

О. А. Атрошенко, профессор; С. И. Минкевич, ассистент

СОВРЕМЕННОЕ НАПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЯ МЕТОДОВ И ТОЧНОСТИ ТАКСАЦИИ ЛЕСА

The purpose of this article is to briefly describe the present directions of methods for improving the accuracy of forest mensuration data.

Реализация задач информационного обеспечения лесохозяйственного управления в соответствии с «Концепцией устойчивого развития лесного хозяйства Республики Беларусь до 2015 года» требует повышения точности таксации лесов, получения достоверной и надежной текущей информации о состоянии лесного фонда, на основе которой возможно принятие оптимальных решений, разработка программ управления лесным хозяйством, снижение стоимости лесоустроительных работ. Актуальной задачей является повышение точности учета лесного фонда и уменьшение затрат учета на основе выборочных методов таксации леса с использованием методов дистанционного зондирования лесов и ГИС-технологий.

Для описания выделов в настоящее время применяются следующие методы таксации лесного фонда (в порядке уменьшения точности и затрат на проведение работ): перечислительный, глазомерно-измерительный, глазомерный и дешифровочный.

Глазомерный метод предусматривает частичную замену наземной таксации с камеральным дешифрированием цветных спектрально-аэрофотоснимков. Использование аэрофотоснимков при таксации леса на 20–25% снижает затраты труда ИТР и на 40–60% – рабочих [1]. Наряду с этим значительно повышается точность отграничения выделов и определения таксационных характеристик насаждений.

При таксации леса методом камерального аналитико-измерительного дешифрирования аэрофотоснимков необходимо знать взаимосвязи между дешифровочными показателями на снимках и таксационными показателями, характеризующими насаждения. Признаки дешифрирования и взаимосвязи между таксационными и дешифровочными показателями изучают применительно к однородному лесорастительному району – ландшафту. Для этого используют таксационно-дешифровочные пробные площади и данные выборочной измерительно-перечислительной таксации в наиболее характерных таксационных выделах.

Объем и порядок работы при проведении перечислительной таксации леса на временных пробных площадях регламентируются отраслевым стандартом (ОСТ 56-69-83 «Пробные площади лесоустроительные. Метод закладки»).

Перечислительная таксация на стационарах позволяет получить наиболее достоверные данные о лесном участке, а также проследить динамику изменения основных таксационных показателей. В результате картирования деревьев получают их пространственное распределение на постоянной пробной площади. Данные вносятся в ГИС и являются исходными при разработке мультимедийных систем имитации роста и развития лесных сообществ.

Эффективное ведение лесного хозяйства требует всестороннего учета различных показателей лесных насаждений, их состояния, качественных характеристик и объема заготавливаемой древесины. Проведение лесотаксационных работ всегда требует значительных ресурсов.

В настоящее время в мире наблюдается тенденция к увеличению эффективности лесотаксационных работ и снижению трудозатрат за счет *технологического усовершенствования и компьютеризации* применяемых приборов и инструментов.

В последние годы имеет место общая тенденция *унификации и концентрации производства* специального и научного оборудования. Так, например, сейчас на мировом рынке присутствуют приростные бурава четырех марок: Haglof, Matsson, Suunto, Timberline. Значительную часть объема производства компаний по выпуску лесотаксационных приборов и оборудования составляют современные электронные инструменты: высотомеры, дальнометры, электронные и компьютерные мерные вилки. Внедрение современной электронной техники повышает точность измерений, исключает необходимость ручной записи данных, упрощает измерения в лесу.

В настоящее время на рынке лесотаксационных инструментов и приборов работает ряд известных компаний. Европейские производители (шведская компания Haglof Sweden AB, финская компания Suunto) предлагают широкий спектр современных лесотаксационных приборов и оборудования. Наибольшую популярность получили ультразвуковой оптический электронный высотомер Vertex III (рис. 1), компактный электронный высотомер Haglof Electronic Clinometer, оптико-механический высотомер Suunto PM-5/1520, мерная вилка-компьютер Mantax Computer Caliper (рис. 2).

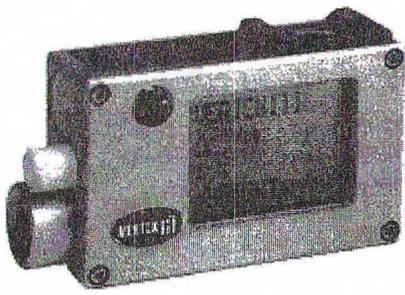


Рис. 1. Ультразвуковой оптический электронный высотомер Vertex III

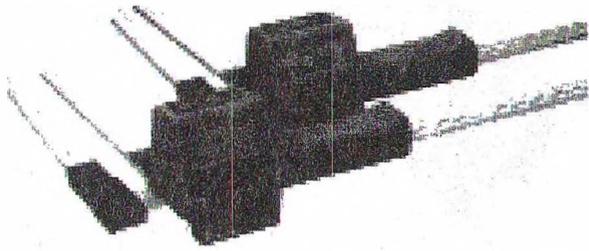


Рис. 2. Мерная вилка-компьютер Mantax Computer Caliper

Электронная мерная вилка-компьютер позволяет автоматически запоминать измеренные диаметры деревьев; хранить значительные объемы данных, полученные за весь полевой сезон; записывать различную дополнительную текстовую информацию; принимать через инфракрасный или радиопорт данные с электронных высотомеров, приемников GPS; обрабатывать информацию по записанным заранее лесотаксационным таблицам и нормативам; передавать данные на принтер или по мобильной связи.

Мерная вилка-компьютер рассчитана на совместное использование с другими электронными полевыми инструментами, например приемником сигналов глобальной системы позиционирования GPS и высотомером для определения положения в пространстве и измерения высоты дерева соответственно; возможно также подключение к обычному компьютеру, что позволяет вести дальнейшую обработку и хранение данных на компьютере, и прямое подключение мерной вилки к принтеру или модему.

Для ввода, обработки и хранения данных таксации на пробной площади применяются мобильные лесотаксационные компьютеры (Husky FS3, FS4 (Финляндия), Allegro Field Computer (Швеция)). Для целей навигации между площадками при проведении лесоинвентаризации, нахождения местоположения центров круговых пробных площадок (КПП) и установления их координат используются приемники глобальной сети спутникового позиционирования GPS (например, Trimble ACE II module (Финляндия)). Финскими учеными разработаны методика, алгоритм и программное обеспече-

ние использования GPS приемника совместно с лесотаксационным компьютером Husky FS3. Трансляция (передача) накопленных данных таксации на головной сервер происходит на основе мобильной связи стандарта GSM.

Основные преимущества автоматизированной системы ввода, обработки, хранения и передачи лесоводственно-таксационных данных следующие:

- 1) мобильность полученных данных, оперативность их передачи на сервер для первичного анализа, поиска ошибок и агрегации данных;
- 2) доступность базы данных таксации по объектам в любое время (а не только после ввода данных в компьютер после завершения полевого сезона) в электронном формате;
- 3) снижение затрат на запись, хранение и передачу полевых данных;
- 4) широкий спектр хранимой цифровой и текстовой информации, ее структурирование;
- 5) наличие автоматической системы контроля вводимой в лесотаксационный компьютер информации на логичность и отсутствие грубых ошибок на основе известных взаимосвязей между различными показателями;
- 6) оперативное устранение найденных ошибок (возвращение «нелогичных» данных для проверки таксаторам);
- 7) снижение денежных потерь от использования некачественной информации и др.

Точность лесотаксационных работ должна быть обоснована как с экономической, так и с лесоводственной точек зрения. Точность инвентаризации любого объекта является функцией *стоимости, хозяйственного значения и целевого назначения объекта* [1, 2]. Изучение точности лесотаксационных работ в экономическом аспекте проведено А. Г. Мошкалевым [3]. В основу решения вопроса дифференциации точности лесотаксационных работ на выделе должен быть положен тезис: точность инвентаризации должна определяться стоимостью, хозяйственным значением и целевым назначением инвентаризируемого объекта, а также расходами на проведение работ.

В ряде европейских стран лесную статистику получают на основе применения выборочных методов лесоинвентаризации. Наиболее значительный опыт проведения выборочных лесоинвентаризаций накоплен в Швеции, Финляндии, Норвегии, Германии, Франции, Канаде и других странах. Основной отличительной особенностью проведения лесоинвентаризаций в настоящее время является широкое использование информационных технологий. В Германии при проведении государственной инвентаризации лесов закладывают концентрические пробные площадки различных радиусов различного назначения в углах трактов [4] (рис. 3).

$r = 25$ м – оценка категории земель и характеристика насаждения

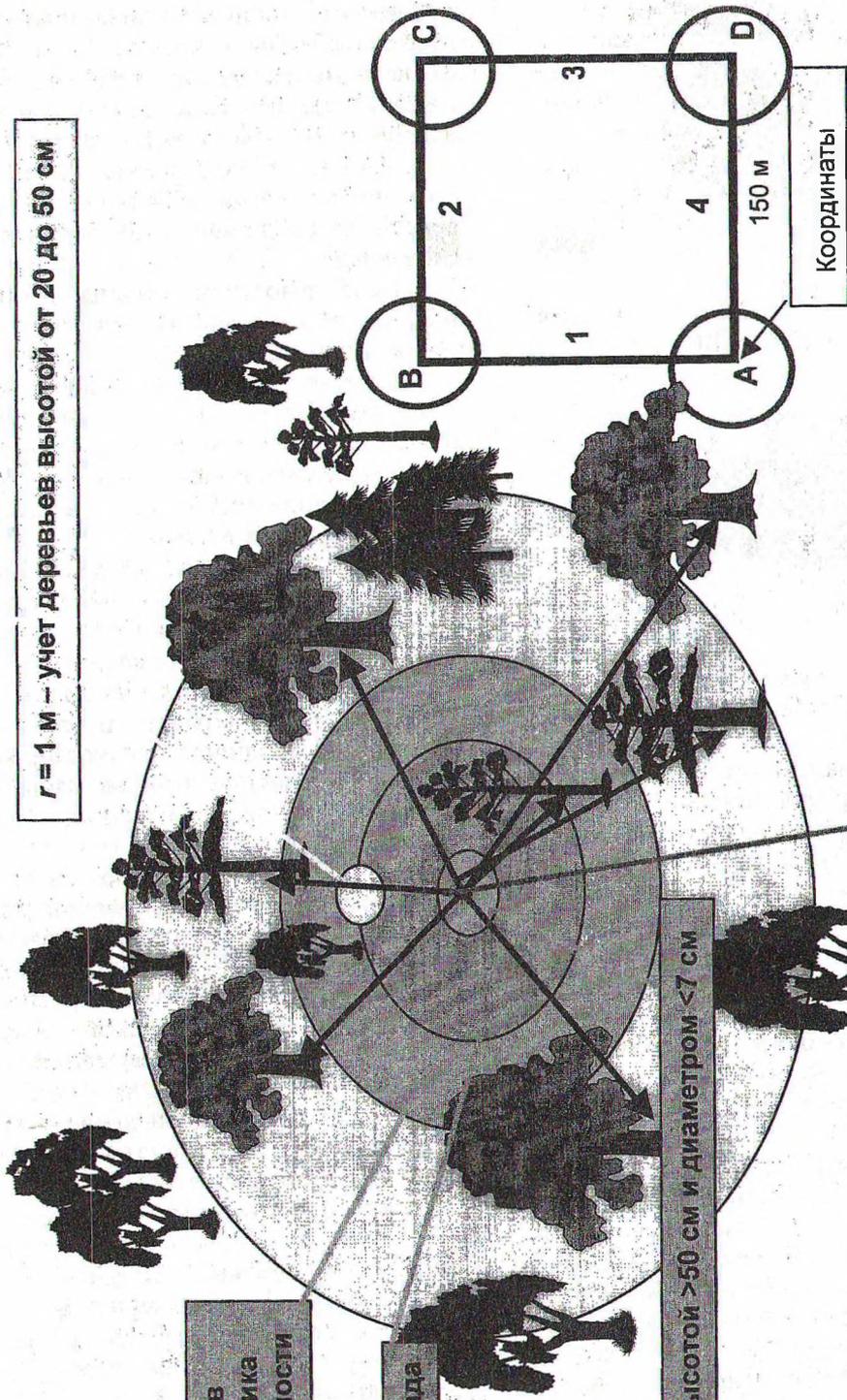
$r = 1$ м – учет деревьев высотой от 20 до 50 см

$r = 10$ м – учет деревьев высотой до 4 м, кустарника и напочвенной растительности

$r = 5$ м – учет деревьев отпада

$r = 1,75$ м – учет деревьев высотой > 50 см и диаметром < 7 см

РКПП для учета деревьев диаметром ≥ 7 см (фактор полнотомера 4 (1, 2))



В Германии завершена очередная государственная выборочная лесоинвентаризация. В отличие от первой лесоинвентаризации второй государственный учет был проведен одновременно для всей территории Германии [5].

Схема выборки практически не изменилась. Единицей выборки является тракт, который имеет форму квадрата со сторонами 150×150 м. Тракты закладываются в углах сети квадратов 4×4 км с привязкой юго-западного угла (см. рис. 3). С целью увеличения точности оценки среднего и общего запасов в некоторых регионах густота трактов увеличена, поэтому они располагаются в сети квадратов 2,83×2,83 и 2×2 км (области Bayern, Niedersachsen, Baden-Wuerttemberg, Schleswig-Holstein) [4, 5].

По углам трактов закладываются реласкопические круговые пробные площадки (РКПП) для таксации деревьев диаметром больше или равным 7 см, а также пробные площадки постоянного радиуса для таксации деревьев диаметром менее 7 см, учета подроста, подлеска, оценки их состояния, санитарного и общего состояния деревьев древостоя. Таким образом, круговая пробная площадка состоит из нескольких «подплощадок» (см. рис. 3).

Все леса страны становятся известны в процессе проведения лесоустройства. В целом система лесоустройства в Германии состоит из двух подсистем: Bundeswaldinventur – государственная выборочная лесоинвентаризация (BWI) и Betriebsinventur – лесоустройство для частных лесовладельцев и отдельных лесохозяйственных предприятий [5, 6]. Непрерывная инвентаризация лесного фонда проводится с 1961 г., таким образом обеспечивается постоянный контроль за текущими изменениями в лесном фонде.

В настоящее время в системе выборочной инвентаризации лесов страны широко применяются материалы дистанционного зондирова-

ния. Лесная администрация каждой области также проводит специальные лесоинвентаризационные работы (в частных лесах за счет средств самих лесовладельцев). Цели проводимых работ могут быть достаточно разнообразными: Bavaria, 1970–1971 гг. – выборочная инвентаризация государственных лесов – получение детальной лесной статистики, оценка текущих изменений; Nordrhein-Westfalen, 1995 г. – выборочная инвентаризация лесного фонда математико-статистическим методом – независимый контроль динамики лесного фонда, оценка влияния лесохозяйственных мероприятий; Baden-Wuerttemberg, 2000 г. – изучение структуры прироста древостоев, прогнозирование роста и развития лесных экосистем, моделирование таксационных взаимосвязей и др.). В основном задачей таких лесоинвентаризаций является не только получение развернутой лесной статистики, но и сбор сведений о текущем состоянии лесов региона, страны и динамике происходящих процессов.

В европейских странах, помимо проведения государственной выборочной лесоинвентаризации, проводится инвентаризации лесов отдельных предприятий, частных лесовладений. Повыдельное лесоустройство (standwise forest inventory) основывается на статистически обоснованных выборочных методах.

В Германии повыдельное лесоустройство проводят, как правило, частные лесостроительные компании. Вся территория объекта покрывается сетью пробных площадок, которые закладываются по схеме систематической выборки в углах сети квадратов или прямоугольников. Закладываются реласкопические круговые пробные площадки, а также круговые пробные площадки различных радиусов для таксации древостоя, оценки подроста, подлеска, напочвенного покрова, его видового разнообразия (рис. 4).

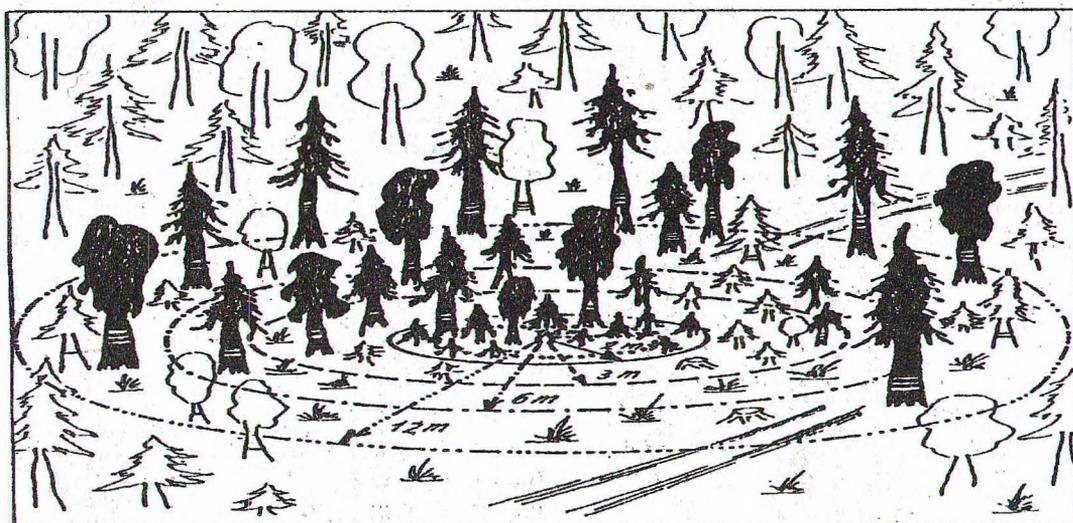


Рис. 4. Круговые пробные площадки при проведении лесоустройства отдельного предприятия

Система государственной выборочной лесоинвентаризации в Финляндии направлена на активное использование различных источников информации. Помимо данных таксации на пробных площадках, широко используются космические многозональные снимки, система связанных цифровых топографических карт, изготовленных на основе геоданных и АФС, наложенных на единую топооснову масштаба 1 : 20 000 с размером одного пиксела 2x2 м, цифровые карты категорий земель в растровом формате (размер пиксела 25x25 м). Материалы дистанционного зондирования и данные цифровых карт используются для разделения различных категорий земель, а также для получения цифровых тематических карт пространственного распределения лесопокрываемой площади.

При классификации изображения космического снимка используется метод ближайшего соседства – «a k-nearest neighbour classification method» (E. Tomppo) [7].

Алгоритм оценки результатов, получаемых в процессе обработки материалов в системе «многоисточниковой выборочной лесоинвентаризации» (multi-source national forest inventory), включает процедуру статистического анализа пространственной точности формируемых электронных карт различного содержания [8].

Нами были проанализированы известные по литературе и лесотаксационной практике выборочные методы таксации леса. В целом можно заключить, что наиболее часто рекомендуются следующие методы выборочной таксации леса:

1) метод угловых измерений (W. Bitterlich) (реласкопические пробные площадки с перечетом деревьев и без перечета деревьев (L. Grosenbaugh), линейные реласкопические площадки с перечетом деревьев и без перечета деревьев (L. Strand), круговые вертикальные учетные площадки (T. Hirata);

2) метод промеров расстояний между деревьями (круговые пробные площадки переменной величины с постоянным числом деревьев, круговые пробные площадки со средним постоянным числом деревьев);

3) комбинированные методы (сочетание круговых реласкопических пробных площадок с пробными площадками постоянной величины (L. Wensel, H. John), сочетание круговых пробных площадок постоянной и переменной (с постоянным числом деревьев) величин (А. З. Швиденко, А. А. Строчинский), сочетание круговых и линейных реласкопических пробных площадок (В. Г. Анисочкин)).

Повыдельное лесоустройство в европейских лесных странах основывается на приме-

нении статистически обоснованных выборочных методов лесной таксации и проводится лесоустроительными компаниями на тендерной основе. Пробные площадки размещаются на территории объекта по заранее определенной схеме, и, таким образом, точность данных заблаговременно известна и статистически обоснована. На основе данных повыдельного лесоустройства разрабатывается план лесоправления. Ведение лесного хозяйства без плана лесоправления не разрешается.

На основе данных выборочной инвентаризации лесов формируется лесная статистика. Выборочная инвентаризация лесов представляет собой многоуровневую систему сбора сведений для целей лесного мониторинга. Различными исследователями указывается, что данные выборочной инвентаризации лесов могут быть использованы для разработки таблиц производительности модальных древостоев.

Очевидно, что дальнейшее совершенствование таксационных работ возможно лишь на базе объективных данных методов выборочной таксации, точность которых известна и планируется заранее.

Литература

1. Нормативы точности и методы таксации древостоев / В. В. Антанайтис, Н. И. Заунене, А. А. Кулешис, Р. А. Юкнис. – Каунас, Литва: ЛитСХА, 1975. – 76 с.

2. Loetsch F., Zoehrer F., Haller K. Forest Inventory. – 1973. – Vol. II. – 177 p.

3. Мошкалева А. Г. Мероприятия по повышению точности таксации лесного фонда: Сб. науч.-исслед. работ по лесн. хоз-ву. – ЛенНИИЛХ, 1963. – Вып. 6. – С. 77–84.

4. Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Durchfuehrung der Bundeswaldinventur II (VwV – BWI II). Bundesanzeiger, Jahrgang 52, Nummer 146a. – Vom 17. Juli. – Bonn, 2000. – S. 25.

5. Lindner M., Cramer W. Waelder und Forstwirtschaft Deutschlands im globalen Wandel: Eine interdisziplinäre Wirkungsanalyse. Forstwissenschaftliches Centralblatt – Tharandter Forstliches Jahrbuch v. 121 (suppl. 1). – 2002. – S. 3–17.

6. Christoph K., Dees M., Polley H. Forest inventory and survey systems in Germany: Country Report. – 1996. – P. 207.

7. Katila M., Heikkinen J., Tomppo E. Calibration of small-area estimates for map errors in multisource forest inventory // Canadian Journal of Forest Research. – 2000. – P. 1329–1339.

8. Nilsson M., Holm S., Reese H., Wallerman J., Engberg J. Improved forest statistics from the Swedish National Forest Inventory by combining field data and optical satellite data using post-stratification. ForestSat 2005. – Boras, Sweden, 2005. – P. 22–27.