

## ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 630\*52

ГЛОБАЛЬНЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОГРАММЫ  
И БАЗЫ ДАННЫХ О ФИТОМАССЕ ЛЕСОВ

В. А. УСОЛЬЦЕВ

Уральский лесотехнический институт

Экологизация наук о лесе, в том числе лесоводства и лесной таксации [1, 7], связана с обострением так называемого экологического кризиса вследствие загрязнения окружающей среды и истощения некоторых природных ресурсов в ближайшем будущем. При этом создается опасность существенного повышения содержания углерода в атмосфере и глобального потепления климата вследствие парникового эффекта. Установлено, что вырубка лесов в мировом масштабе идет со скоростью 20 гектаров в минуту и превышает прирост древесины в 18 раз. Лесистость планеты будет еще снижаться в течение ряда лет со скоростью около 1 % в год и станет критической при площади лесов около 20 % от территории суши [14].

Атмосферный  $\text{CO}_2$  совершает круговорот каждые 7 лет через наземную биоту, в том числе на 70 % через лесные экосистемы. Леса содержат около 70 % углерода суши в надземной фитомассе и примерно 50 % в подземной. На агроэкосистемы приходится 12 % запасов почвенного углерода [16]. Поэтому особую актуальность приобретают исследования, связанные с оценкой запасов углерода в лесной фитомассе [15, 17] и ее энергетикой [12]. Согласно предварительным данным, в лесах умеренной зоны около 30 % углерода содержится в древостое, 60 % — в почве, 9 % — в подстилке и 1 % — в живом напочвенном покрове [15]. В активном круговороте углерода наибольшая доля приходится на древостой. Регулируя структуру их фитомассы и валовые показатели на единице площади, можно наиболее эффективно воздействовать на газовый состав атмосферы.

В настоящее время мировое сообщество приступило к реализации программ по консервации и связыванию углерода в его глобальном круговороте, чтобы предупредить потепление климата (например Global BIOME Program, U. S. Environmental Protection Agency, Oregon, 1991). Реализации глобальных экологических программ способствуют принятое в Майлстоуне странами большой семерки «Глобальное лесное соглашение — 1992», а также Конвенция ООН (1992 г.) об изменении климата. Цель программы BIOME, во-первых, оценить степень, в которой лесные и агроэкосистемы могут быть контролируемы, т. е. приспособлены к консервации и связыванию атмосферного углерода в растительном покрове, и, во-вторых, в которой ископаемые источники топлива могут быть заменены экологически безопасным его видом — спиртами, вырабатываемыми из возобновляемого сырья — фитомассы лесных и агроэкосистем.

Связывание атмосферного углерода обеспечивается интенсивным лесоразведением (в том числе полезащитным), лесовосстановлением, прочими лесохозяйственными мероприятиями. Работы по консервации углерода в растительном покрове сводятся к сокращению темпов сведения лесов, приостановке процессов аридизации территорий и охране ле-

сов от пожаров. Потенциальный уровень глобальной компенсации содержания атмосферного углерода составляет около 10 Гт в год, в том числе в лесах тропической, умеренной и бореальной зон соответственно 70, 20 и 10 % [16].

Использование фитомассы в виде топлива, в свою очередь, способствует интенсификации лесохозяйственного производства и создания агроэкосистем, которые усваивают и связывают углекислый газ. Утилизация фитомассы является потенциально важнейшей частью программы по реализации процесса связывания углерода, поскольку приемы ведения лесного и сельского хозяйства ограничены и накопленный наземный углерод в конце концов окажется в составе атмосферы. В настоящее время на заготовку леса приходится 40 % общей стоимости фитомассы. Подготовка ее для различных видов использования очень трудоемка, поэтому в зоне особого внимания программы находится технологический прогресс в обоих названных направлениях [16]. Реализация программы ВЮМЕ включает сбор данных по 16 ключевым странам, располагающим наиболее значительными лесными ресурсами. Эти страны располагаются на всех континентах планеты в зонах бореальных, умеренных и тропических лесов, в том числе в бореальной две страны — Россия и Канада.

Лесной покров играет определяющую роль в формировании газового состава атмосферы, поэтому отправным этапом реализации глобальных экологических программ является создание банков данных об органической массе лесов, в том числе фитомассе лесного покрова. Прирост различных фракций фитомассы связан с образованием кислорода или интенсивностью связывания углерода, переводными коэффициентами, специфичными для каждой древесной породы [4].

Первоначальной целью инвентаризации лесных ресурсов была оценка ликвидных запасов стволовой древесины, и до настоящего времени вся технология лесохозяйственных работ ориентирована на получение такой информации. В резолюциях крупнейших научных конференций последних лет по оценке и моделированию продуктивности древостоев, а также в многочисленных публикациях подчеркивается, что модели, отражающие закономерности роста лишь стволовой древесины, сегодня недостаточны. Их следует дополнять сведениями о динамике остальных фракций фитомассы древостоев и компонентов лесных экосистем. Проблема таксации всей фитомассы древостоев становится все более актуальной, однако этот вопрос совершенно выпал из поля зрения составителей последней лесохозяйственной инструкции [3].

Лесная таксация за свою почти 200-летнюю историю накопила огромный арсенал нормативов для учета запасов стволовой древесины. Повторять этот путь при разработке нормативов таксации всей фитомассы нет смысла [13]. Необходимо создать методологическую основу стыковки традиционных лесохозяйственных данных с показателями фитомассы и банки данных о всей фитомассе лесов по регионам России.

Исследования структуры и динамики фитомассы лесов России ведутся с 30-х гг. текущего столетия. Специфика учета заключается в трудоемкости определения ее фракционного состава, разнообразии лесорастительных условий по природным зонам, изучении ограниченного числа факторов, от которых зависит запас фитомассы на 1 га. В связи с этими обстоятельствами пока не разработана процедура инвентаризации всей фитомассы лесов, имеются лишь отдельные предпосылки.

Один из важнейших этапов создания банков данных о фитомассе лесов — исследования закономерностей динамики фитомассы по географическим зонам. Здесь путь традиционной лесной таксации [2] также неприемлем, поскольку предстоит изучить влияние климатических факторов на распределение фракций фитомассы, тогда как таксация ство-

ловой древесины основана на стереометрических методах [11]. На сегодня имеются главным образом сводки о фитомассе некоторых лесообразующих древесных пород [6, 10]. Единственная попытка не только составить исчерпывающую сводку о фитомассе, но и выявить возрастные закономерности распределения последней по трем широтным климатическим поясам, по-видимому, принадлежит Я. К. Палуметсу [5, 18]. К сожалению, он не в полной мере реализовал возможности, которые давала ему имевшаяся в его распоряжении сводка данных о фитомассе ели европейской, ограничившись анализом парных связей фитомассы ельников с возрастом и климатическими показателями. Динамика фитомассы древостоев, как и любой экосистемы, имеет многофакторную природу, поэтому необходимо применение многомерных методов. Кроме того, ограничение климатических зон уровнем ФАР представляется слишком упрощенным. В пределах этих зон могут быть существенные колебания в распределении фитомассы. Согласно нашим наблюдениям, например, охвоенность побегов сосны Велико-Анадольского леса и Казахского мелкосопочника различается в 2-3 раза. Имеются также различия в охвоенности сосны в Карелии и на Урале.

Для стыковки данных о фитомассе с традиционными таксационными нормативами нами разработан метод математического моделирования структуры и динамики всей фитомассы древостоев на основе рекуррентно-ступенчатого принципа последовательного обобщения [8, 9, 19, 20]. Метод обеспечивает приемлемую точность нормативов для учета фитомассы лесов при минимальных затратах. Процедура может быть представлена схемой: экспериментальные данные о фитомассе → многомерная регрессия → рекуррентная регрессионная система → норматив или банк данных о фитомассе древостоев.

Процесс составления банков данных о фитомассе во времени можно подразделить на пять этапов. На первом этапе по данным лесоустройства для каждого лесорастительного района формируют банки данных о запасах стволовой древесины, представленные в виде трехходовых таблиц распределения запасов по классам возраста, бонитета и полнотам. На втором этапе создают банки экспериментальных данных о фитомассе по отдельным породам для каждого района. На третьем этапе разрабатывают локальные регрессионные модели динамики фитомассы по четырем определяющим факторам: возраст, класс бонитета, полнота и запас стволовой древесины. На четвертом этапе анализируют географические (климатические) закономерности динамики фитомассы, в результате чего локальные модели дополняют климатическими и экологическими показателями. На последнем, пятом, этапе полученные обобщающие модели стыкуются с трехходовыми банками данных о запасах стволовой древесины.

Далее система обработки лесостроительной информации должна быть выведена на компьютерную сеть и преобразована в динамическую базу данных о всей фитомассе лесов, доступную для оперативного контроля и коррекции.

Помимо вклада в глобальные программы, аналогичные программе ВЮМЕ, базы данных о фитомассе древостоев необходимы также при разработке: систем локального и глобального экологического мониторинга лесов в связи с загрязнением природной среды промышленными выбросами; автоматизированных систем обработки данных аэрокосмического дистанционного зондирования лесов с использованием структурных характеристик лесного полога; математических моделей лесных пожаров на компьютерах в режиме реального времени в целях управления этими катастрофическими природными явлениями; ресурсосберегающих стратегий в технологии заготовки и переработки фитомассы лесов и т. д.

Базы данных о фитомассе лесов могут использовать в своей практической деятельности:

Министерство охраны окружающей среды и природных ресурсов — в реализации мероприятий в рамках «Конвенции ООН об изменении климата (1992)», разработке систем экологического мониторинга, аэрокосмического дистанционного зондирования лесов и их противопожарной охране;

Министерство топлива и энергетики — при технико-экономическом обосновании возможностей производства экологически чистых видов топлива из возобновляемых древесных ресурсов;

Министерство сельского хозяйства — при технико-экономическом обосновании возможностей производства биологически активных кормовых добавок и углеводистых кормов из лесной фитомассы;

Министерство здравоохранения — при обосновании возможностей получения и использования биологически активных веществ в производстве лекарственных препаратов.

Положительные эффекты от применения баз данных в различных областях науки и практики выражаются:

в обеспечении мероприятий по предотвращению глобального потепления климата планеты;

в возможности реализации контроля за глобальными и локальными изменениями состояния лесного растительного покрова в связи с загрязнением природной среды;

в уменьшении затрат на инвентаризацию лесных ресурсов и ущерба от лесных пожаров;

в снижении экологического ущерба вследствие замены традиционных видов топлива экологически безопасными, вырабатываемыми из древесины;

в решении проблемы обеспечения населения страны продовольствием и лекарственными препаратами растительного происхождения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Антанайтис В. В. Изучение роста древостоев на экологической основе // Закономерности роста и производительности древостоев: Тез. докл.—Каунас: ЛитСХА, 1985.—С. 11—14. [2]. Загреев В. В. Географические закономерности роста и продуктивности древостоев.—М.: Лесн. пром-сть, 1978.—240 с. [3]. Лебеков В. Ф. Задачи и пути совершенствования теории и практики лесоустройства // Лесоведение.—1986.—№ 6.—С. 3—10. [4]. Моисеев В. С., Яновский Л. Н. и др. Строительство и реконструкция лесопарковых зон: на примере Ленинграда.—Л.: Стройиздат, Ленингр. отд-ние, 1990.—288 с. [5]. Палуметс Я. К. Распределение фракций фитомассы ели европейской в зависимости от возраста и климатических факторов // Лесоведение.—1988.—№ 2.—С. 34—40. [6]. Поздняков Л. К. Продуктивность лесов Сибири // Ресурсы биосферы: итоги советских исследований по Международной биологической программе.—Л.: Наука, Ленингр. отд-ние, 1975.—Вып. 1.—С. 43—55. [7]. Стадницкий Г. В. Экологизация лесоводства // Лесоводство, лесные культуры и почвоведение.—Л.: ЛТА, 1984.—С. 48—54. [8]. Усольцев В. А. Принципы полифакторной оценки биопроductивности древостоев.—Красноярск: Ин-т леса и древесины, 1985.—48 с. [9]. Усольцев В. А. Рост и структура фитомассы древостоев.—Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1988.—253 с. [10]. Уткин А. И. Исследования по первичной биологической продуктивности лесов в СССР // Лесоведение.—1970.—№ 3.—С. 58—89. [11]. Уткин А. И. Методика исследований первичной биологической продуктивности лесов // Биологическая продуктивность лесов Поволжья.—М.: Наука, 1982.—С. 59—72. [12]. Уткин А. И. Теплота сгорания как экологическая мера // Чтения памяти академика В. Н. Сукачева.—Вып. 3. Вопросы биогеоценологии и географии.—М.: Наука, 1986.—С. 13—60. [13]. Уткин А. И. Предисловие // Анализ продукционной структуры древостоев.—М.: Наука, 1988.—С. 3—5. [14]. Федоренко Н. П., Реймерс Н. Ф. Экология и экономика — эволюция взаимоотношений. От «экономики природы» до «большой» экологии // Философские проблемы глобальной экологии.—М.: Наука, 1983.—С. 230—277. [5]. Birdsey R. A. Inventory of carbon storage and accumulation in U. S. forest ecosystems // Research in forest inventory, monitoring, growth and yield: Proceedings from IUFRO XIX World Congress.—Montreal, Canada, 1990.—P. 24—31. [16]. Dlobal BIOME Program. U. S. Environmental Protection Agency.—Corvallis,

1991.— 8 p. [17]. Lugo A. E., Chapman J. Biomass of tropical tree plantations and its implications for the global carbon budget // Can. J. For. Res.— 1986.— Vol. 16, N 2.— P. 390—394. [18]. Palumets J. Analysis of phytomass partitioning in Norway spruce.— Tartu; Tartu Ülikool, VIII Scripta Botanica, 1991.— 95 p. [19]. Usoltsev V. A. Recurrent regression system as a base for tree and stand biomass tables // Harvesting and utilization of tree foliage: IUFRO Project Group P3.05—00 Meeting.— Riga, 1989.— P. 217—245. [20]. Usoltsev V. A. Mensuration of forest biomass; Modernization of standard base of forest inventory // XIX World Congress Proceedings, IUFRO, Division 4.— Montreal, Canada, 1990.— P. 70—92.

Поступила 22 февраля 1993 г.

УДК 630\* : 65.011.54

## ДИНАМИКА ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН С ДВУХПОТОЧНОЙ ФРИКЦИОННОЙ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНОЙ МУФТОЙ ПРИ УПРУГИХ СВЯЗЯХ

В. П. КАРАМЫШЕВ

Воронежский лесотехнический институт

В [2] была рассмотрена динамика ротационных лесохозяйственных машин с двухпоточной фрикционной предохранительной муфтой при жесткой связи между рабочим органом и предметом, явившимся причиной перегрузки. В реальных условиях работы эти связи упругие и нелинейные [1]. Во многих случаях нелинейные связи можно линеаризовать. Поэтому для определения максимальных нагрузок, возникающих в элементах лесохозяйственных машин при перегрузках, следует рассмотреть их динамику при упругой связи.

Ротационные лесохозяйственные машины, защищенные от перегрузок двухпоточными фрикционными предохранительными муфтами, известными методами [3] могут быть приведены к трехмассовым динамическим расчетным схемам, а масса муфты — к средней массе (рис. А). На систему действуют рабочий момент  $T_p$  и моменты сил сопротивлений  $T_2$  и  $T_3$ . Действующие моменты и жесткости системы  $C_{12}$  и  $C_{13}$  постоянны. Система вращается с угловой скоростью  $\omega_0$ . При этом процесс перегрузки лесохозяйственных машин разделен на два периода: I — нарастание нагрузки до срабатывания предохранительной муфты; II — от срабатывания муфты до возникновения максимального динамического момента в системе. Кроме того, учитывалось, что перегрузка может возникнуть как на одном рабочем объекте машины (стопорится одна из крайних масс системы), так и на двух (стопорятся одновременно обе крайние массы системы).

При перегрузке одного рабочего объекта (стопорится, например, левая масса системы) в первом периоде система из трехмассовой (рис. А) преобразуется в трехмассовую с заделкой (рис. Б, I). Звено  $C_{03}$  имитирует упругий характер связи, образовавшейся при перегрузке. В этом случае система нагружена рабочим моментом  $T_p$  и моментом сопротивления  $T_2$ .

Дифференциальные уравнения движения системы запишутся в виде

$$\left. \begin{aligned} I_1 \ddot{\varphi}_1 + (\varphi_1 - \varphi_2) C_{12} - (\varphi_2 - \varphi_1) C_{13} &= T_p; \\ I_2 \ddot{\varphi}_2 - (\varphi_1 - \varphi_2) C_{12} &= -T_2; \\ I_3 \ddot{\varphi}_3 + (\varphi_3 - \varphi_1) C_{13} &= -\varphi_3 C_{03}, \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где  $I_1, I_2, I_3$  — моменты инерции центральной, правой и левой масс системы;