

С. И. Минкевич, ст. преподаватель; Н. П. Демид, ассистент

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ГЛАЗОМЕРНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО МЕТОДА ТАКСАЦИИ ЛЕСА ПРИ ЛЕСОУСТРОЙСТВЕ

The basic unit of the national standwise forest inventory is a forest stand, which is used as management planning unit. Forest stand is defined as a homogenous area according to relevant stand characteristics, e.g. the site fertility, composition of tree species, and stand age, etc. During the inventory forest stands are singled out, their quantitative and qualitative characteristics are provided, forest health is assessed and silvicultural measures foreseen. As a result forest management plans are prepared for forest enterprises and state protected areas. Forest inventory data is mostly collected by means of field surveys, which are both expensive and time-consuming. The method is also sensitive to subjective measurement errors. The forest mensuration method based on a sampling methodology can be improved. The purpose of this article is to describe the directions of further development and improving of a sampling forest mensuration method that takes place in forest inventory practice.

Введение. Дальнейшее совершенствование лесоинвентаризационных работ возможно на базе объективных математически обоснованных методов таксации леса, точность которых известна и планируется заранее. В мировой лесоустроительной практике большое внимание уделяется разработке и совершенствованию рациональных математико-статистических методов учета леса. 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.

Основная часть. В настоящее время в мировой лесотаксационной практике известен ряд методов выборочной таксации леса. Выбор конкретного метода в основном зависит от особенностей устраиваемого объекта и отдельных древостоев, экономической целесообразности (тождество объема выделяемых средств и требуемой точности оценки основных показателей) и сложившихся традиций.

Вопросами повышения точности таксации леса на основе выборочных методов занимались В. Г. Анисочкин, В. В. Антанайтис, Н. П. Аннучин, О. А. Атрощенко, В. Ф. Багинский, Л. Д. Есимчик, А. Н. Федосимов, Л. П. Толкачев и многие другие. Выборочные методы таксации наиболее полно систематизированы учеными Литовской сельскохозяйственной академии под руководством В. В. Антанайтиса, однако приведенная ими классификация требует уточнений. Была предложена следующая классификация методов выборочной таксации древостоев, имеющих значение для применения в настоящее время: реласкопические методы; реласкопическо-перечислительные методы; круговые пробные площадки постоянного радиуса; методы, основанные на промере расстояний между деревьями; комбинированные методы [1].

В целом, исходя из литературного обзора, можно заключить, что наиболее часто рекомендуются следующие выборочные методы таксации леса: 1) метод угловых измерений (W. Bitterlich) (реласкопические пробные площадки с перечетом деревьев и без перечета деревьев (L. R. 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 в среднем постоянным числом деревьев); 3) комбинированные методы (сочетание круговых реласкопических пробных площадок с пробными площадками постоянной величины (L. G. Wensel, H. 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)).

Все сведения о лесах получают в процессе проведения лесоустройства, в которых превалирует глазомерный метод таксации, которому присущи значительные случайные и систематические погрешности. Многие ученые указывают на низкую точность глазомерного метода таксации леса. При таксации выделов, поступающих в рубку главного пользования, лесовосстановительные рубки применяется метод, основанный на закладке круговых пробных площадок. Таким образом, при базовом лесоустройстве закладываются круговые пробные площадки постоянного радиуса (в основном в молодняках, в других древостоях, где из-за густоты подроста и подлеска невозможно применение полнотомера Биттерлиха) и реласкопические круговые пробные площадки без проверки граничных деревьев (при этом применяют фактор полнотомера 1, т. е. каждое учтенное дерево на площадке в перерасчете на 1 га дает 1 м² в соответствии с теорией угловых измерений В. Биттерлиха (1948 г.)).



Рис. 1. Минимальное количество закладываемых круговых пробных площадок при глазомерно-измерительном методе таксации по требованиям инструкций 1986 и 2002 г. в зависимости от площади выдела при полноте от 0,6 до 0,8 (при точности определения запаса $\pm 10\%$)

При работе с полнотомером (либо призмой Н. П. Анучина) необходимо придерживаться некоторых следующих общих правил. При работе с шаблоном В. Биттерлиха визирирование осуществляется из центра площадки, обозначенного на местности (наблюдатель стоит в центре). При работе с призмой призма располагается строго над центром площадки на расстоянии 25–30 см от глаза наблюдателя, а визирующий при подсчете деревьев обходит вокруг нее. При работе с полнотомерами учитываются деревья, не вписывающиеся в угол визирирования. Поворот наблюдателя на месте при визировании должен быть полным, для этого подсчет стволов следует начинать с ближайшего к центру площадки дерева, на котором пишут номер площадки и расстояние в метрах от центра площадки до дерева. Визирирование на деревья производится на уровне 1,3 м. В случае если два дерева находятся на одной линии визирирования и одно из них закрывает другое, наблюдателю следует переместиться из центра площадки перпендикулярно линии визирирования на полметра в сторону и оценить возможность учета заслоненного дерева, затем, вернувшись в исходное положение, продолжить подсчет стволов в начатом направлении. Во избежание систематических ошибок в оценке абсолютной полноты следует отказаться от мягких базисов для полнотомеров. В смешанных древостоях

подсчет деревьев целесообразнее вести по породам (элементам леса) – за один оборот подсчитывать деревья одной породы [2, с. 67].

Количество закладываемых в таксационном выделе реласкопических или круговых перечетных площадок зависит от требуемой точности таксации (в инструкции 1986 г. принималось два уровня точности в 10 и 15%), величины выдела, полноты насаждения и определяется по соответствующей таблице действующей лесоустроительной инструкции [4, с. 70]. Здесь необходимо отметить, что в сравнении с данными аналогичной таблицы лесоустроительной инструкции 1986 г. [5] произошло изменение в количестве площадок, которые необходимо закладывать при глазомерно-измерительной таксации (здесь в качестве примера приводится необходимое количество площадок при полноте от 0,6 до 0,8) (рис. 1).

Число круговых проб, их величина и размещение являются одними из самых актуальных вопросов выборочной таксации. По данным многих исследователей наиболее оптимальным числом является 20–30, в среднем 25 деревьев, учитываемых на реласкопической площадке при коэффициенте вариации числа деревьев в 20–46% и принимаемой точности 5–7% [1–3]. Оптимальная величина круговых пробных площадок (в зависимости „среднего диаметра насаждения“) была вычислена на основе оптимального числа деревьев (табл. 1).

Таблица 1
Оптимальная величина круговой перечетной площадки в зависимости от числа деревьев на 1 га и среднего диаметра насаждения (по И. Н. Репшису)

Средний диаметр насаждения, см	8–10	10–12	12–18	18–24	24–28	28–32
Среднее число деревьев на 1 га, шт	3000–4000	1900–3000	1000–1900	700–1000	500–700	400–500
Оптимальная величина площадки, м ²	70	100	200	300	400	500
Радиус площадки в м	4,74	5,64	7,98	9,77	11,28	12,68

Таблица 2

Рекомендуемое число круговых пробных площадок для определения сумм площадей сечений насаждения с точностью $\pm 10\%$ (по И. И. Кенставичюсу)

Площадь выдела, га	Относительная полнота насаждений								
	0,3–0,5			0,6–0,8			0,9–1,0		
	Величина круговой пробной пересчетной площадки, м²								
	200	400	100	200	300	400	500	200	400
1	12	6–7	15	8	6	4	3–4	5	3
2	16	8–9	19	10	7	6	5	7	4
3	19	10	21	12	8–9	7	6	8	5
4	21	11	22	13	9–10	8	7	9	5
5	22	12	23	14	11	9	8	9	6
7	24	14	25	15	12	10	9	10	7
10	26	15	26	16	13	11	10	11	7
15	26	16	26	16	13	11	10	11	7
20									

Таким образом, литовские ученые по результатам своих исследований рекомендовали использовать при выборочно-перечислительной таксации круговые пробные площади постоянной величины размером от 70 до 500 м², дифференцируя их по среднему диаметру насаждений. При таксации молодняков авторы рекомендовали применять круговые пробные площадки площадью 70 м², в средневозрастных насаждениях – 100–150 м², в приспевающих – 200, в спелых и перестойных насаждениях – 300–400.

Число круговых пробных площадок при среднеквадратической ошибке $\pm 10\%$ увеличивается с уменьшением величины круговых проб и увеличением площади выделов (табл. 2).

Как видно из табл. 2, при средней величине таксационного выдела в 1–2 га в пересчет попадает 12–20% от всех площади таксационного выдела. Таким образом, литовскими исследователями был сделан вывод о том, что выборочно-перечислительную таксацию целесооб-

разно применять при в насаждениях с площадью больше 2 га [1].

Проведенная литовскими учеными работа показала, что коэффициент вариации сумм площадей сечений зависит от полноты, среднего диаметра и величины круговых проб (при уменьшении полноты, среднего диаметра и величины круговых проб коэффициент вариации значительно увеличивается).

Различные авторы предлагают разное количество реласкопических круговых пробных площадок для закладки в таксационном выделе, дифференцируя их по площади выдела (рис. 2).

Согласно действующей белорусской лесоустроительной инструкции, количество закладываемых в таксационном выделе реласкопических площадок и площадок постоянного радиуса зависит от величины выдела и полноты насаждения [4].

И. И. Кенставичюс пришел к выводу, что необходимое число пробных площадок надо дифференцировать не только по площади выдела, но и по среднему диаметру и относительной полноте (табл. 3).

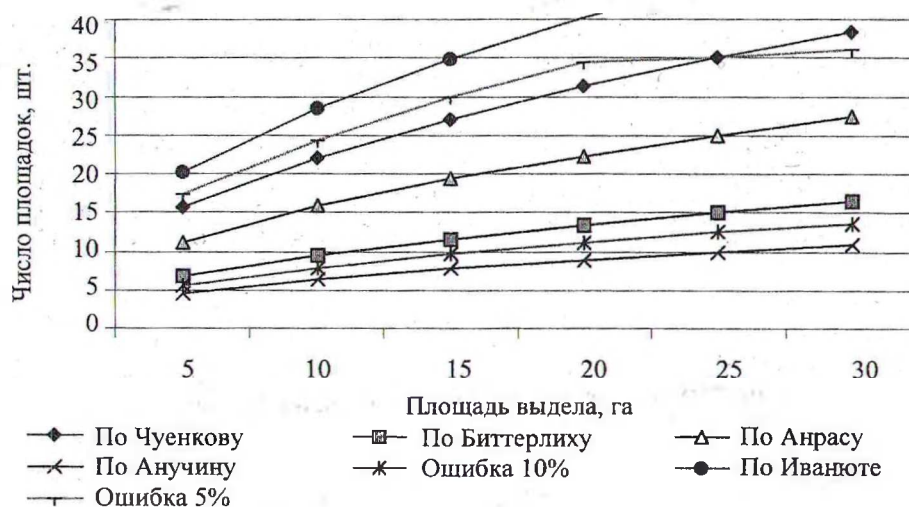


Рис. 2. Предлагаемое число пробных площадок по данным разных авторов в зависимости от площади таксационного выдела

Рекомендуемое число реласкопических круговых пробных площадок для определения сумм площадей сечений насаждения при точности $\pm 10\%$ (по И. И. Кенставичюсу)

Площадь выдела, га	Средние диаметры насаждения, см								
	10–18			20 и более			в среднем 10–32		
	Относительные полноты насаждений								
	0,3–0,5	0,6–0,8	0,9–1,0	0,3–0,5	0,6–0,8	0,9–1,0	0,3–0,5	0,6–0,8	0,9–1,0
1	7	5	3	5	3	2	6	4	2–3
2	8	6	4	6	4	3	7	5	3–4
3	9	7	5	7	5	4	8	6	4–5
4	11	8	6	8	6	5	9	7	5
5	12	9	7	9	6	5	10	8	6
7	13	11	8	11	7	6	12	9	7
10	15	12	9	12	8	7	14	10	8
15	17	13	10	13	9	7	15	11	8–9
20									

Было отмечено, что выборочную измерительную как и выборочно перечислительную, более экономично применять в насаждениях со средней площадью 5–7 га. Как видно из табл. 3, в небольших по площади насаждениях для установления сумм площадей сечений полнотомером с точностью $\pm 10\%$ необходимо заложить довольно большое число круговых площадок.

Отдельным исследовательским вопросом является вопрос рационального и статистически обоснованного размещения круговых площадок при выборочной таксации леса.

Размещение круговых пробных площадок на таксационном выделе при выборочном методе лесной таксации может быть осуществлено двумя способами: а) случайное размещение выборочных учетных единиц; б) систематическое размещение выборочных учетных единиц. Предлагаемое некоторыми авторами размещение учетных площадок в типичных местах древостоев не может рассматриваться как разновидность выборочного метода, поскольку при таком субъективном подходе нарушается одно из основных требований выборочного метода – объективный отбор выборочных единиц (А. Н. Федосимов, В. Г. Анисочкин, 1979; J. Laasasenaho, 1982 и др.).

При глазомерно-измерительной таксации леса в процессе проведения лесоустроительных работ при количестве площадок более четырех их размещают по выделу равномерно-статистически; при четырех и меньшем количестве – в различных частях выдела, в местах наиболее типичных для характеристики насаждения [4, с. 42]. При размещении площадок в типичных точках точность определения таксационных показателей больше зависит от правильного выбора типичных точек, чем от количества заложённых пробных площадок [1, 2].

Различными учеными в разное время было показано, что закладка площадок в наиболее

типичных местах выдела весьма субъективно и данные полученные на таких площадках достаточно сложно статистически обработать с получением достоверных результатов.

Из многочисленных исследований известно, что оценка суммы площадей сечений, а тем самым и запаса на основе реласкопических площадок сопровождается систематическими ошибками, в основном со знаком минус (А. И. Максимов, В. С. Чуенков, А. Н. Федосимов, Л. П. Зайченко и др.). Было указано на то, что применение реласкопических круговых пробных площадок без контроля пограничных деревьев (проверка, входят ли так называемые «сомнительные» деревья на площадку или нет, исходя из известных математических соотношений радиуса площадки и диаметра наблюдаемого дерева) статистически необоснованно, так как накопленная ошибка определения значения абсолютной полноты в значительной мере объясняется ошибкой в определении количества попавших на площадку деревьев (F. Loetsch, T. Mattern). В советском лесоустройстве применение реласкопических учетных площадок без проверки граничных деревьев было рекомендовано при таксации лесных насаждений по II–IV классам точности (В. В. Антанайтис и др.). Остается открытым вопрос установления величины ошибки в определении абсолютной полноты и, соответственно, запаса при таксации на реласкопической круговой пробной площадке без проверки граничных деревьев.

Величина таксационных выделов теоретически не должна влиять на величину показателей вариации таксационных показателей, определенных на выборочных пробных площадках. Следовательно, для получения результатов одинаковой точности на выделах разной величины должно закладываться одинаковое число пробных площадок. Однако многие ученые определяют необходимое число учетных площадок чаще всего исходя из площади таксационного

выдела (А. Ф. Елизаров, Н. П. Анучин, А. Н. Федосимов и др.).

В настоящее время в выборочной таксации леса общепринятыми являются учетные площадки в виде круга. По исследованиям многих ученых (И. И. Кенставичюс, 1963; М. Prodan, 1965; И. Н. Репшис, В. В. Антанайтис, 1972; В. Ranneby, 1998 и др.) такая форма учетных площадок имеет следующие преимущества: а) минимальное соотношение периметра с площадью, что уменьшает количество деревьев, попадающих на границу учетных площадок; б) легкое обозначение на местности, что облегчает проведение полевых работ и последующих контрольных измерений (при необходимости); в) минимальные затраты времени на закладку круговых выборочных учетных площадок по сравнению с учетными площадками других форм.

Изучение точности лесотаксационных работ в экономическом аспекте проведено А. Г. Мошкалевым, Е. Ф. Елизаровым. В какой-то мере это исследование оказалось односторонним, так как основное внимание уделялось изучению систематических ошибок. Литовскими учеными в основу решения вопроса дифференциации точности лесотаксационных работ на выделе положен тезис, что точность инвентаризации должна определяться стоимостью, хозяйственным значением и целевым назначением инвентаризируемого объекта, а также расходами на проведение лесоинвентаризационных работ. Точность лесоинвентаризации должна быть обоснована с лесоводственной и экономической точек зрения.

Заключение. При проведении лесоустройства в нашей стране, как правило, применяется традиционный метод выборочной таксации, основанный на реласкопических измерениях, объем которых при таксации лесного фонда по ряду причин сведен к минимуму. Поэтому для целей дальнейшего совершенствования системы учета лесов, методов лесной таксации необходимо проведение более глубоких исследований выборочных методов с привлечением современных методов статистического анализа данных выборочных измерений с экономиче-

ским обоснованием предлагаемых методов и объема работ. В литературных источниках мало встречается данных по изучению комбинированных выборочных методов, основанных на сочетании выборочных площадок разных типов. Именно «комбинированные» круговые пробные площадки нашли применение в последнее время в лесоустройстве Финляндии (Е. Tomppo, 1999, 2003). Необходимы дополнительные исследования методов выборочных исследований, основанных на статистически обоснованном подходе. Современное компьютерное специализированное статистическое программное обеспечение (SPSS, SAS, MatLab и др.) позволяет оперативно производить громоздкие математические расчеты. Требуются дальнейшие исследования по разработке и совершенствованию математических алгоритмов оценки таксационных показателей, точности оценки таксационных показателей на выделе и для группы однородных выделов для выборочных учетных площадок разных типов. Совершенствование статистически обоснованных методов и методологии выборочных лесных исследований важно в свете развития современных методов дистанционного зондирования лесов как основы получения достоверной информации на эталонно-калибровочных участках при таксации леса.

Литература

1. Антанайтис, В. В. Нормативы точности и метода таксации древостоев / В. В. Антанайтис [и др.]. – Каунас: ЛитСХА, 1975. – 76 с.
2. Федосимов, А. Н. Выборочная таксация леса / А. Н. Федосимов [и др.]. – М.: Лесн. пром-сть, 1979. – 172 с.
3. Репшис, И. Н. Применение некоторых новых методов в таксации леса в условиях интенсивного лесного хозяйства / И. Н. Репшис. Современные вопросы лесоустройства. – Каунас: ЛитСХА, 1965 – С. 41–52.
4. Инструкция по проведению лесоустройства государственного лесного фонда. – Минск: КЛХ РБ, 2002. – 88 с.
5. Инструкция по проведению лесоустройства в едином государственном лесном фонде СССР. Ч. 1. Организация лесоустройства и полевые работы. – М., 1986. – 89 с.