

УДК 630*524.1+630*182.5(470)

Д. Г. ЗАМОЛОДЧИКОВ
Центр по проблемам экологии и
продуктивности лесов РАН, Москва
А. И. УТКИН
Институт лесоведения РАН,
Успенское Московской обл.;
Центр по проблемам экологии и
продуктивности лесов РАН, Москва
О. В. ЧЕСТНЫХ
Центр по проблемам экологии и
продуктивности лесов РАН, Москва

КОЭФФИЦИЕНТЫ КОНВЕРСИИ ЗАПАСОВ НАСАЖДЕНИЙ В ФИТОМАССУ ДЛЯ ОСНОВНЫХ ЛЕСООБРАЗУЮЩИХ ПОРОД РОССИИ

Введение

В России инвентаризация углерода на землях лесного фонда не проводилась и не проводится. Между тем вопросы углеродного цикла лесов из категории академических разработок переходят на уровень хозяйственной потребности и становятся все более актуальными в связи с предстоящим подписанием Киотского протокола. В лесостатистических сводках мира при характеристике лесных ресурсов отдельных государств уже содержатся оценки запасов и объемов лесопользования в единицах биомассы и его углеродного эквивалента [21]. Такие данные приводятся здесь и для Российской Федерации. Они получены исполнителями проекта на основе очень простой модели: биомасса всех древесных частей насаждений, включая кустарники, ликвидный сухостой и валеж, считается равной половине запаса, а запас углерода – половине биомассы.

Независимо от того, присоединится или нет Российская Федерация к Киотскому протоколу, необходимы как оценки пулов углерода фитомассы и почв в лесном фонде страны, так

и определения на их основе секвестра лесами C-CO₂ атмосферы [14], в том числе и посредством моделирования для разных сценариев потепления климата. Учитывая злободневность проблемы, приоритетным следует считать федеральный уровень изучения углеродного цикла лесов. Его целесообразно сочетать с региональным уровнем и для субъектов федерации.

Углеродный цикл лесов, несомненно, потребует пересмотра многих казавшихся неизменными положений лесного хозяйства концептуального, организационного и лесоводческо-технологического характера; например, деление лесов по их функциональным критериям, возраста рубок главного пользования, способы рубок и т. д. С большой долей уверенности можно предположить, что уже в ближайшей перспективе органический углерод лесного фонда, представленный как в возобновимой (фитомасса, гумус), так и в ископаемой (торф, захороненная древесина) формах, может быть отнесен к особым видам биологических ресурсов с соответствующими количественными и стоимостными оценками...

При определении пулов углерода лесного фонда России следует использовать методы, отвечающие некоторым принципиальным условиям. Они должны быть: а) максимально прозрачными и легко воспроизводимыми; б) не сложны в использовании, т.е. представлены простыми моделями предикторов (уравнений для расчетов или отношений); в) легко стыкующимися с информацией структурных элементов лесного фонда как симметричного объекта. Оценка углеродной емкости; г) запасы углерода должны определяться по возможности для всего разнообразия экосистем всех трех категорий земель: покрытых лесной растительностью, не покрытых лесом и нелесных. В масштабе страны базовое информационное обеспечение для широкого пользования представлено материалами государственных учетов лесного фонда (ГУЛФ), повторяющиеся по субъектам федерации через каждые пять лет; последнее из опубликованных – по учету на 1 января 1998 г. [6]. Получение аналогичных сведений для всех (около 1830 единиц) лесохозяйственных предприятий при существующих тарифах оплаты информационных услуг является для научных учреждений практически невозможным.

Цель настоящей статьи – обсудить применяемую нами в последние 10 лет методику определений углерода фитомассы ($C_{phytomass}$) с учетом ее фракционной структуры, обнародовать соответствующие нормативы.

Методика

В основу методики положены публикуемые материалы ГУЛФ [5, 6] и база данных «Биологическая продуктивность лесных экосистем» [15]. Базовыми для расчета пула $C_{phytomass}$ на уровне субъектов федерации характеристики ГУЛФ являются: площади земель разных категорий в лесном фонде; запасы древесины на землях, покрытых лесной растительностью; распределение площадей и запасов насаждений по лесообразующим породам; аналогичное распределение для пород-лесообразователей по возрастным группам насаждений. Информация ГУЛФ для отдельных лесхозов, хранящаяся в компьютерной форме в Федеральной службе лесного хозяйства МПР РФ и на местах, кроме запасов по группам возраста включает классы бонитета и полноты. Распределение насаждений по классам возраста в пределах возрастных групп сопряжено с определенными техническими трудностями.

По материалам ГУЛФ-1988 границы лесхозов были совмещены с границами экорегионов, образованным по зональным критериям (северная, средняя и южная ландшафтные

полосы). По ГУЛФ 1993 и 1998 гг. были внесены некоторые исправления из-за получения автономными подразделениями краев статуса самостоятельных субъектов федерации. В азиатской части России учетными единицами служили 62 экорегиона, в европейской части – 58 субъектов федерации. Вся территория лесного фонда РФ была разделена на 4 лесорастительные провинции: Европейско-Уральскую, Западно-Сибирскую, Восточно-Сибирскую и Дальневосточную. Их леса охарактеризованы автономно в материалах ГУЛФ при сохранении достаточной самостоятельности в природном, палеогеографическом и экономическом отношениях.

База данных [15] создана на основе информации литературных источников, полученной преимущественно в период Международной биологической программы (МБП – 1964–1974 гг.), частично предшествующих ей и последующих лет. Она содержит сведения около 2000 пробных площадей; заложенных в лесах быв. СССР и прилегающих стран и включает несколько блоков: географическое положение; климат, почва; таксационные характеристики древостоев; фитомассу всех ярусов растительности; дестрит (валеж., лесная подстилка); годичную продукцию; отпад и опад; методику. Разумеется, лишь для небольшой части пробных площадей имеет место полное заполнение, но наличие информации о фитомассе соблюдалось обязательно. Помимо блоков фитомассы и продукции сейчас используется и другая информация; например, при создании баз данных по запасам лесных подстилок, сухостоя, годичного опада и др.

Заметим, что информация базы данных [15] разнокачественная по ряду признаков: а) она не репрезентативна для совокупностей насаждений: по географическому размещению пробных площадей, по составу, возрасту и полноте древостоев; б) для части пробных площадей отсутствуют качественные таксационные характеристики древостоев; в) большая доля результатов получена по наименее точной из используемых методик – «среднего модельного дерева». Отличает базу данных [15] одно обстоятельство: она включает только те пробные площади, на которых определялись, хотя и для решения разных задач, фитомасса и другие элементы биопродуктивности. Никакой расчетной информации типа выровненных показателей в возрастных рядах таблиц биопродуктивности, данных таксационных пробных площадей после конверсии запасов в фитомассу и др. в базу нами не включались.

Главное предназначение базы данных [15] – расчет предикторов (коэффициентов

уравнений, отношений) для конверсии таксационных запасов в фитомассу. Так как в материалах ГУЛФ к базовым для углеродного цикла относятся только три последовательных показателя: лесообразующая порода – группа возраста – средний запас насаждений возрастной группы (последний рассчитывается по отношению общих запасов насаждений группы возраста к их площади), то синхронным к базовым показателям приняли отношение: $k = Ph/M$, где Ph – фитомасса, т·га⁻¹; M – запас, м³·га⁻¹. Поскольку $Ph = \rho_{баз} G(HF)$, а $M = G(HF)$, где G – сумма площадей сечений, м²·га⁻¹ ($G = D \cdot N$, здесь D – средний диаметр древостоя, см; N – число стволов, экз. га⁻¹); HF – зависимость от возраста «видовая высота» (или произведение средней высоты H , м на F – видовое число); ρ – базовая плотность фракций фитомассы, кг м³ или т м³. Поскольку для России имеются значения $\rho_{баз}$ только древесины и коры основных лесообразующих пород [7, 8], то в отношении $k = Ph/M$ значения $k \approx \rho_{баз} \approx \rho_{умс}$, или показателю базовой плотности, интегрированному для всех фракций фитомассы, причем не только преобладающей, но и прилегающих к ней древесных пород. При расчетах коэффициента k в состав Ph включается и фитомасса нижних ярусов фитоценозов. Она предварительно определяется по возрастным группам насаждений, поскольку больше зависит от сомкнутости полога и типов леса, чем от запасов. При определении пулов углерода мы ориентировались на значения $k = Ph/M$, первоначально как на общие для всех фракций отдельных древесных пород [22], затем дифференцировали их по зональному критерию [16], в настоящей работе и по фракциям фитомассы.

Величины конверсионных коэффициентов могут рассчитываться и с использованием других таксационных признаков, а не только запасов отдельных возрастных групп конкретных лесообразующих пород. Так, сотрудники Международного института прикладного системного анализа [18] пользуются аналогичными для фракций фитомассы коэффициентами (R_f), определяя их по нелинейным регрессионным уравнениям: $R_f = Ph/M = f(A, SI, RS)$, где A – возраст, лет; SI – класс бонитета; RS – полнота древостоя. Они считают, что определяемые лесоустройством запасы систематически ниже (–5 ... –15 %) по сравнению с пробными площадями МБП. Поэтому показатель M ими не включается в качестве аргумента моделей для расчета фитомассы. Здесь много неясного: 1) неизвестно, откуда появилась систематическая ошибка в определении запасов при лесоустройстве; 2) почему запас определяется яко-

бы через класс возраста, класс бонитета и среднюю полноту; 3) действительно ли возраст, класс бонитета и полнота в материалах ГУЛФ определяются с большей точностью, чем запас. Ниже будет показано, что при оценках фитомассы на федеральном уровне разные модели дают если не одинаковые, то очень близкие результаты. Поскольку полнота и класс бонитета входят в аргумент регрессии с малым весом, то значения R_f будут в значительной мере определяться возрастом насаждений. Особенно это касается лесов Севера.

Сходный прием использует в своих работах В. А. Усольцев [10–12], который рассчитывает логарифмы отдельных фракций фитомассы древостоев по многофакторным регрессионным уравнениям, привлекая рекурсивную «цепочку» расчета:

$$\ln Ph = f(x_0, \dots, x_{25}, \ln A, \ln H, \ln D, \ln N, \ln M),$$

где A, H, D, N, M – средние значения возраста, высоты, диаметра, числа стволов (густоты), запаса.

Приводимые в работах [18] и [10; 11] модели имеют, несомненно, перспективную сферу своего применения, прежде всего для характеристики продуктивности эталонных экосистем в разных районах [12, 13], при оценке $C_{phytomass}$ по материалам поведельной таксации лесоустройства, но вряд ли с использованием данных ГУЛФ. При трех входах в доступных материалах ГУЛФ: *лесообразующая порода – группа возраста – запас* более приемлемыми для федерального уровня следует считать либо модель $k = Ph/M$, опираясь на распределение площадей и запасов по возрастным группам, либо используя регрессии $k = Ph/M$ от возраста и запаса насаждений [3]. Отсутствие содержательных аналитических работ, касающихся изменчивости значений $\rho_{баз}$ и HF отдельных пород в масштабе страны или ее крупных регионов, может подрывать доверие и к $k = Ph/M$ и другим видам конверсий таксационных показателей в фитомассу.

Результаты и обсуждение

В таблице приводятся используемые нами $k = Ph/M$ для большинства основных лесообразующих пород по группам возраста и ландшафтными полосам. Судя по стандартным ошибкам, эти материалы можно использовать как нормативные для оценки запасов фитомассы фракций, а также опала хвои вечнозеленых пород, отпада ветвей сухостойных деревьев и т. д.

Отношение конверсионных коэффициентов к общему $k = Ph/M$ дает представительство отдельных фракций в общей фитомассе. Процентное соотношение фракций фитомассы

(стволов: ветвей: корней: листьев, хвои) насаждений основных лесобразующих пород на примере средней широтной полосы было следующим (после округления): сосна средневозрастных древостоев 70: 10: 16: 4; припевающих 66: 8: 22: 4; ель тех же возрастных групп 58: 18: 19: 10 и 68: 8: 18: 6; лиственница 79: 6: 13: 2 и 75: 7: 15: 3; березы 61: 12: 20: 7 и 70: 7: 20: 3. Приоритетная роль фракции стволов в структуре фитомассы обязывает включать запас в перечень таксационных признаков для определения фитомассы.

Расчеты Ph/M крайне желательны и для древесных пород, слабо представленных [5, 6]. Особенно это касается лиственных пород и кустарников, в том числе и твердолиственных, в первую очередь березы каменной, для которой совершенно отсутствует сведения по биопродуктивности.

По конверсионным коэффициентам можно получить некоторые представления о характере возрастного изменения морфоструктур фитомассы насаждений. Прежде всего это касается фракций фитомассы крон (листвы и ветвей), поскольку фитомасса стволов связана с запасами по определению, а для фитомассы корней пока что отсутствуют более или менее точные методы. Но из-за разнообъемности выборок для расчета $k = Ph/M$ отдельных лесобразующих пород в возрастных группах данными таблицы при сравнительных анализах для лесоустроителей следует пользоваться очень осторожно.

Использование одной и той же исходной информации (данные МБП, иногда с дополнением расчетных выборок [18]) при определении связи фитомассы фракций насаждений с таксационными показателями древостоев, очевидно, нивелирует конечные оценки, полученные на основе разных моделей конверсии запасов в фитомассу, особенно в тех случаях, когда конечные расчеты осуществляются по запасам насаждений из материалов ГУЛФ.

Так, А. З. Швиденко и др. [19] оценивают $C_{phytomass}$ лесных земель России на площади $1151 \cdot 10^6$ га в $37288 \cdot 10^6$ тС. Наши оценки [16] для площади $1179 \cdot 10^6$ га несколько меньше $35652 \cdot 10^6$ тС, как и средние запасы (30.2 против 32.4 тС га⁻¹ или на 7%). В расчетах А. З. Швиденко и др. [19] были использованы коэффициенты $R_f = Ph/M = f(A, SI, RS)$, причем таксационные показатели обобщались по экорегионам на основе материалов ГУЛФ для почти 1900 лесхозов. Для сомкнутых лесов России ($763.5 \cdot 10^6$ га) А. З. Швиденко и др. [19] определяют $C_{phytomass}$ в $32862 \cdot 10^6$ тС, мы же для площади $707.0 \cdot 10^6$ га – в $30913 \cdot 10^6$ тС, хотя по средним запасам (плотности) обе оценки следует считать одинаковыми

(43.0 и 43.7 тС·га⁻¹). Грешилова Н. В. [1], используя сложные модели для расчетов коэффициентов конверсии запаса в фитомассу, определила для лиственных лесов Красноярского края, Таймырского АО и Эвенкийского АО общую фитомассу в $3696 \cdot 10^6$ т. По нашим расчетам (неопубликованные данные) на основе материалов ГУЛФ 1993 и 1998 гг. для лиственничников тех субъектов федерации фитомасса составляет $3817.58 \cdot 10^6$ т и $4025.72 \cdot 10^6$ т абсолютно сухого вещества, т. е. на 4.3% и 8.9% больше, чем в работе [1].

Полагаем, что материалы ГУЛФ и отношения $k = Ph/M$ по простоте расчетов и уровню точности получаемых оценок фитомассы и $C_{phytomass}$ пригодны для определения пулов углерода отдельных субъектов РФ. Эти оценки могут стать базовыми для расчетов потоков углерода, включая первичную биологическую продукцию [14, 20].

Заключение

Наличие коэффициентов или уравнений для конверсии запаса древесины в фитомассу и далее в углерод позволяют рассчитывать на основе материалов ГУЛФ пулы $C_{phytomass}$ как для подразделений лесного хозяйства (лесхозы, управления и др.), территориальных объединений (субъекты федерации, экономические районы, округа), так и единиц природной дифференциации (подзоны, провинции, биомы, лесные формации и др.). Определение запасов фитомассы и пулов $C_{phytomass}$ в лесном фонде России сейчас не представляют больших трудностей. При дополнении лесоустроительной инструкции и обеспечении соответствующими нормативами учет углерода фитомассы можно было бы проводить в ходе камеральной обработки материалов лесинвентаризаций. Сложнее, но возможен при наличии соответствующих баз данных, учет мертвых растительных остатков (валежа, сухостоя и др.). Более сложной представляется оценка эмиссионных потоков углерода от разложения мертвой древесины.

Исследование выполнялось при поддержке международного проекта «Развитие международного сотрудничества по оценке углеродного цикла» (Институт мировых ресурсов, Вашингтон, США), частично проектом МЯ-47 (МПП РФ) и грантов РФФИ (00-04-48036, 03-04-48097).

Таблица. Конверсионные коэффициенты Ph/M для основных лесообразующих пород ($t\ m^{-3} \pm$ стандартная ошибка)

| Порода | Широтная полоса | Группа возраста | Общий | Фракция | | | |
|--------|-----------------|----------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| | | | | стволы | ветви | корни | листья, хвоя |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Сосна | 1 | Молодняки | 0.937±0.118 | 0.469±0.021 | 0.128±0.022 | 0.174±0.031 | 0.167±0.044 |
| | | Средневозрастные | 0.693±0.023 | 0.468±0.010 | 0.052±0.002 | 0.143±0.009 | 0.030±0.002 |
| | | Приспевающие | 0.737±0.047 | 0.482±0.016 | 0.067±0.010 | 0.155±0.016 | 0.033±0.005 |
| | | Спелые и перестойные | 0.661±0.024 | 0.462±0.008 | 0.057±0.006 | 0.121±0.008 | 0.021±0.002 |
| | 2 | Молодняки | 0.793±0.078 | 0.470±0.027 | 0.131±0.026 | 0.108±0.013 | 0.084±0.014 |
| | | Средневозрастные | 0.646±0.018 | 0.455±0.006 | 0.062±0.006 | 0.101±0.004 | 0.028±0.002 |
| | | Приспевающие | 0.715±0.052 | 0.475±0.010 | 0.054±0.006 | 0.162±0.033 | 0.024±0.004 |
| | | Спелые и перестойные | 0.646±0.028 | 0.478±0.014 | 0.054±0.005 | 0.088±0.004 | 0.027±0.004 |
| | 3 | Молодняки | 0.869±0.046 | 0.444±0.008 | 0.112±0.007 | 0.190±0.019 | 0.123±0.012 |
| | | Средневозрастные | 0.703±0.027 | 0.447±0.008 | 0.066±0.003 | 0.159±0.014 | 0.032±0.002 |
| | | Приспевающие | 0.658±0.021 | 0.453±0.010 | 0.052±0.002 | 0.128±0.007 | 0.026±0.002 |
| | | Спелые и перестойные | 0.712±0.023 | 0.491±0.011 | 0.059±0.004 | 0.137±0.007 | 0.025±0.002 |
| Ель | 1 | Молодняки | 0.937±0.068 | 0.413±0.006 | 0.176±0.020 | 0.159±0.015 | 0.190±0.027 |
| | | Средневозрастные | 0.773±0.039 | 0.457±0.007 | 0.086±0.010 | 0.138±0.009 | 0.092±0.013 |
| | | Приспевающие | 0.762±0.039 | 0.457±0.010 | 0.086±0.009 | 0.150±0.012 | 0.069±0.008 |
| | | Спелые и перестойные | 0.750±0.039 | 0.457±0.013 | 0.085±0.008 | 0.163±0.015 | 0.045±0.003 |
| | 2 | Молодняки | 0.937±0.068 | 0.413±0.006 | 0.176±0.020 | 0.159±0.015 | 0.190±0.027 |
| | | Средневозрастные | 0.739±0.038 | 0.430±0.009 | 0.099±0.009 | 0.138±0.009 | 0.072±0.012 |
| | | Приспевающие | 0.686±0.026 | 0.465±0.010 | 0.057±0.004 | 0.122±0.006 | 0.041±0.006 |
| | | Спелые и перестойные | 0.681±0.030 | 0.444±0.010 | 0.060±0.003 | 0.139±0.013 | 0.038±0.004 |

Продолжение таблицы

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|-------------|-----|----------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Ель | 3 | Молодняки | 1.227±0.236 | 0.453±0.032 | 0.182±0.040 | 0.334±0.087 | 0.258±0.077 |
| | | Средневозрастные | 0.737±0.075 | 0.469±0.039 | 0.071±0.009 | 0.140±0.019 | 0.056±0.008 |
| | | Приспевающие | 0.702±0.038 | 0.437±0.012 | 0.080±0.007 | 0.142±0.013 | 0.043±0.006 |
| | | Спелые и перестойные | 0.728±0.027 | 0.452±0.011 | 0.071±0.002 | 0.162±0.011 | 0.042±0.003 |
| Пихта | 1-3 | Молодняки | 0.840±0.113 | 0.386±0.033 | 0.123±0.018 | 0.193±0.033 | 0.138±0.028 |
| | | Средневозрастные | 0.615±0.040 | 0.392±0.016 | 0.067±0.010 | 0.109±0.009 | 0.047±0.005 |
| | | Приспевающие | 0.565±0.034 | 0.348±0.017 | 0.048±0.003 | 0.131±0.011 | 0.037±0.003 |
| | | Спелые и перестойные | 0.539±0.037 | 0.346±0.010 | 0.055±0.002 | 0.103±0.024 | 0.035±0.001 |
| Лиственница | 1 | Молодняки | 1.046±0.063 | 0.481±0.016 | 0.068±0.013 | 0.456±0.025 | 0.042±0.009 |
| | | Средневозрастные | 0.845±0.047 | 0.501±0.017 | 0.057±0.011 | 0.265±0.015 | 0.023±0.005 |
| | | Приспевающие | 0.900±0.045 | 0.516±0.013 | 0.054±0.008 | 0.312±0.021 | 0.019±0.003 |
| | | Спелые и перестойные | 0.956±0.044 | 0.531±0.009 | 0.051±0.006 | 0.359±0.027 | 0.015±0.002 |
| | 2 | Молодняки | 0.811±0.166 | 0.621±0.119 | 0.050±0.010 | 0.111±0.025 | 0.028±0.012 |
| | | Средневозрастные | 0.836±0.125 | 0.661±0.055 | 0.049±0.007 | 0.109±0.061 | 0.017±0.001 |
| | | Приспевающие | 0.867±0.162 | 0.648±0.085 | 0.061±0.007 | 0.131±0.061 | 0.027±0.008 |
| | | Спелые и перестойные | 0.807±0.095 | 0.632±0.029 | 0.055±0.003 | 0.103±0.061 | 0.017±0.002 |
| | 3 | Молодняки | 0.784±0.087 | 0.494±0.034 | 0.115±0.019 | 0.136±0.025 | 0.040±0.008 |
| | | Средневозрастные | 0.742±0.112 | 0.524±0.047 | 0.055±0.003 | 0.150±0.061 | 0.013±0.001 |
| | | Приспевающие | 0.795±0.112 | 0.575±0.047 | 0.051±0.003 | 0.156±0.061 | 0.013±0.001 |
| | | Спелые и перестойные | 0.795±0.099 | 0.575±0.030 | 0.051±0.006 | 0.156±0.061 | 0.013±0.003 |
| Кедр | 1-3 | Молодняки | 0.783±0.075 | 0.428±0.028 | 0.101±0.008 | 0.186±0.028 | 0.068±0.011 |
| | | Средневозрастные | 0.682±0.057 | 0.413±0.022 | 0.056±0.005 | 0.186±0.028 | 0.027±0.003 |
| | | Приспевающие | 0.637±0.054 | 0.393±0.027 | 0.061±0.007 | 0.156±0.016 | 0.027±0.003 |
| | | Спелые и перестойные | 0.899±0.080 | 0.449±0.031 | 0.106±0.013 | 0.299±0.031 | 0.045±0.005 |

Продолжение таблицы

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|----------------------------|-----|----------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Дуб высокоствольный | 1-3 | Молодняки | 1.232±0.137 | 0.569±0.016 | 0.116±0.009 | 0.485±0.104 | 0.062±0.008 |
| | | Средневозрастные | 0.981±0.060 | 0.594±0.026 | 0.139±0.016 | 0.230±0.017 | 0.018±0.002 |
| | | Приспевающие | 0.836±0.081 | 0.585±0.030 | 0.095±0.033 | 0.147±0.016 | 0.010±0.002 |
| | | Спелые и перестойные | 0.956±0.120 | 0.580±0.043 | 0.192±0.047 | 0.171±0.027 | 0.013±0.003 |
| Дуб низкоствольный | 1-3 | Молодняки | 1.591±0.104 | 0.671±0.023 | 0.315±0.024 | 0.403±0.040 | 0.201±0.017 |
| | | Средневозрастные | 1.082±0.133 | 0.604±0.031 | 0.126±0.016 | 0.325±0.083 | 0.026±0.002 |
| | | Приспевающие | 1.125±0.179 | 0.615±0.032 | 0.176±0.064 | 0.319±0.081 | 0.015±0.001 |
| | | Спелые и перестойные | 1.273±0.353 | 0.718±0.155 | 0.225±0.112 | 0.313±0.080 | 0.018±0.005 |
| Прочие твердолиственные | 1-3 | Молодняки | 1.248±0.200 | 0.615±0.066 | 0.186±0.038 | 0.392±0.079 | 0.056±0.016 |
| | | Средневозрастные | 0.953±0.058 | 0.610±0.026 | 0.143±0.018 | 0.185±0.012 | 0.015±0.001 |
| | | Приспевающие | 0.776±0.079 | 0.527±0.033 | 0.107±0.018 | 0.129±0.026 | 0.013±0.003 |
| | | Спелые и перестойные | 0.872±0.060 | 0.545±0.022 | 0.153±0.018 | 0.165±0.019 | 0.009±0.001 |
| Береза | 1 | Молодняки | 0.922±0.159 | 0.465±0.030 | 0.121±0.024 | 0.238±0.088 | 0.099±0.017 |
| | | Средневозрастные | 0.817±0.119 | 0.561±0.069 | 0.053±0.021 | 0.180±0.019 | 0.024±0.011 |
| | | Приспевающие | 0.817±0.105 | 0.542±0.046 | 0.084±0.025 | 0.152±0.021 | 0.039±0.013 |
| | | Спелые и перестойные | 0.845±0.089 | 0.523±0.024 | 0.115±0.029 | 0.152±0.021 | 0.055±0.015 |
| | 2 | Молодняки | 0.922±0.159 | 0.465±0.030 | 0.121±0.024 | 0.238±0.088 | 0.099±0.017 |
| | | Средневозрастные | 0.875±0.075 | 0.531±0.013 | 0.103±0.025 | 0.180±0.019 | 0.060±0.018 |
| | | Приспевающие | 0.765±0.053 | 0.532±0.026 | 0.057±0.003 | 0.152±0.021 | 0.024±0.003 |
| | | Спелые и перестойные | 0.738±0.044 | 0.505±0.015 | 0.057±0.006 | 0.152±0.021 | 0.024±0.002 |
| | 3 | Молодняки | 0.873±0.047 | 0.496±0.011 | 0.121±0.011 | 0.184±0.015 | 0.072±0.009 |
| | | Средневозрастные | 0.792±0.024 | 0.539±0.009 | 0.063±0.003 | 0.169±0.011 | 0.020±0.001 |
| | | Приспевающие | 0.734±0.033 | 0.536±0.014 | 0.061±0.004 | 0.123±0.015 | 0.014±0.001 |
| | | Спелые и перестойные | 0.734±0.045 | 0.531±0.019 | 0.071±0.014 | 0.115±0.010 | 0.017±0.002 |

Окончание таблицы

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---------------------------|-----|----------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Осина | 1-3 | Молодняки | 0.712±0.110 | 0.388±0.013 | 0.085±0.016 | 0.179±0.062 | 0.059±0.020 |
| | | Средневозрастные | 0.726±0.089 | 0.463±0.019 | 0.063±0.005 | 0.179±0.062 | 0.020±0.002 |
| | | Приспевающие | 0.669±0.114 | 0.432±0.049 | 0.057±0.006 | 0.168±0.058 | 0.012±0.002 |
| | | Спелые и перестойные | 0.730±0.113 | 0.511±0.052 | 0.052±0.005 | 0.157±0.054 | 0.010±0.001 |
| Прочие мягколиственные | 1-3 | Молодняки | 0.762±0.077 | 0.552±0.060 | 0.063±0.006 | 0.127±0.008 | 0.020±0.003 |
| | | Средневозрастные | 0.672±0.046 | 0.486±0.030 | 0.047±0.006 | 0.129±0.008 | 0.011±0.002 |
| | | Приспевающие | 0.667±0.053 | 0.482±0.036 | 0.049±0.003 | 0.121±0.010 | 0.016±0.003 |
| | | Спелые и перестойные | 0.674±0.032 | 0.482±0.016 | 0.049±0.004 | 0.133±0.009 | 0.010±0.003 |
| Кедровый стланик | 1-3 | Молодняки | 1.199±0.263 | 0 | 0.360±0.092 | 0.669±0.120 | 0.170±0.051 |
| | | Средневозрастные | 1.399±0.299 | 0 | 0.360±0.092 | 0.869±0.155 | 0.170±0.051 |
| | | Приспевающие | 1.532±0.323 | 0 | 0.360±0.092 | 1.002±0.179 | 0.170±0.051 |
| | | Спелые | 1.998±0.406 | 0 | 0.360±0.092 | 1.468±0.262 | 0.170±0.051 |
| | | Перестойные | 2.331±0.465 | 0 | 0.360±0.092 | 1.801±0.322 | 0.170±0.051 |

Примечание. Широтные полосы: 1 - северная тайга и лесотундра, 2 - средняя тайга, 3 - южная тайга, широколиственные леса, лесостепь и другие зоны.

Библиографический список

1. **Грешилова Н. В.** Моделирование географической изменчивости фитомассы и годичной продукции лесов Енисейского меридиана (на примере светлохвойных пород): Автореф. дисс. ... канд. биол. наук (03.00.28). – Красноярск, 2003. – 17 с.
2. **Замолодчиков Д. Г., Уткин А. И.** Система конверсионных отношений для расчета чистой первичной продукции лесных экосистем по запасам насаждений // Лесоведение. – 2000. – № 6. – С. 54–63.
3. **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.
4. **Исаев А. С., Коровин Г. Н., Сухих В. И. и др.** Экологические проблемы поглощения углекислого газа посредством лесовосстановления и лесоразведения в России. (Аналитический обзор). – М.: Центр экологической политики России, 1995. – 156 с.
5. **Лесной фонд России (по учету на 1 января 1993 года).** Справочник. – М.: ВНИИЦ лесресурс, 1995. – 281 с.
6. **Лесной фонд России (по учету на 1 января 1998 года).** Справочник. – М.: ВНИИЦ лесресурс, 1999. – 649 с.
7. **Полубояринов О. И.** Плотность древесины. – М.: Лесн. пром-сть, 1976. – 159 с.
8. **Полубояринов О. И., Сорокин А. М.** Базисная плотность древесины и коры лесообразующих пород европейской части России // Лесн. хоз-во. – 2000. – № 5. – С. 35–36.
9. **Углерод в экосистемах лесов и болот России.** Под ред. Алексеева В. А., Бердси Р. А. – Красноярск: Ин-т леса СО РАН, 1994. – 232 с.
10. **Усольцев В. А.** Формирование банков данных о фитомассе лесов. – Екатеринбург: Изд-во УрО РАН, 1998. – 541 с.
11. **Усольцев В. А.** Фитомасса лесов Северной Евразии: база данных и география. – Екатеринбург: УрО РАН, 2001. – 707 с.
12. **Усольцев В. А.** Фитомасса лесов Северной Евразии: нормативы и элементы географии. – Екатеринбург: УрО РАН, 2002. – 763 с.
13. **Усольцев В. А., Колтунова А. И.** Оценка запасов углерода в фитомассе лиственных экосистем Северной Евразии // Экология. – 2001. – № 4. – С. 258–265.
14. **Уткин А. И.** Углеродный цикл и лесоводство // Лесоведение. – 1995. – № 5. – С. 3–20.
15. **Уткин А. И., Гульбе Я. И., Гульбе Т. А., Ермолова Л. С.** Биологическая продуктивность лесных экосистем. Компьютерная база данных. – М.: ИЛ РАН, ЦЭПЛ РАН, 1994.
16. **Уткин А. И., Замолодчиков Д. Г., Честных О. В. и др.** Леса России как резервуар органического углерода биосферы // Лесоведение. – 2001. – № 5. – С. 8–23.
17. **Уткин А. И., Замолодчиков Д. Г., Пряжников А. А.** Методы определения депонирования углерода фитомассы и неттопродуктивности лесов (на примере Республики Беларусь) // Лесоведение. – 2003. – № 1. – С. 48–57.
18. **Швиденко А. З., Нильссон С., Щепашенко Д. Г.** Агрегированные модели фитомассы насаждений основных лесообразующих пород России // Лесная таксация и лесоустройство. – 2001. – № 1(30). – С. 50–57.
19. **Швиденко А. З., Нильссон С., Столбовой В. С. и др.** Опыт агрегированной оценки основных показателей биопродукционного процесса и углеродного бюджета наземных экосистем России. 1. Запасы растительной органической массы // Экология. – 2000. – № 6. – С. 403–410.
20. **Швиденко А. З., Нильссон С., Столбовой В. С. и др.** Опыт агрегированной оценки основных показателей биопродукционного процесса и углеродного бюджета наземных экосистем России. Нетто-первичная продукция экосистем // Экология. – 2001. – № 2. – С. 83–90.
21. **Forest resources assessment 2000.** New York, Geneva: United Nations, 2000. 445 p.
22. **Isaev A., Korovin G., Zamolodchikov D. et al.** Carbon stock and deposition in phytomass of the Russian forests // Water, Air and Soil Pollution. 1995. V. 82. P. 247–256.