

Е. А. МАСЛАКОВ

К МЕТОДИКЕ УЧЕТА ЕСТЕСТВЕННОГО ВОЗОБНОВЛЕНИЯ

Изучение процессов естественного возобновления на сплошных концентрированных вырубках обычно связано с учетом подроста, самосева и поросли древесных пород. В настоящее время нет единого метода их учета, и разные исследователи пользуются различными способами. Всякий раз после проведения исследования возникает вопрос, насколько точны полученные данные. Поэтому, чтобы получить соответствующую гарантию достаточной степени достоверности собранных данных, не прибегая к сложным статистическим расчетам, необходимо иметь заранее составленную и теоретически обоснованную методику. Разработка методов учета естественного возобновления приобретает большое значение и для производства. В частности, в таежной зоне Урала в рубку отводятся огромные площади лесных насаждений, под пологом которых имеется большое количество подроста хозяйственно-ценных пород. Лесное хозяйство здесь ориентировано, главным образом, на естественное возобновление. Поэтому планирование лесовосстановительных мероприятий становится невозможным без достаточного точных и объективных сведений о наличии и составе возобновления под пологом древостоя и на вырубках. Мало того, при большом лесосечном фонде леспромхозы нуждаются в сравнительно простых и нетрудоемких методах учета.

Одним из наиболее старых приемов учета лесовозобновления является метод ленточных проб, применявшийся многими лесоводами (Добровлянский, 1888; Товстолес, 1913; Корнаковский, 1904 и др.). Пробные площади, закладывавшиеся этими исследователями, представляли собой узкие ленты, проложенные в определенном направлении и обычно без учета лесорастительных условий (Попов, 1961). По исследованиям С. П. Ускова такой метод дает результаты различной достоверности, в зависимости от того, насколько удачно будет выбрано расположение учетных лент. Впоследствии И. П. Высотский (1911) и М. Т. Здорик (1913) расчленили учетные ленты на отдельные площадки. Узкие и длинные ленты рекомендует закладывать для учета подрос-

та М. Е. Ткаченко (1952). Но более надежным он считает применение выборочного (статистического) метода учета путем закладки небольших площадок (от 1×1 до 10×10 м) в количестве нескольких десятков и более, с обеспечением случайности выбора места каждой площадки.

14 вариантов учета возобновления испытал С. П. Усков (1928). По его выводам, для широкого применения в практике может быть использован метод трех пробных площадок, закладываемых поперек лесосеки, в середине ее. Средняя точность учета этим методом, по его данным, составляет 10—15%. Он же предлагал при учете ленточным способом подсчет подроста вести не сплошь, а на отдельных площадках внутри ленты через равные интервалы. В. В. Гуман (1929) считал наилучшим метод пробных площадей длиной в 10 м. Они должны располагаться поперек лесосеки и делиться на 2-метровые отрезки. Для характеристики естественного возобновления, по его мнению, достаточно пяти таких площадок, в сумме составляющих 100 м^2 .

Очень широкое распространение получил метод частичного учета небольшими площадками внутри пробных площадей размером до 0,5 га. Его широко использовали в исследовательских работах В. А. Поварницын (1934), И. Д. Юркевич (1938), С. Я. Соколов (1938) и другие. Л. В. Попов (1961) считает, что этот способ учета сходен с ботаническим методом Раункиера. Однако возникает вопрос, обеспечивает ли, как первый, так и второй, случайность отбора учетных площадок. В. Л. Леонтьев (1952) на пробных площадях при изучении естественного возобновления черного саксаула испытал несколько способов учета. По его данным, лучшие результаты по точности (8%) дал учет возобновления лентой шириной 1 м, пересекающей всю пробную площадь.

В. Г. Нестеров (1954) считает, что учет самосева и подроста можно вести на площадках, полосах и просто пробных площадях. Все перечисленные способы учета он расценивает как варианты одного и того же метода. Каждый из них оказывается более пригодным для какого-нибудь определенного объекта изучения. Для молодняков в возрасте от одного до пяти лет он рекомендует закладывать под пологом леса 15—20 площадок по $1\text{--}2 \text{ м}^2$. Для молодняка в возрасте 5—10 лет — 10—15 площадок по 4, 5, 10 м^2 . В молодняках старше 10 лет, по его мнению, следует закладывать три пробные площади по 0,1—0,2 га. Учет возобновления на лесосеках, по В. Г. Нестерову, целесообразно вести на поперечных полосах шириною 1—10 м и рядах, которые закладываются в количестве от 3 до 5 и более и разделяются затем на учетные площадки по пять в каждом ряду. В. Г. Нестеров указывает, что предлагаемые им методы учета

обеспечивают в большинстве случаев точность около 10%, но обоснований к ним никаких не приводит.

Сравнение разных способов учета возобновления показывает, что точность полученных данных зависит не только от размеров и формы площадей и лент, но и от характера их расположения на пробной площади. Ю. И. Манько (1959), испытав 16 вариантов размещения на пробной площади (50 × 50 м) учетных площадок и лент, пришел к выводу, что при неравномерном размещении возобновления в пределах пробной площади точность учета зависит не столько от величины площади учета, «сколько от способа расположения учетных единиц». Произвольное расположение учетных лент и площадок, по его мнению, может привести к грубым ошибкам. Он вполне справедливо замечает, что учетная лента должна отражать многообразие условий этой площади, приближаясь к «средним». Лучшим вариантом, по рекомендации Ю. И. Манько, является учет лентой шириной 2 м, располагаемой по диагонали пробы в комплексе с двумя площадками (2 × 2 м), закладываемыми по углам пробы. Он также полагает, что учет по двум диагональным лентам дает более точные результаты. По его же материалам, метод учетных площадок даже при значительном их количестве не дал удовлетворительных результатов. Следует отметить, что Ю. И. Манько не вычислял соответствующих статистических показателей и его выводы основаны на отдельных частных сравнениях.

Наоборот, Л. В. Попов (1961), анализируя опыт ряда исследователей (Флерова, Руковская, Камилова, 1938; Шиманюк, 1945; Усков, 1928, и др.) склоняется к мнению, что наиболее приемлемо закладывать 25 учетных площадок размером 4—10 м² равномерно по пробной площади. Он считает, что точность указанного метода зависит от равномерности возобновления, от числа и размеров площадок.

Следует особо остановиться на исследованиях А. И. Федорова (1955). После обстоятельных опытных работ он пришел к следующим выводам:

1. Методика учета возобновления, предлагаемая М. Е. Ткаченко, В. Г. Нестеровым и лесоустроительной инструкцией может привести к очень серьезным ошибкам в оценке действительного состояния лесовозобновительного процесса.

2. Хотя для учета естественного возобновления не может быть предложено в порядке шаблона единой детальной методики, одинаково пригодной для всех случаев, тем не менее разработка общих отправных методических установок является бесспорно желательной и даже необходимой, прежде всего с точки зрения обеспечения относительно надежных количественных показателей.

3. В качестве отправных методических установок можно

указать следующие основные: размеры и количество пробных площадей; размеры, количество и расположение учетных площадок; объекты учета и их качественная характеристика, методы обработки полученных количественных показателей.

А. И. Федоров считает, что пробные площади при учете естественного возобновления следует закладывать по типам леса размерами 0,1—0,25 га. Количество пробных площадей устанавливается в зависимости от числа крупных таксационных выделов в пределах изучаемых типов леса и от степени равномерности распределения подроста, устанавливаемой предварительным рекогносцировочным обследованием. Учет естественного возобновления под пологом леса, по его данным, лучше проводить на площадках 1—2 м², закладываемых по диагоналям пробной площади, а на лесосеках учетные площадки следует располагать поперечными лентами. Учет возобновления проводится по породам, по происхождению и состоянию подроста, по возрастным или высотным группам с обязательным выделением в особую группу всходов.

Количественные показатели, получаемые при учете естественного возобновления по рекомендациям А. И. Федорова, должны обрабатываться вариационно-статистическим методом с определением средней величины, стандартного отклонения, ошибки средней величины и коэффициента вариации. В случае сравнения относительно близких показателей состояния возобновления необходимо использовать ошибку разности средних:

$$md = \pm \sqrt{m_1^2 + m_2^2}$$

Я специально подробно остановился на выводах А. И. Федорова, так как они, в основном, обобщают результаты исследований по этому вопросу и выводы его предшественников. Они, в целом, подтверждаются и нашими исследованиями. Но рекомендации А. И. Федорова базируются все же на частных расчетах и пригодны только для проведения исследовательских работ на пробных площадях. Производству же сейчас необходимы несложные методы учета возобновления на больших участках под пологом насаждений и на вырубках (возможно, даже следует пойти на упрощение учетных работ за счет некоторого снижения точности).

Из целого ряда работ (Усков, 1928; Манько, 1959; Федоров, 1955, и др.) вытекает вывод, что эффективность применяемого метода будет зависеть от характера размещения возобновления по площади, то есть в конечном итоге от лесорастительных условий. А. И. Федоров совер-

шенно правильно указывает, что пробные площади должны закладываться по типам леса. В каждом лесорастительном районе могут существовать свои специфические закономерности в распределении и условиях возобновления. Поэтому, из этого тезиса логически вытекает вывод о том, что прежде, чем давать какие-нибудь рекомендации по учету возобновления, для их обоснования на наиболее типичных участках в каждом районе следует провести соответствующие исследования или опытные работы. Необходима также дальнейшая разработка общих отправных положений (все же довольно разноречивых у разных исследователей) и в допустимых пределах унификации методики учета.

В своих исследованиях по уточнению методики учета мы ставили следующие цели:

- 1) получить данные о характере размещения возобновления по площади сплошных концентрированных вырубок сосновых насаждений в условиях нашего района;
- 2) определить диапазон варьирования количества возобновления в пределах применяемых единиц учета (площадки и ленты определенного размера и формы);
- 3) выбрать нетрудоемкие и достаточно точные способы учета естественного возобновления.

Для получения данных о характере размещения возобновления по площади вырубок и сравнения различных способов учета в Красноярском леспромхозе Свердловской области (среднетаежная подзона равнинного Зауралья) заложены три пробные площади размером 50×50 м.

Пробная площадь № 1. Заложена на 6-летней вырубке сосняка-зеленомошника. Состав возобновления 40с2Б2Ив2С. Общее количество возобновления 16 тыс. экз. на 1 га.

Пробная площадь № 2. Заложена на 8-летней вырубке сосняка-брусничника. Состав возобновления 5Б20с1Ив2С. Общее количество возобновления 25 тыс. экз. на 1 га.

Пробная площадь № 3. Заложена на 12-летней вырубке сосняка ягодникового. Состав возобновления 5С2Б20с1ЛцИв едЕ,К. Общее количество возобновления 46 тыс. экз. на 1 га.

Каждая пробная площадь была разбита на 625 элементарных площадок размером 2×2 м. На всех площадках учтено все возобновление по породам, то есть были получены данные о количестве возобновления на каждой площадке по породам (рис. 48). Такой способ учета позволяет камеральным путем выбрать и затем оценить почти любой возможный вариант учетных единиц: площадок разной конфигурации и размеров (от 4 м^2 и выше), лент разной протяженности и ширины. Все они могут быть составлены из «набора» элементарных площадок 2×2 м. Нами сравнивались, в основном, три способа учета: равномерно размещенных по

пробной площади небольших площадок (2×2 м), лент (2×50 м) и крупных площадок (10×10 м). Проверено также варьирование данных учета в зависимости от направления учетных лент (с севера на юг, с востока на запад, по диагонали пробной площади) и размеров учетных площадок. Этими способами, в принципе собственно, и исчерпываются основные приемы учета естественного возобновления. В качестве критерия для сравнения разных способов учета принята степень изменчивости или «дисперсия» получаемых данных учета. Математическая обработка и сравнение данных проводились по методу дисперсионного анализа (Митропольский, 1961; Миллс, 1958).

Так, например, на пробной площади № 1 было заложено (камеральным путем) 25 учетных лент размером 2×50 м. Первая лента была составлена из площадок № 1—25 (размером 2×2 м), вторая из площадок № 26—50 и т. д. Такой метод анализа позволяет сравнивать размещения возобновления внутри лент и в целом по пробной площади. Он же позволяет сравнить уровень изменчивости количества возобновления внутри лент (по площадкам 2×2 или 2×10 м и т. п.) и между ними. Количество возобновления на элементарных площадках (или площадках 2×10 м, которые пришлось применить позже) в каждой ленте представляет собой совокупность чисел, характеризующихся определенным уровнем изменчивости. Среднее количество возобновления на каждой ленте, то есть средние данные по каждой из них, также представляют определенную совокупность чисел с другим уровнем изменчивости. Чем больше уровень изменчивости между лентами, тем больше должна быть общая площадь учета для получения данных принятой точности. Уровень изменчивости и определяется величиной дисперсии сравниваемой совокупности чисел.

Расчет производился по следующим формулам (Митропольский, 1961):

$$Q = \sum_{g=1}^p \sum_{n=1}^{n_g} x^2 g_n - nx^2, \quad Q_A = \sum_{n=1}^p n_g x^2 g - nx^2,$$

$$Q_R = \sum_{g=1}^p \sum_{n=1}^{n_g} x^2 g_n - \sum_{g=1}^p n_g x^2 g$$

где Q — общая сумма квадратов отклонения количества возобновления на элементарных площадках (2×2 или 2×5 м) от среднего количества возобновления на пробной площади в расчете на

- единицу учета (площадку 2×2 или 2×10 м);
- Q_R — сумма квадратов отклонений количества возобновления на элементарных площадках внутри ленты от среднего количества возобновления на ленте в расчете на элементарную единицу учета (площадку 2×2 , 2×10 м);
- Q_A — сумма квадратов отклонений среднего количества возобновления на лентах в расчете на единицу учета (площадку 2×2 или 2×10 м) от среднего количества возобновления на пробной площади в расчете на элементарную единицу учета;
- X_{gn} — количество возобновления на элементарной площадке (2×2 или 2×10 м);
- n — количество элементарных площадок;
- x — среднее количество возобновления на пробной площади в расчете на одну элементарную площадку;
- $X_{\bar{g}}$ — среднее количество возобновления на ленте в расчете на одну элементарную площадку;
- n_p — количество элементарных площадок в ленте;
- p — количество лент.

Суммы квадратов отклонений Q , Q_R и Q_A деленные на соответствующие числа степеней свободы $n-1$, $p-1$, $n-p$, дают три несмещенные оценки дисперсии (σ — среднее квадратическое отклонение)

$$S^2 = \frac{Q}{n-1}, \quad S^2_A = \frac{Q_A}{p-1}, \quad S^2_R = \frac{Q_R}{n-p},$$

где S^2 — общая оценка дисперсии (характеризует изменчивость количества возобновления на элементарных площадках в целом по пробной площади);

S^2_A — оценка дисперсии по факторам (характеризует изменчивость среднего количества возобновления на лентах тоже в целом по пробной площади);

S^2_R — остаточная оценка дисперсии (характеризует изменчивость количества возобновления на элементарных площадках внутри лент).

Для сравнения дисперсий применялся критерий F Фишера, или дисперсионное отношение

$$F = \frac{S_1^2}{S_2^2},$$

где F — дисперсионное отношение;

S_1^2, S_2^2 — дисперсии сравниваемых статистических величин.

В нашем случае S_1^2 может быть дисперсия среднего количества возобновления на лентах (дисперсия между лентами), а S_2^2 — дисперсия среднего количества возобновления между элементарными площадками. По значению F можно судить, существенно ли отличаются сравниваемые статистические ряды чисел или нет.

Значения F , при котором различия между S_1^2 и S_2^2 существенны, помещены в специальных таблицах (Митропольский, 1961).

В наших сравнениях по значению $F = \frac{S_1^2}{S_2^2}$ мы получаем

ответ на вопрос, насколько различен уровень изменчивости количества возобновления на элементарных площадках между лентами и внутри лент, и существенно ли это отличие. Если уровень изменчивости между лентами выше, чем внутри лент, следовательно, проводить учет на элементарных площадках в известном смысле выгоднее, чем путем закладки лент.

Ведь дисперсия S^2 связана с коэффициентом вариации следующим отношением:

$$V = \frac{S}{x},$$

где V — коэффициент вариации,

x — среднее значение статистической величины.

Число наблюдений

$$n = \frac{V^2}{p^2} = \frac{S^2}{x^2 p^2},$$

где p — относительная дисперсия или показатель точности, в нашем примере n — число учетных площадок.

Площадь учета $W = nk$,

где k — площадь одной учетной площадки, или ленты).

Отсюда

$$W = \frac{S^2}{x^2 p^2} k,$$

то есть площадь учета прямо пропорциональна дисперсии (при постоянных x, p, k). Чем больше дисперсия, тем, следовательно, большей должна быть площадь учета. Если дисперсия количества возобновления между лентами больше, чем между площадками, то для получения данных одинаковой точности лент нужно заложить больше, чем площадок. Таким образом, сравнивая дисперсии количества возобнов-

ления на площадках и лентах в разных вариантах размещения или размерах единиц учета, можно судить о преимуществах того или иного способа учета.

В табл. 72, 73, 74 приводятся данные дисперсионного анализа по учету возобновления различными способами на пробных площадях № 1—3. Расчеты подобного рода сделаны не только для общего количества возобновления на каждой пробной площади, но и отдельно по породам, что равноценно закладке 14 пробных площадей.

В связи с тем, что кривая распределения площадок 2×2 м по количеству возобновления во всех случаях оказывалась ассиметричной, при обработке элементарные площадки группировались по 5 шт. При такой группировке распределение площадок по количеству возобновления приближалось к нормальному (необходимым условием дисперсионного анализа является нормальное распределение исследуемой величины).

В табл. 72, 73 и 74 применены обозначения:

M — среднее количество возобновления на учетной единице (в нашем случае на пяти площадках 2×2 м или ленте 2×10 м);

M_S — среднее количество возобновления на 1 га;

S^2 — дисперсия (рассеяние, изменчивость) количества возобновления на элементарных площадках;

S^2_A — дисперсия количества возобновления на учетных площадках (10×10 м) или лентах (2×50 и 2×40 м);

S^2_R — дисперсия количества возобновления внутри учетных площадок или лент;

F — дисперсионное отношение, при $F > 2$ сравниваемые ряды чисел существенно различаются;

V — коэффициент вариации количества возобновления на элементарных площадках;

V_A — коэффициент вариации количества возобновления на учетных площадках (10×10 м) и лентах (2×50 и 2×40 м);

n — количество элементарных площадок, которые нужно заложить, чтобы получить величину среднего количества возобновления на пробной площади со степенью точности $\pm 20\%$ по формуле

$$n = \frac{V^2}{p^2},$$

где n — количество наблюдений,

V — коэффициент вариации,

p — степень точности;

Данные дисперсионного анализа различных способов учета естественного возобновления на 6-летней вырубке сосняка-зеленофшника (пробная площадь № 1)

Способ учета	Данные анализа													
	M	M S	S ²	S ² A	S ² R	F	V	V A	n	n a	W	W A	N	N A
Все возобновление														
Элементарные площади 2 × 2 м	32,0	16,0	346,2	366,0	341,5	1,07	58,2	26,7	7,0	1,3	143	105	44	59
Ленты 2 × 50 м с севера на юг	32,0	16,0	410,2	422,9	407,3	1,04	63,5	29,0	10,0	2,1	200	210	220	336
Площадки 10 × 10 м	32,0	16,0	410,2	1226,0	219,2	5,60	63,5	49,0	10,0	6,0	200	600	320	960
Ленты 2 × 50 м с запада на восток	32,0	16,0	631,2	1172,7	501,2	2,30	81,0	49,2	16,3	6,1	326	605	510	940
Ленты 2 × 40 м по диагонали	26,4	13,2	210,3	184,9	218,3	0,85	55,0	23,2	7,65	1,32	143	106	189	140
Сосна														
Элементарные площади 2 × 2 м	3,4	1,7	6,0	8,1	5,5	1,47	72,0	37,5	12,7	3,5	254	350	44	54
Ленты 2 × 50 м с севера на юг	3,4	1,7	7,5	14,0	6,4	2,20	80,0	49,2	16,0	6,1	320	610	54	104
Ленты 2 × 50 м с запада на восток	3,4	1,7	7,2	6,9	7,3	0,81	79,0	34,6	15,5	3,0	310	300	53	51
Площадки 10 × 10 м	3,4	1,7	7,4	16,6	5,2	3,20	79,0	53,7	15,5	7,2	310	720	53	122
Ленты 2 × 40 м по диагонали	2,7	1,4	5,6	4,6	5,9	0,78	88,0	35,5	18,2	3,2	364	252	49	34

Осина														
Элементарные площадки 2 × 2 м	12,0	6,0	72,8	57,3	76,5	0,75	71,5	27,0	12,6	1,82	252	182	151	114
Ленты 2 × 50 м с севера на юг	12,0	6,0	88,5	117,8	81,4	1,46	77,0	40,3	15,2	4,00	304	400	182	240
Ленты 2 × 50 м с запада на восток	12,0	6,0	112,8	188,2	94,7	1,99	89,0	50,5	19,3	6,40	386	640	232	384
Площадки 10 × 10 м	12,0	6,0	88,5	229,5	54,6	4,20	77,0	56,2	15,2	7,80	304	784	182	470
Ленты 2 × 40 м по диагонали	10,2	5,1	61,4	78,8	55,7	1,41	77,0	39,0	15,3	3,95	306	316	156	160
Береза														
Элементарные площадки 2 × 2 м	11,2	5,6	81,4	91,0	79,0	1,15	81,0	38,2	16,3	3,65	326	365	185	207
Ленты 2 × 50 м с севера на юг	11,2	5,6	92,1	89,1	92,8	0,96	86,0	37,8	18,5	18,5	370	354	209	196
Площадки 10 × 10 м	11,2	5,6	92,5	294,0	44,0	6,70	86,0	68,7	18,5	11,70	370	1170	207	540
Ленты 2 × 40 м по диагонали	9,2	4,6	55,5	52,6	56,4	0,93	81,2	35,3	16,4	3,10	328	250	151	115
Ива														
Элементарные площадки 2 × 2 м	4,9	2,5	25,6	23,1	26,2	0,88	103,8	43,8	27,0	5,00	540	500	132	123
Ленты 2 × 50 м с севера на юг	4,9	2,5	27,3	29,4	26,9	1,09	107,0	49,3	28,8	6,20	576	600	141	152
Площадки 10 × 10 м	4,9	2,5	27,8	65,5	18,6	3,50	108,0	74,0	29,0	13,70	580	1370	142	336

Данные дисперсионного анализа различных способов учета естественного возобновления на 8-летней вырубке сосняка-брусничника (пробная площадь № 2)

Способ учета	Данные анализа													
	M	M _S	S ²	S ² A	S ² R	F	V	V A	n	n _a	W	W A	N	N A
Все возобновление														
Элементарные площадки 2 × 2 м	51,2	25,6	187,0	184,0	187,4	0,99	26,7	11,9	1,8	0,35	36	35	96	93
Ленты 2 × 50 м с севера на юг	51,2	25,6	375,0	689,0	299,5	2,30	37,9	23,0	3,5	1,32	70	132	175	330
Ленты 2 × 50 м с запада на восток	51,2	25,6	—	240,0	—	2,90	—	13,2	—	0,43	—	43	—	114
Площадки 10 × 10 м	51,2	25,6	375,0	773,4	271,6	2,80	37,9	24,4	3,5	1,47	70	147	178	262
Ленты 2 × 40 м по диагонали	48,9	24,4	222,0	286,0	202,0	1,42	29,5	15,5	2,25	0,6	45	60	100	46
Сосна														
Элементарные площадки 2 × 2 м	11,0	5,5	43,6	44,1	43,6	1,01	60,0	27,0	9,0	1,8	180	180	99	99
Ленты 2 × 50 м с севера на юг	11,0	5,5	70,8	89,0	66,6	1,33	76,5	38,2	14,2	3,65	284	365	155	200
Ленты 2 × 50 м с запада на восток	11,0	5,5	—	70,7	—	1,27	—	33,0	—	2,74	—	274	—	153
Площадки 10 × 10 м	11,0	5,5	73,0	193,7	44,1	4,40	78,3	57,0	15,4	8,10	308	810	167	438
Ленты 2 × 40 м по диагонали	11,0	5,5	70,1	38,1	80,2	0,47	79,4	26,6	15,3	1,75	306	175	167	93

Береза														
Элементарные площадки 2 × 2 м	24,4	12,2	83,6	77,8	85,0	0,91	37,3	16,2	3,5	0,65	70	65	86	80
Ленты 2 × 50 м с севера на юг	24,4	12,2	123,9	111,5	126,9	0,88	44,5	19,2	5,1	0,93	100	93	122	100
Ленты 2 × 50 м с запада на восток	24,4	12,2	—	168,0	—	1,52	—	23,8	—	1,42	—	142	—	173
Площадки 10 × 10 м	24,4	12,2	123,9	268,9	88,5	3,00	44,5	29,5	5,1	2,05	100	205	122	252
Ленты 2 × 40 м по диагонали	23,3	11,6	110,0	166,4	91,0	1,83	45,0	24,8	5,1	1,52	102	122	118	142
Осина														
Элементарные площадки 2 × 2 м	7,1	3,5	49,2	29,5	54,0	0,55	100,0	34,2	25,0	3,00	500	300	175	105
Ленты 2 × 50 м с севера на юг	7,1	3,5	139,5	303,1	100,3	3,03	167,0	110,0	70,0	30,2	1400	3020	482	1057
Ленты 2 × 50 м с запада на восток	7,1	3,5	—	65,0	—	4,70	—	50,0	—	6,25	—	625	—	218
Площадки 10 × 10 м	7,1	3,5	140,0	415,0	74,6	5,50	170,0	145,0	72,0	52,50	1140	5250	508	1840
Ленты 2 × 40 м по диагонали	5,3	2,7	48,0	66,0	44,0	1,50	131,0	68,3	12,7	11,7	854	1170	229	308
Ива														
Элементарные площадки 2 × 2 м	4,4	2,2	14,2	12,4	14,6	0,85	86,0	35,8	18,5	3,20	370	320	81	71
Ленты 2 × 50 м с севера на юг	4,4	2,2	22,1	30,7	20,3	1,49	108,0	56,5	28,0	8,00	560	800	123	176
Ленты 2 × 50 м с запада на восток	4,4	2,2	—	19,3	—	1,57	—	43,5	—	4,75	—	475	—	104
Площадки 10 × 10 м	4,4	2,2	22,1	46,5	16,8	2,80	108,0	68,0	28,0	11,50	560	1150	123	252
Ленты 2 × 40 м по диагонали	5,3	2,6	26,0	17,8	32,4	0,55	100,0	36,0	25,0	3,20	500	320	130	83

Данные дисперсионного анализа различных способов учета естественного возобновления на 12-летней вырубке сосняка ягодникового (пробная площадь № 3)

Способ учета	Данные анализа													
	M	M S	S ²	S ² A	S ² R	F	V	V A	n	n a	W	W A	N	N A
Все возобновление														
Элементарные , площадь -	92,0	46,0	1465,2	929,7	1593,7	0,58	41,7	14,8	4,35	0,55	87	55	400	250
Ленты 2 × 2 м	92,0	46,0	1878,7	2415,8	1749,8	1,39	47,1	21,9	5,50	1,20	110	120	510	540
Ленты 2 × 50 м с севера на юг	92,0	46,0	1878,7	4784,5	1181,3	4,04	27,1	33,7	5,50	2,80	110	280	510	1288
Площадки 10 × 10 м														
Сосна														
Элементарные , площадь -	45,8	22,9	381,1	265,4	408,9	0,65	42,6	15,8	4,50	0,62	90	262	206	142
Ленты 2 × 2 м	45,8	22,9	468,1	559,7	375,7	1,48	47,3	23,0	5,60	1,32	112	132	258	304
Ленты 2 × 50 м с севера на юг	44,6	22,3	268,0	276,0	265,0	1,08	36,6	18,6	3,30	0,87	66	68	150	156
Площадки 8 × 24 м	17,6	22,3	189,7	499,6	175,6	2,82	79,5	60,0	15,5	1,55	124	284	272	620

Осина

Элементарные площадки 2 × 2 м	18,7	9,3	129,6	73,9	143,0	0,51	61,0	20,5	9,2	1,1	184	110	172	102
Ленты 2 × 50 м с севера на юг	18,7	9,3	271,3	190,6	290,5	0,66	88,5	33,0	19,5	2,7	390	270	363	252
Ленты 2 × 50 м с запада на восток	18,7	9,3	120,8	309,6	75,5	4,10	59,0	42,0	8,7	4,45	174	445	162	415
Площадки 10 × 10 м	18,7	9,3	271,3	224,0	153,0	5,00	88,5	67,0	19,5	11,2	390	1120	363	1040
Ленты 2 × 40 м по диагонали	21,5	10,3	224,0	112,0	289,0	0,38	69,6	21,8	12,0	1,2	240	96	248	98

Береза

Элементарные площадки 2 × 2 м	20,0	10,0	184,6	217,6	176,7	1,23	67,8	33,0	11,5	2,54	230	254	230	254
Ленты 2 × 50 м с севера на юг	20,0	10,0	240,6	361,5	211,5	1,71	77,5	42,5	15,0	4,54	300	454	300	454
Ленты 2 × 50 м с запада на восток	20,0	10,0	185,1	508,6	107,5	4,74	68,0	50,0	11,3	6,25	230	625	230	625
Площадки 10 × 10 м	20,0	10,0	244,3	623,0	154,2	4,05	78,0	56,0	15,1	7,80	302	780	302	780
Ленты 2 × 40 м по диагонали	24,1	12,0	365,0	297,0	386,0	0,79	79,2	32,0	15,7	2,56	314	205	376	245

n_a — количество учетных площадок или лент, которые нужно заложить, чтобы получить величину среднего количества возобновления на пробной площади со степенью точности $\pm 20\%$;

W — общая площадь элементарных площадок, которые нужно заложить, чтобы получить величину среднего количества возобновления на пробной площади с точностью $\pm 20\%$;

W_A — общая площадь учетных площадок или лент, которые нужно заложить, чтобы получить величину среднего количества возобновления на пробной площади со степенью точности $\pm 20\%$;

N — количество возобновления на площади W ;

N_A — количество возобновления на площади W_A

Данные дисперсионного анализа различных способов учета естественного возобновления позволяют сделать следующие выводы:

1. При постоянной величине учетной площади ($W = const$), точность данных учета повышается с увеличением числа учетных площадок и уменьшением их размера.

2. При равномерном размещении учетных площадок принцип случайной выборки данных не нарушается (обычно $S^2_A \approx S^2_R$).

3. Увеличение размера учетных площадок за счет уменьшения числа единиц во всех случаях оказывалось невыгодным (то есть всегда выгоднее заложить 24 площадки по 4 м^2 , чем 12 площадок по 8 м^2 или 8 площадок по 12 м^2 и т. д.).

4. Из применявшихся способов лучшим является равномерное размещение на пробной площади небольших учетных площадок ($2 \times 2 \text{ м}$). Для получения данных о среднем количестве возобновления с точностью $\pm 20\%$ требуется заложить в среднем 10—35 таких площадок. Количество их зависит от равномерности распределения возобновления по площади. Хорошо выражена тенденция увеличения неравномерности распределения возобновления по площади по мере уменьшения его количества. Наоборот, с повышением возраста вырубok возобновление распределяется более равномерно. Более равномерно распределено возобновление в сосняке-брусничнике, менее — в ягодниковой и крайне неравномерно — в зеленомошнике. Из древесных пород очень неравномерно распределяются в брусничнике осина и ива. Хорошо выражено и следующее ограничение: при учете на площадках $2 \times 2 \text{ м}$, равномерно размещенных на пробной площади, в большинстве случаев (при точности учета $\pm 20\%$) достаточно иметь на учетной площади 200 экз. возобновления.

Дисперсионное отношение при учете на элементарных

площадках, сгруппированных по 25 штук, лежит обычно в пределах $0,5 < F < 1,2$.

Данные о количестве возобновления, полученные на учетных лентах, варьируют в больших пределах. Дисперсионное отношение при этом способе учета обычно лежит в пределах $1,0 < F < 2,0$, и нередко превышает 2, то есть дисперсия (рассеяние) данных учета повышается, и нередко существенно. Данные анализа подтверждают, что степень изменчивости количества возобновления между учетными лентами часто зависит от направления, в котором они прокладывались. Меньшие показатели изменчивости у лент, проложенных в направлении, параллельном диагоналям пробной площади.

Поскольку ленты ориентировались строго в направлениях север — юг, восток — запад, то можно предполагать, что распределение возобновления на пробной площади как-то зависит от положения ее по отношению к странам света. Возможно также, что на размещение возобновления по пробе оказала влияние трелевка древесины; которая проводилась в направлении с севера на юг на всех трех участках.

5. Очень большая изменчивость в количестве возобновления отмечается между площадками 10×10 м. Дисперсионное отношение в этом случае, как правило, превышает 2.

Закладка крупных площадок (имеется в виду объем работ по учету) в большинстве случаев невыгодна. Например, на пробной площади № I для определения общего количества возобновления с точностью $\pm 20\%$ нужно заложить 26 площадок размером 2×2 м, то есть в сумме 106 м^2 , или 6 площадок размером 10×10 м, то есть 600 м^2 .

Таким образом, лучшие показатели дает учет возобновления небольшими площадками, равномерно размещенными по пробной площади. Хорошие результаты дает также закладка лент шириной 2 м по диагонали пробной площади.

Эти способы широко можно использовать при исследовательских работах по учету естественного возобновления. При закладке учетных лент их необходимо дополнительно разбивать на элементарные площадки. По величине коэффициента вариации количества возобновления на элементарных площадках внутри лент (например, размером 2×2 м, внутри ленты шириной 2 м) можно будет судить о степени изменчивости распределения возобновления на пробной площади. Из табл. 72, 73, 74 видно, что на лентах $S^2 R$ (дисперсия внутри лент) по величине почти всегда очень близка к S^2 (дисперсия между элементарными площадками на пробе).

Оба способа можно рекомендовать в лесах I и II групп для учета подроста под пологом насаждений, при отводе лесосек и на вырубках для определения его сохранности.

В зависимости от площади таксационного выдела следует закладывать следующее количество учетных площадок и лент:

Площадь выдела, га	до 25	6—10	больше 10
Количество учетных площадок 2×2 м	25	35	50
Количество учетных лент шириной 2 м	2	2	2

Ленты целесообразнее прокладывать перпендикулярно друг другу, и они должны пересекать весь таксационный выдел.

В лесах IV группы эти способы учета из-за большей площади таксационных выделов не всегда будут приемлемы. При закладке пробных площадей нами учитывались затраты времени на подсчет возобновления в площадках. Они составили в среднем (при учете только количества возобновления по породам) 16 чел.-дней на 1 га сплошного перечета (при количестве возобновления 10—15 тыс. экз. на 1 га). Затраты времени на учет возобновления по ступеням высот или возрастным группам примерно вдвое больше. Таким образом, в таком леспромхозе, как Красноярский, имеющем текущую лесосеску 1,2 тыс. га, по предварительным расчетам для однократного учета подроста потребуется (только при 1% площади, охваченной учетом) 180—200 чел.-дней. Необходимо принять во внимание также то, что эту работу могут пока выполнять квалифицированные специалисты, по крайней мере техники-лесоводы. Поэтому для леспромхозов таежной зоны необходимо максимально упростить работу по учету естественного возобновления, в то же время используя теоретически обоснованные методы. Для сокращения затрат времени учет подроста здесь все же лучше вести у таксационных визиров на пробных площадках (до 100 м²), ограничиваемых с помощью трости таксатора. На небольших по площади выделах (до 10 га) количество учетных площадок следует уменьшить, основываясь на уже приведенных выше расчетах, можно предложить закладывать следующее количество пробных площадок в зависимости от площади выдела:

Конечно, последний способ обеспечивает меньшую точность (на небольших выделах 1—5 га до ± 30%), но он намного упрощает и сокращает учетные работы.

Площадь таксационного учета, га	Число площадок
1	5
3	10
5	15
10	20
15	25
20	30
25	35

Л И Т Е Р А Т У Р А

- Анучин Н. П. Лесная таксация. М., Гослесбумиздат, 1952.
- Высотский И. П. Постепенные рубки в сосновых насаждениях Бузулукского бора.—Тр. по лесн. опытно-делу. Спб, 1911.
- Гуман В. В. Методика изучения естественного возобновления.—Зап. Лесн. опытно-станции Ленингр. сельскохоз. ин-та, 1929, вып. 5, ч. 1.
- Добровлянский В. Я. Из русских лесов.—Ежегодн. Лесн. ин-та. Спб, 1888.
- Здорик М. Об естественном облесении сосновых вырубок в Нижегородской губернии.—Лесн. ж., 1913, вып. 7.
- Исаева Р. П., Данилик В. Н., Маслаков Е. Л. Способы рубок и меры содействия естественному возобновлению в равнинных лесах Урала.—Рекомендации по лесовосстановлению в таежной зоне Урала. Мат-лы семинара работников лесн. х-ва треста «Сервлес». Свердловск, ЦБТИ Средне-Уральского совнархоза, 1963.
- Корнаковский Г. А. О возобновлении дубовых насаждений в Теллермановской роще.—Лесопром. вестн., 1904, вып. 43.
- Леонтьев В. Л. Развитие подроста и формирование древостоя черного саксаула в пустыне Кара-Кум.—Тр. Бот. ин-та АН СССР, сер. III, Геоботаника, 1952, вып. 8.
- Манько Ю. И. К методике учета естественного возобновления.—Сообщ. Дагестан. фил. СО АН СССР, 1959, вып. 11.
- Маслаков Е. Л. Естественное возобновление и классификация вырубок сосновых лесов среднетаежной подзоны предгорного Зауралья.—Доклады научно-технической конференции молодых специалистов лесного производства Свердловской области по итогам работ 1960 г. Свердловск, 1961 (Ин-т биологии УФАИ СССР, УЛТИ, Свердловский совнархоз).
- Миллс Ф. Статистические методы. Перевод с английского под ред. проф. П. П. Маслова. М., Госстатиздат, 1958.
- Митропольский А. К. Техника статистических вычислений. М., Гос. изд-во физ.-мат. лит., 1961.
- Нестеров В. Г. Методика изучения естественного возобновления леса. Красноярск, 1948 (Сибирский лесотехн. ин-т).
- Нестеров В. Г. Общее лесоводство. М.-Л., Гослесбумиздат, 1954.
- Поварницын В. А. Леса и лесовозобновление в бассейне р. Белой в Восточных Саянах.—Тр. Ангарской лесн. экспедиции, ч. II. М.-Л., Изд-во АН СССР, 1934.
- Попов Л. В. Леса междуречья Чуны и Вихоревой.—Тр. Восточно-сибирского фил. СО АН СССР. Иркутск, 1961.
- Соколов С. Я. Методика геоботанических исследований.—Методика полевых геоботанических исследований. М.-Л., Изд-во АН СССР, 1938.
- Ткаченко М. Е. Общее лесоводство, изд. 2. М.-Л., Гослесбумиздат, 1952.
- Товстолес Д. И. Естественное возобновление сплошных лесосек в Охтенской даче.—Изв. Лесн. ин-та, вып. 13. Спб. 1913.
- Третьяков Н. В., Горский П. В., Самойлович Г. Г. Справочник таксатора. М.-Л., Гослесбумиздат, 1952.
- Усков С. П. О точности методов обследования естественного возобновления на сплошных лесосеках.—Лесн. х-во и лесн. промышленность, 1928, № 3.
- Федоров А. И. Основные вопросы методики изучения естественного возобновления леса.—Науч. конф. по рационализации лесн. х-ва и агролесомелиорации Казахстана. Рефераты докладов. Алма-Ата, 1958 (Лесхоз. фак-т Казахского сельскохоз. ин-та, секция лесного хозяйства Казахского управления науч.-техн. о-ва).
- Флерова А. В., Руковская Н. П., Камилова А. Н. О применении площадок Раункиера при изучении естественного возобновления на сплошных лесосеках в еловых лесах.—Сов. ботаника, 1937, № 6.

Шиманюк А. П. Естественное возобновление на концентрированных вырубках. М., Изд-во АН СССР, 1955.

Шиманюк А. П. Возобновление леса на концентрированных вырубках. М., Гослесбумиздат, 1956.

Юркевич И. Д. Естественное возобновление в дубовых древостоях СССР.— Лесн. х-во, 1938, № 1.