нашей оценке составляет 5.26 Гт С. Ранее запасы углерода подстилок оценивались для лесов России в 5.48×10^9 [18], лесов бывшего СССР в 4.51×10^9 т С [25], т.е. имеет место хорошее совпадение результатов независимых исследований.

В табл. 4 приведены запасы углерода подстилок на покрытых лесом землях федеральных округов РФ. Максимальные суммарные запасы углерода подстилок сосредоточены в хвойных насаждениях Сибирского и Дальневосточного округов (1.24 и 1.21 Гт С), минимальны запасы углерода подстилки в Южном округе (0.02 Гт С в сумме по всей покрытой лесом площади). Суммарные запасы углерода в первую очередь определяются площадью федерального округа, а средние – как соотношением преобладающих древесных пород, так и географической изменчивостью запасов подстилки в пределах одной породы. Например, в сосновых и березовых насаждениях Европейско-Уральской части России средние запасы подстилок значительно выше, чем в насаждениях тех же

пород на Дальнем Востоке или в Восточной Сибири. Максимальные суммарные запасы углерода подстилок сосредоточены в Сибирском и Дальневосточном округах (при средних значениях 6.0 и 5.6 т С га⁻¹ соответственно), в то время как средние запасы углерода подстилок выше в Северо-Западном (14.7 т С га⁻¹), Приволжском (9.8 т С га⁻¹) и Уральском (8.3 т С га⁻¹) округах.

На рис. 1 представлена схема распределения средних запасов углерода подстилок по субъектам РФ. Для Европейско-Уральской части и Западной Сибири четко проявляется отмеченная ранее тенденция: северные субъекты РФ обладают более высокими запасами углерода подстилок по сравнению с южными. Однако картина оказывается практически противоположной в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке. К востоку от Енисея главной преобладающей породой становится лиственница, что в свою очередь связано с распространением вечнозеленых пород. Запасы углерода подстилки в северотаежных лиственничниках несколько меньше, чем в среднетаежных сосняках, доминирующих в южной части Восточной Сибири, и среднетаежных темнохвойных лесах юго-восточной части Дальнего Востока. Географические подзоны, составляющие южную зональную полосу, в обсуждаемых регионах представлены мало. Таким образом, более высокие значения углерода подстилок на юге Восточной Сибири и Дальнего Востока объясняются, с одной стороны, расширением к югу зон северной и

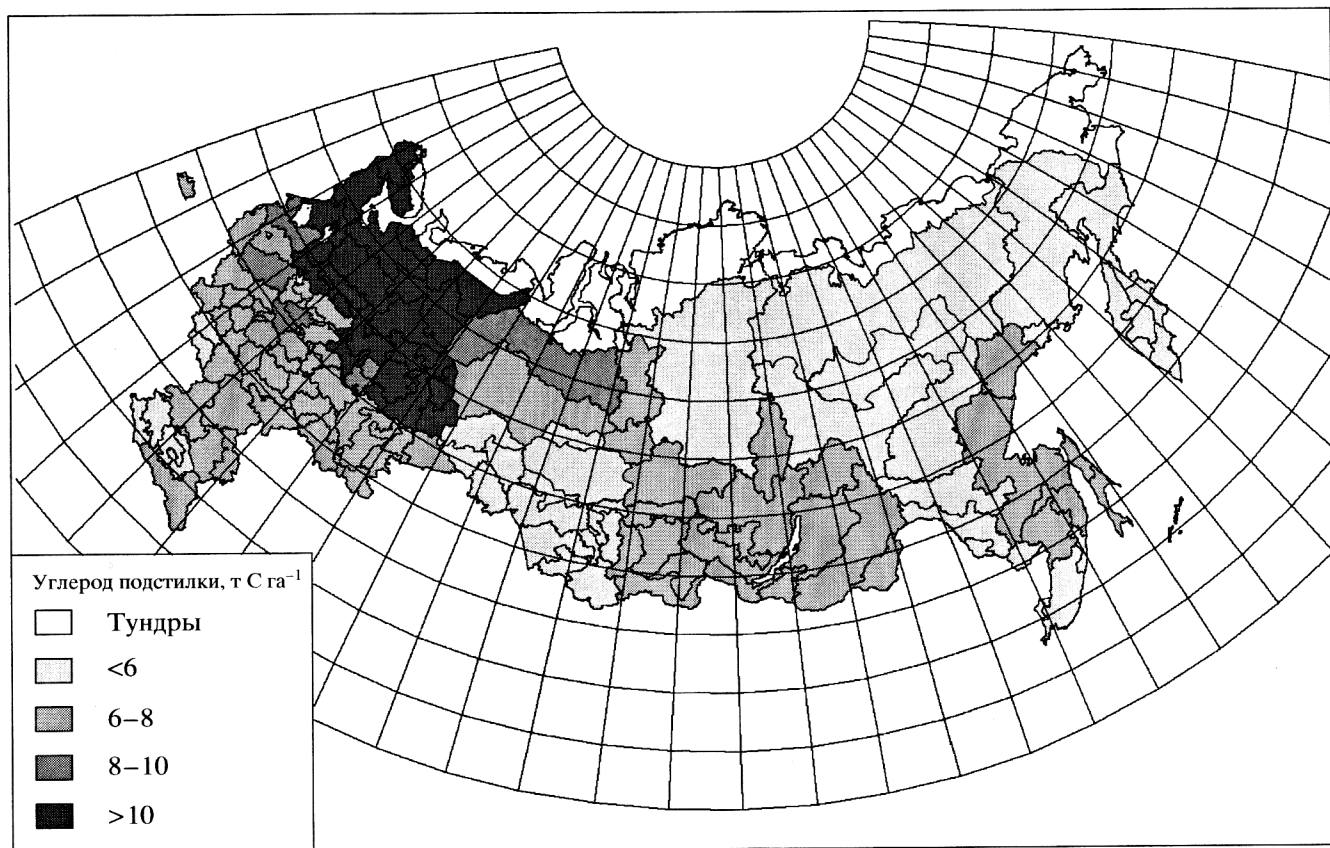


Схема распределения запасов углерода в лесной подстилке на землях лесного фонда по федеральным округам.

средней тайги, с другой – спецификой доминирующих хвойных пород.

Заключение. Получен набор типовых средних значений запасов углерода подстилок в лесных насаждениях по преобладающим древесным породам с зонально-провинциальной дифференциацией. Эти средние значения позволяют рассчитывать запасы подстилки по данным ГУЛФ. Получен коэффициент соотношения запасов на покрытых и не покрытых лесом землях, равный 0.66. Этот коэффициент может быть использован для определения бюджета углерода по пулу подстилки.

Запас углерода подстилки на покрытых лесом землях России (733.15 млн. га) равен 5.3 Гт С. С учетом ранее опубликованных оценок запасов углерода в фитомассе, мертвой древесине и почве [12, 20] общий запас углерода на покрытых лесом землях России составляет 166.5 Гт С. На долю подстилки из этого количества приходится около 3%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Базилевич Н.И.* Биологическая продуктивность экосистем северной Евразии М.: Наука, 1993. 394 с.
2. *Биеньковски П., Титлянова А.А., Шибарева С.В.* Трансформационные процессы в подстилках бореальных лесов // Сиб. экологический журн. 2003. Т. 10. № 6. С. 707–713.
3. *Богатырев Л.Г.* О классификации лесных подстилок // Почвоведение. 1990. № 3. С. 118–127.
4. *Богатырев Л.Г.* Генезис лесных подстилок в различных природных зонах европейской части России // Лесоведение. 1995. № 4. С. 3–11.
5. *Ведрова Э.Ф., Плешиков Ф.И., Каплунов В.Я.* Структура органического вещества северотаежных экосистем Средней Сибири // Лесоведение. 2002. № 6. С. 3–12.
6. *Гришина Л.А.* Биологический круговорот и его роль в почвообразовании. М.: Изд-во МГУ, 1974. 128 с.
7. *Замолодчиков Д.Г., Уткин А.И., Коровин Г.Н.* Определение запасов углерода по зависимым от возраста насаждений конверсионно-объемным коэффициентам // Лесоведение. 1998. № 3. С. 84–93.
8. *Замолодчиков Д.Г., Уткин А.И., Честных О.В.* Коэффициенты конверсии запасов насаждений в фитомассу основных лесообразующих пород России // Лесная таксация и лесоустройство. 2003. Вып. 1 (32). С. 119–127.
9. *Исаев А.С., Коровин Г.Н., Сухих В.И., Титов С.П., Уткин А.И., Голуб А.А., Замолодчиков Д.Г., Пряжников А.А.* Экологические проблемы погло-

- щения углекислого газа посредством лесовосстановления и лесоразведения в России (Аналитический обзор). М.: Центр экологической политики России, 1995. 155 с.
10. Исаев А.С., Коровин Г.Н., Уткин А.И., Пряжников А.А., Замолодчиков Д.Г. Оценка запасов и годичного депонирования углерода в фитомассе лесных экосистем России // Лесоведение. 1993. № 6. С. 3–10.
 11. Киотский протокол к Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата. Официальный русский перевод. ООН, 1997. 27 с.
 12. Кудеяров В.Н., Заварзин Г.А., Благодатский С.А., Борисов А.В., Воронин П.Ю., Демкин В.А., Демкина Т.С., Евдокимов И.В., Замолодчиков Д.Г., Карелин Д.В., Комаров А.С., Курганова И.Н., Ларионова А.А., Лопес де Гереню В.О., Уткин А.И., Чертов О.Г. Пулы и потоки углерода в наземных экосистемах России. М.: Наука, 2007. 315 с.
 13. Лесной фонд России. Справочник. М.: ВНИИЛМ, 2003. 640 с.
 14. Лесные экосистемы Енисейского меридиана / Под ред. Плешикова Ф.И. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2002. 300 с.
 15. Рожков В.А., Вагнер В.В., Козут Б.М., Конюшков Д.Е., Шеремет Б.В. Запасы органических и минеральных форм углерода в почвах России // Углерод в биогеоценозах. Чтения памяти акад. В.Н. Сукачева, XV. М.: Наука, 1997. С. 5–58.
 16. Руководящие указания по эффективной практике для землепользования, изменений в землепользовании и лесного хозяйства. Программа МГЭИК по национальным кадастрам парниковых газов. МГЭИК, 2003.
 17. Титлянова А.А., Шибарева С.В., Самбу А.Д. Травяные и лесные подстилки в горной лесостепи Тувы // Сиб. экологический журн. 2004. № 3. С. 425–432.
 18. Углерод в экосистемах лесов и болот России / Под ред. Алексеева В.А., Бердси Р.А. Красноярск: Ин-т леса СО РАН, 1994. 232 с.
 19. Усольцев В.А. Фитомасса лесов Северной Евразии: база данных и география. Екатеринбург: УрО РАН, 2001. 708 с.
 20. Уткин А.И., Замолодчиков Д.Г., Честных О.В. Пулы углерода фитомассы, биологического углерода и азота почв в лесном фонде России // Изв. РАН. Сер. геогр. 2006. № 2. С. 18–34.
 21. Честных О.В., Замолодчиков Д.Г., Уткин А.И. Общие запасы биологического углерода и азота в почвах лесного фонда России // Лесоведение. 2004. № 4. С. 30–42.
 22. Честных О.В., Замолодчиков Д.Г., Уткин А.И., Коровин Г.Н. Распределение запасов органического углерода в почвах лесов России // Лесоведение. 1999. № 2. С. 13–21.
 23. Швиденко А.З., Нильссон С., Столбовой В.С., Глюк М., Щепаченко Д.Г., Рожков В.А. Опыт агрегированной оценки основных показателей биопродукционного процесса и углеродного бюджета наземных экосистем России. Запасы растительной органической массы // Экология. 2000. № 6. С. 403–410.
 24. Keenan R., Presscott C., Kimmis J. Mass and nutrient content of woody debris and forest floor in western red cedar and western hemlock forests on northern Vancouver Island // Can. J. Forest Res. 1993. V. 23. P. 1052–1059.
 25. Kolchugina T.P., Vinson T.S. Carbon sources and sinks in forest biomes of the former Soviet Union // Global Biogeochemical Cycles. 1993. V. 7. № 2. P. 291–304.
 26. Ruess R.W., Van Cleve K., Yarie J., Viereck L.A. Comparative estimates of fine root production in successional taiga forests on the Alaskan interior // Can. J. Forest Res. 1996. V. 26. P. 1326–1336.
 27. Stolbovoi V. Carbon in Russian Soils // Climatic Change. 2002. V. 55. № 1–2. P. 131–156.
 28. Weber M.G., Van Cleve K. Nitrogen dynamics in the forest floor of interior Alaska black spruce ecosystems // Can. J. Forest Res. 1981. V. 11. P. 743–751.

The Carbon Reserves in Litters of Forests in Russia

O. V. Chestnykh, V. A. Lyzhin, A. V. Koksharova

A specialized database for characteristics of litters in forests of Russia (about 900 descriptions) was made. Mean type values of carbon reserves in litters were obtained for forest stands differentiated according to predominant woody species and to the zonal-province peculiarities. Using the data on the inventory of the forest fund in January 1, 2003, the carbon reserves in forested lands in the whole Russia (and including RF areas) were calculated. The carbon reserves of litters in forested lands (733.15 million ha) of Russia are equal to 5.26 Gt C. The ratio between the mean litter reserves in forested and non-forested (clearings and burns) areas was determined at 0.66.