



УДК 630.431.2

Оценка запаса лесных горючих материалов при государственной инвентаризации лесов

© Ю.А. Андреев¹, А.Ю. Андреев¹, П.В. Михайлов¹, В.Г. Паутяк¹,
В.С. Коморовский²

Stock assessment of forest combustible materials in the state forest inventory

Y.A. Andreev¹, A.Y. Andreev¹, P.V. Mikhaylov¹, V.G. Pautyak¹, V.S. Komorovski² (¹Krasnoyarsk Scientific Laboratory of SPb Forestry Research Institute, ²R&D Center of Siberian fire rescue academy – branch of St. Petersburg University of State Fire Service of Russia EMERCOM)

The purpose of the research is to estimate the stock of forest combustible materials according to the state forest inventory. Object of research are examples of forest combustible materials and state forest inventory data.

The work is based on a review and analysis of existing classifications of forest combustible materials, methods for the determination of their quantitative and qualitative characteristics, the results of field research stocks of combustible materials in litterfall and the crowns of coniferous trees (except larch) and undergrowth. In the course of work characteristics of forest combustible materials were identified and tested for possible correlation with the data of the state forest inventory.

Data on stocks of forest combustible materials in Russia, obtained by the state forest inventory will allow to solve one of the most difficult tasks in the field of forest protection - planning and implementation of fire prevention measures, based on the modeling of scenarios of forest fires, their frequency, intensity, and consequences.

Key words: state forest inventory, forest combustible materials, group of forest types, forest combustible materials mass, the stock of forest combustible materials, the correlation

Оценка запаса лесных горючих материалов при государственной инвентаризации лесов

Ю.А. Андреев, А.Ю. Андреев, П.В. Михайлов, В.Г. Паутяк, В.С. Коморовский

Цель исследований – оценка запасов лесных горючих материалов по данным государственной инвентаризации лесов. Объектами исследований являлись образцы лесных горючих материалов и данные государственной инвентаризации лесов.

Работа основана на обзоре и анализе существующих классификаций лесных горючих материалов, методов определения их количественных и качественных характеристик, на результатах полевых исследований запасов напочвенных лесных горючих материалов и в кронах хвойных деревьев (кроме лиственницы) и молодняка (подроста). В ходе работы были выявлены и проверены возможные корреляционные связи характеристик лесных горючих материалов с данными государственной инвентаризации лесов.

Данные о запасах лесных горючих материалов на территории России, полученные при государственной инвентаризации лесов, позволят решить одну из самых сложных задач в области охраны лесов – планирование и реализацию противопожарных мероприятий на основе моделирования возможных сценариев развития лесных пожаров, их частоты, интенсивности и последствий.

Ключевые слова: государственная инвентаризация лесов, лесные горючие материалы, группа типов леса, масса лесного горючего материала, запас лесного горючего материала, корреляция

Андреев Юрий Александрович, заведующий лабораторией, д-р техн. наук

Андреев Артем Юрьевич, младший науч. сотр.

Михайлов Павел Владимирович, старший науч. сотр., канд. с.-х. наук

Паутяк Василий Григорьевич, гл. специалист

¹Красноярская научная лаборатория ФБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт лесного хозяйства»

660049, г. Красноярск, Академгородок, 50а

Телефон/факс: (391) 290-52-17

E-mail: K1-spbniilh2011@yandex.ru

Коморовский Витольд Станиславович, старший науч. сотр., канд. техн. наук

²Центр НИОКР Сибирской пожарно-спасательной академии – филиала Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России

660049, г. Красноярск, Академгородок, 50а

Телефон/факс: (391) 249-47-28

E-mail: komorovski.w@mail.ru

Введение

Государственная инвентаризация лесов (ГИЛ) — это долгосрочная программа, направленная на получение статистически обоснованной информации о состоянии и развитии лесов России для информационного обеспечения управления в области использования, охраны, защиты, воспроизводства лесов, а также в области государственного лесного контроля и надзора. Основной задачей ГИЛ является единовременное определение запасов древостоев, а одним из направлений — оценка мероприятий по охране, защите и воспроизводству лесов [2]. При проведении полевых исследований фиксируется более ста различных характеристик постоянной пробной площади (ППП). За все время проведения ГИЛ в России заложено несколько десятков тысяч ППП, накоплен огромный банк данных, которые практически не используются. Одна из причин — отсутствие методических разработок по использованию этих данных в различных сферах лесного хозяйства.

Среди самых сложных проблем в области охраны лесов от пожаров — планирование и реализация противопожарных мероприятий на основе моделирования частоты и интенсивности вероятных пожаров и их последствий. Главным барьером на пути её решения стоит отсутствие полной и достоверной информации о запасах лесных горючих материалов (ЛГМ) на территории и их состоянии при различных погодных условиях.

Поэтому один из наиболее перспективных путей использования результатов ГИЛ в области охраны лесов от пожаров — оценка запасов ЛГМ в разных типах леса на основе выборочного натурного обследования лесных участков с последующим составлением карт ЛГМ с использованием ГИС-технологий. Но эта работа значительно затрудняется вследствие того, что, во-первых, при ГИЛ основной метод — это глазомерная таксация без определения каких-либо весовых показателей, во-вторых, большинство существующих классификаций ЛГМ включают отдельные виды (классы, типы) горючих мате-

риалов, которые, как правило, в природе отдельно не существуют, есть комплексы ЛГМ.

Имеющиеся литературные данные о запасах напочвенных ЛГМ отрывочны и привязаны к типу леса. При этом запасы существенно различаются не только в зависимости от древесной породы, но и от типа напочвенного покрова. Изучена связь массы хвои и веточек толщиной до 3 мм с высотой молодняка [3], но при этом также известно, что при распространении горения по кронам горят и сгорают хвоя и веточки диаметром до 7 мм [1].

На основании вышеизложенного для оценки ЛГМ по данным ГИЛ выделены четыре их типа:

- почвенный горючий материал (торф);
- напочвенный горючий материал (опад, подстилка, напочвенный покров, кустарнички);
- горючий материал в кронах хвойного молодняка (подроста) кедра, сосны, ели, пихты, который включает хвою и ветви диаметром до 7 мм;
- аналогичный горючий материал в кронах взрослых хвойных деревьев тех же пород.

Методика исследований

Для оценки запасов напочвенных лесных горючих материалов в качестве основы использовалась методика Н.П. Курбатского [1]. Пробные площади закладывались на участках с разными лесорастительными и рекреационными характеристиками. При этом фиксировались: состав древостоя, средний возраст деревьев преобладающей породы, полнота, тип леса.

Для определения запаса горючих материалов в кронах хвойного молодняка (подроста) разной высоты собирали хвою и все ветви, а также вершинную часть толщиной до 7 мм включительно — по четырем породам: кедр, сосна, ель и пихта, с отбором 5 образцов по каждой породе. При этом фиксировалась высота молодняка с точностью до 1 см.

Для определения запаса горючих материалов в кронах хвойных деревьев разного возраста (3-5 модельных деревьев по каждой породе) обрубали по 3-5 ветвей на разных высотах. После чего собирали хвою и все ветви толщиной до 7 мм включительно. При этом фиксировали

длину ветвей, взятых для образца, полноту насаждения, возраст, высоту и диаметр дерева на высоте груди, форму кроны, подсчитывали среднее расстояние между мутовками и среднее количество веток в мутовке.

Образцы ЛГМ высушивались в лабораторных шкафах при температуре 105 °С до абсолютно-сухого состояния. Взвешивание осуществлялось на электронных весах с точностью до 0,1 г.

Образцы ЛГМ были взяты в июле-августе 2014 г. на 104 пробных площадях в следующих лесничествах Красноярского края: Больше-муртинское, Таежинское, Манское, Мининское, Емельяновское, Городское лесничество Красноярского управления зеленого строительства.

Результаты исследований

Анализ данных по основным группам типов леса выявил зависимость запаса напочвенного горючего материала от среднего возраста деревьев преобладающей породы – коэффициент корреляции r по основным группам типов леса варьируется от 0,58 до 0,93. Зависимость запаса ЛГМ от среднего возраста выражается следующими уравнениями (формулы 1-5):

для зеленомошных типов леса:

$$m = \frac{1}{0,03 + 1/v} \quad (r = 0,93), \quad (1)$$

где m – масса ЛГМ в абсолютно-сухом состоянии, т/га;

v – средний возраст деревьев преобладающей породы, лет.

для осочковоразнотравных и травяноболотных типов леса:

$$m = \frac{1}{0,02 + 1,25/v} \quad (r = 0,64 \text{ и } 0,84 \text{ соответственно}), \quad (2)$$

для кустарниковых типов леса:

$$m = \frac{1}{0,02 + 1,13/v} \quad (r = 0,77), \quad (3)$$

для крупнотравных типов леса:

$$m = 16,33(1 - e^{-0,1v}) \quad (r = 0,58), \quad (4)$$

для мертвопокровных типов леса:

$$m = 1,26 v^{0,73} \quad (r = 0,85) \quad (5)$$

Вполне логична и предсказуема связь между высотой хвойного молодняка (подроста) и общей массой хвои и ветвей диаметром до 7 мм – коэффициент корреляции r по породам варьируется от 0,88 до 0,99. Диаграмма, отражающая эту связь, приведена на рисунке 1.

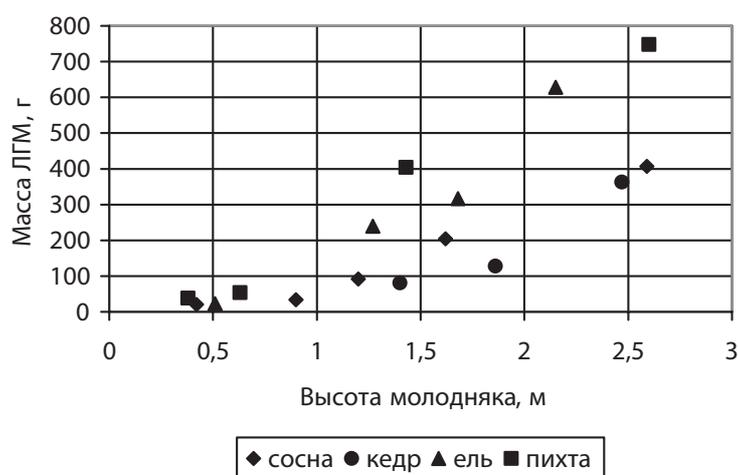


Рис. 1. Зависимость массы ЛГМ от высоты хвойного молодняка

Зависимость массы ЛГМ в абсолютно-сухом состоянии (m , г) от высоты молодняка (h , м) выражается следующими уравнениями (формулы 6-9):

для сосны:

$$m = -253,6 + 355,4h \quad (r = 0,95), \quad (6)$$

для кедра:

$$m = -122,6 + 172,6h \quad (r = 0,88), \quad (7)$$

для ели:

$$m = -229,6 + 412,8h \quad (r = 0,97), \quad (8)$$

для пихты:

$$m = -122,6 + 172,6h \quad (r = 0,88) \quad (9)$$

Выявлена высокая корреляционная зависимость массы ЛГМ в ветвях деревьев от размеров ветвей (длина; ширина; произведение ширины и длины). Коэффициенты корреляции r по древесным породам приведены в таблице 1.

Таблица 1

Коэффициенты корреляции между массой ЛГМ и размерами ветви

| Порода | Длина l | Ширина a | $l \times a$ |
|--------|-----------|------------|--------------|
| Сосна | 0,93 | 0,85 | 0,99 |
| Кедр | 0,96 | 0,95 | 0,99 |
| Ель | 0,96 | 0,96 | 0,97 |
| Пихта | 0,97 | 0,98 | 0,99 |

При ГИЛ фиксируется протяженность и максимальная ширина кроны дерева, по которой путем расчетов можно определить длины ветвей. Поэтому для оценки запасов ЛГМ целесообразно использовать именно этот показатель. Зависимость массы горючего материала (m , г) в ветвях хвойных деревьев от длины ветвей (l , м) выражается следующими уравнениями (формулы 10-13):

для сосны:

$$m = 42,5l^2, \quad (10)$$

для кедра:

$$m = 34l^{1,8} \quad (11)$$

для ели:

$$m = 33,2l^{1,8} \quad (12)$$

для пихты:

$$m = 45,5l^{1,8} \quad (13)$$

Для расчета массы ЛГМ в кронах деревьев (хвоя и ветви диаметром до 7 мм) примем следующие допущения: кроны ели и пихты имеют форму конуса, кроны кедра и сосны – двух конусов, имеющих общее основание (рис. 2).

Как известно, конус – это фигура, образованная вращением прямоугольного треугольника вокруг одного из катетов. Таким образом, задача состоит в определении параметров прямоугольного треугольника. Схемы приведены на рисунке 2. При знании среднего количества ветвей в мутовках (n), среднего расстояния между мутовками (a), при определенных упрощениях формы до прямоугольных треугольников, можно определить количество и длину ветвей на любой высоте дерева по прямоугольным треугольникам.

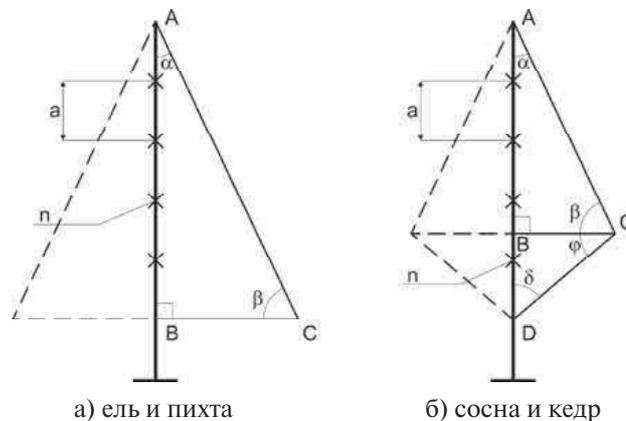


Рис.2. Упрощенные формы кроны с разбиением их на прямоугольные треугольники

Таким образом, известны высота дерева h , диаметр основания конуса d_0 , масса ветви m_i , где i – индекс, определяющий, к какой мутовке относится данная ветвь. Также известно среднее расстояние между мутовками a и среднее количество ветвей в мутовке n .

Для того чтобы узнать массу ветвей в кроне, необходимо определить длины веток всех мутовок d_i .

Расчет для ели и пихты выполняется по следующей схеме:

Рассчитывается гипотенуза L треугольника, образующего конус (формула 14):

$$L = \sqrt{h^2 + d_0^2} \quad (14)$$

Определяется угол при вершине треугольника (формула 15):

$$\alpha = \arcsin\left(\frac{d_0}{L}\right) \quad (15)$$

Длины ветвей d_i определяются по формуле 16:

$$d_i = tg\alpha \cdot (h - i \cdot a) \quad (16)$$

Масса ЛГМ в ветвях дерева, m (формула 17):

$$m_\partial = 10^{-6} \sum_i^n d_i n_i m_i \quad (17)$$

где m_i – масса горючего материала на одной ветви (g), рассчитываемая для каждой породы по формулам 10-13;

n_i – число мутовок (шт.), рассчитываемое по формуле 18:

$$n_i = \frac{h}{a} \quad (18)$$

Для определения запаса ЛГМ в кронах кедр и сосны задача решается также по формулам 14-18, однако для двух треугольников – верхнего и нижнего, длина вертикального катета обозначается h_u и h_d соответственно. Соотношение между h_u и h_d определяется визуально.

Масса ЛГМ в ветвях определяется для каждого из хвойных деревьев, расположенных на ППП ГИЛ, и затем подсчитывается общий запас ЛГМ по формуле 19:

$$m = \frac{\sum_i^n m_\partial}{S}, \quad (19)$$

где m – общий запас ЛГМ в ветвях хвойных деревьев, расположенных на ППП ГИЛ, т/га;
 S – площадь ППП ГИЛ, га.

При использовании среднего расстояния между мутовками, среднего количества ветвей в мутовке, а также определенного соотношения АВ и ВD (рис. 1б) для кедра и сосны, возможно создание таблиц для определения массы ЛГМ в кронах хвойных деревьев по каждой из исследуемых пород.

Экспериментально установлено, что количество живых веток в мутовках и расстояние между мутовками с живыми ветвями в среднем составляет величины, приведенные в таблице 2.

Таблица 2

Средние значения (истинные N и приведенные N^1) некоторых параметров кроны для разных пород

| Параметр | Сосна | | Кедр | | Ель | | Пихта | |
|---|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|
| | N | N^1 | N | N^1 | N | N^1 | N | N^1 |
| Среднее количество живых веток в мутовках, шт. | 5,87 | 6 | 3,82 | 4 | 4,73 | 5 | 5,33 | 5 |
| Среднее расстояние между мутовками с живыми ветвями, см | 63,31 | 65 | 24,75 | 25 | 34,7 | 35 | 38,07 | 40 |

Также установлено, что соотношение АВ к АД (рис. 2б) у кедра и сосны примерно одинаково и преимущественно зависит от полноты насаждения:

- для высокополнотных насаждений (0,8 и более) доля АВ от АД варьируется от 90 до 100% (принимая за 100%), т. е. массу ЛГМ в кронах сосны и кедра определяем по одному конусу;

- для среднеполнотных насаждений (0,5-0,7) доля АВ от АД варьируется от 70 до 90% (принимая за 80%), т. е. массу ЛГМ в кронах сосны и кедра определяем по двум конусам с соотношением АВ/ВД как 4/1 от протяженности кроны;

- для низкополнотных насаждений (0,4 и менее) доля АВ от АД варьируется от 50 до 80% (принимая за 65%), т. е. массу ЛГМ в кронах сосны и кедра определяем по двум конусам с соотношением АВ/ВД как 2/1 от протяженности кроны.

На основании этих допущений составлено восемь таблиц для определения массы горючего материала в кронах деревьев хвойных пород: ель и пихта (по одной таблице), кедр и сосна (по одной таблице, отдельно для высоко-, средне- и низкополнотных насаждений). Входными параметрами для определения массы ЛГМ являются определяемые при ГИЛ протяженность и максимальная ширина кроны.

Выводы

1. Результаты ГИЛ, полученные при применении существующих методик, не позволяют непосредственно определить запасы ЛГМ. При этом массы напочвенных ЛГМ и ЛГМ в кронах молодняка и деревьев хвойных пород связаны с некоторыми показателями ГИЛ, что дает возможность оценивать запас ЛГМ по косвенным признакам при знании характера связи и наличии соответствующих уравнений.

2. Существующие классификации ЛГМ характеризуются излишней для ГИЛ дробностью и направлены на определение возможных скоростей распространения лесного пожара и глубин прогорания горючего материала при различных погодных условиях. Однако их опреде-

ление в полевых условиях представляет большие сложности из-за того, что, во-первых, классы ЛГМ в чистом виде в природе не существуют, во-вторых, при ГИЛ не определяются.

3. Имеющиеся литературные данные о запасах напочвенных ЛГМ отрывочны и привязаны к типу леса и древесной породе. При этом запасы существенно различаются не только в зависимости от древесной породы, но и от типа напочвенного покрова.

4. Для целей ГИЛ целесообразно выделить четыре типа ЛГМ:

- почвенный горючий материал (торф), определяет вероятность возникновения и интенсивность распространения торфяных пожаров;

- напочвенный горючий материал (опад, подстилка, напочвенный покров), определяет вероятность возникновения и интенсивность распространения низовых пожаров;

- горючий материал в кронах хвойного молодняка (подроста) кедра, сосны, ели, пихты, определяет вероятность перехода низовых пожаров в верховые;

- горючий материал в кронах хвойных деревьев тех же пород, определяет вероятность возникновения и интенсивность распространения верховых пожаров.

5. Впервые предложен способ и по нему проведена оценка массы горючих материалов в кронах деревьев хвойных пород, исследована связь количественных характеристик ЛГМ с данными государственной инвентаризации лесов. Так, например, на ППП № 21195004 Емельяновского лесничества Красноярского края со следующими установленными по материалам ГИЛ характеристиками: тип леса осочково-разнотравный, состав древостоя 5ЕЗБ1К1Лц, полнота 0,6, средний возраст деревьев преобладающей породы 35 лет, подрост ели, пихты и кедра преимущественно 3 класса высоты, общий запас ЛГМ составил 24,216 т/га в абсолютно сухом состоянии, в том числе напочвенный ЛГМ – 17,544 т/га, хвоя и тонкие ветви в кронах подроста – 0,032 т/га и в кронах деревьев – 6,64 т/га.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Курбатский, Н.П. Исследование количества и свойств лесных горючих материалов / Н.П. Курбатский // Вопросы лесной пирологии. – Красноярск: ИЛиД СО АН СССР, 1970. – С. 5-58.
2. Методические рекомендации по проведению государственной инвентаризации лесов / Рослесхоз. – М.: Рослесхоз, 2011. – 131 с.
3. Софронов, М.А. Запас хвои подроста как горючего материала в лесах Красноярского Приангарья / М.А. Софронов, А.В. Волокитина // Хвойные бореальной зоны. – 2011. – № 1-2. – С. 60-63.

REFERENCES

1. Kurbatskiy, N.P. Investigation of quantity and properties of the forest combustible materials / N.P. Kurbatskiy // Problems of forest's pyrology. – Krasnoyarsk: IF&W SB AS USSR, 1970. – P. 5-58.
2. Methodical references for official forest inventory / Rosleskhoz. – Moscow, Rosleskhoz, 2011. – 131 p.
3. Sofronov, M.A. The undergrowth needle stock as a combustible material in the forests of Krasnoyarskoe Priangarie region / M.A. Sofronov, A.V. Volokitina // Conifers of Boreal area. – 2011. – № 1-2. – P. 60-63.