

Интенсивная модель лесного хозяйства: баланс преимуществ и ограничений, проблемы практического применения

А.С. Алексеев – д.г.н., проф., первый проректор, заведующий кафедрой лесной таксации, лесоустройства и ГИС Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова

Содержание



1. Запас, прирост, дополнительный «световой» прирост, уход за лесом, пользование лесом.
2. История и условия возникновения скандинавской модели лесного хозяйства.
3. Экономические и технологические условия применения интенсивной модели лесного хозяйства.
4. Интенсивная модель лесного хозяйства и классическое, «правильное» ведение лесного хозяйства.
5. Выводы

Анализ хода роста, прироста, уходов за лесом основан на энергетической модели.

- **Баланс поглощения и использования энергии:**

Прирост в единицу времени = (количество поглощенной энергии – затраты на дыхание) / количество энергии, необходимое для создания новой единицы запаса древостоя

$$\frac{dx}{dt} = \frac{\lambda - \beta x}{\gamma} = \frac{\lambda}{\gamma} - \frac{\beta}{\gamma} * x = b(K - x)$$

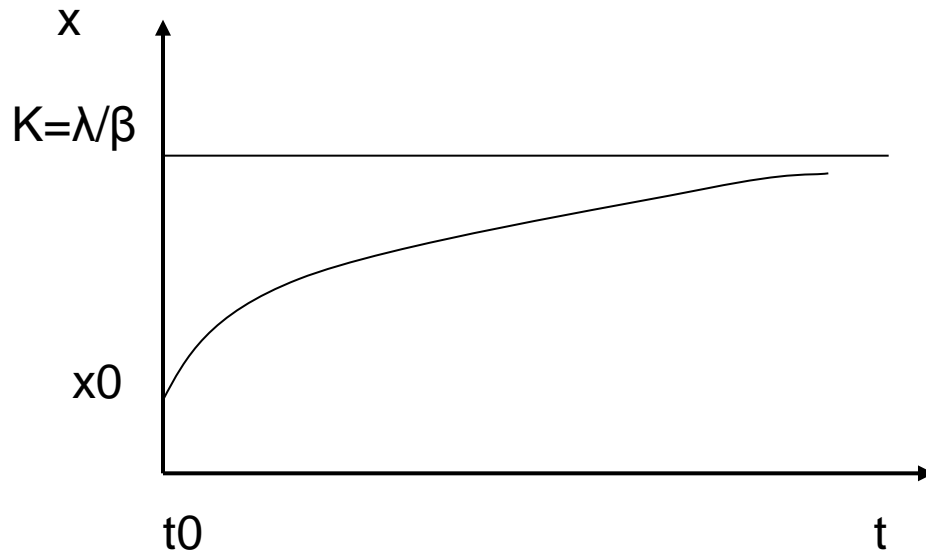
Использованные обозначения

- λ - количество солнечной энергии, поглощаемой древостоем в единицу времени на единицу площади, ккал/год*га;
- β - количество энергии расходуемой на обеспечение текущей жизнедеятельности (дыхание) единицы запаса древостоя в единицу времени, ккал/м³*год;
- γ - количество энергии, необходимое для создания новой единицы запаса древостоя, ккал/м³;
- x - запас древостоя на единице площади, м³/га;
- t - время (возраст), годы.

Смысл параметров модели

- K имеет размерность мЗ/га и представляет собой максимально возможный запас, который может существовать на использовании потока энергии величиной λ , в том случае когда рост прекратился и вся энергия тратится на поддержание накопленного запаса,
- b – имеет размерность 1/год и представляет собой относительную скорость роста запаса древостоя.

Кривая хода роста запаса древостоя



- Уравнение энергетической модели с разделяющимися переменными интегрируется методом замены переменной, в результате получается кривая хода роста запаса древостоя:

$$x = K - (K - x_0)e^{-b(t-t_0)}$$

Ограничение энергетической модели

- Модель имеет ограничение, заключающееся в том, что она хорошо описывает ход роста запаса древостоев только после смыкания крон деревьев.
- Это объясняется тем, что в модели величина λ - количество солнечной энергии, поглощаемой древостоем в единицу времени на единицу площади считается постоянной величиной, что на самом деле соответствует действительности только после смыкания крон деревьев.
- До этого момента времени λ существенно возрастает, делая модель не адекватной описываемому процессу.

Параметры энергетической модели хода роста

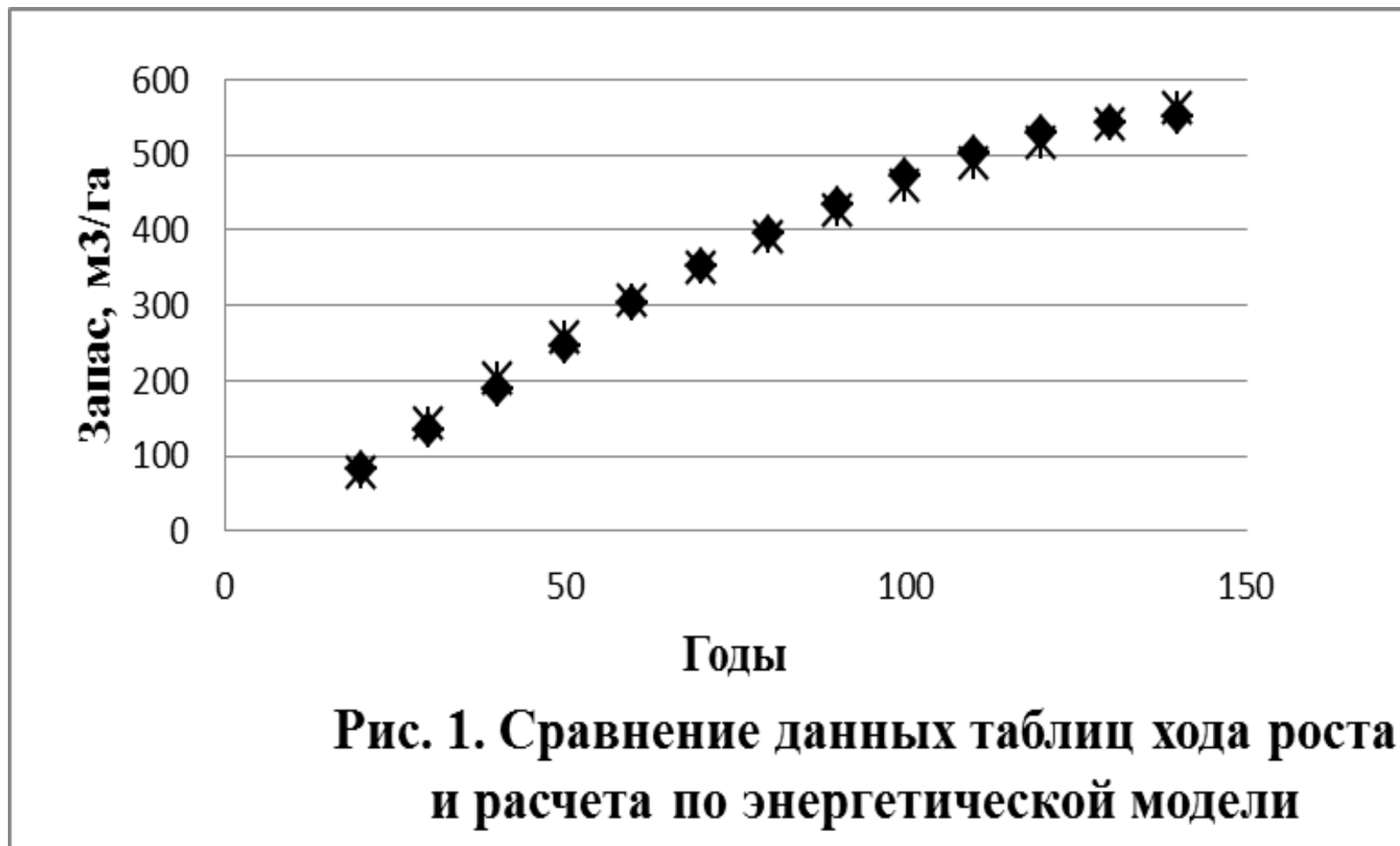
Порода	b , 1/год	K , м ³ /га	β , Мкал/м ³ *год	λ , Мкал/га*год	R^2 , %
Сосна	0,009695	772	17,455	13466,2	99,8
Ель	0,009157	861	15,246	13127,2	99,6
Береза	0,010993	592	24,734	14642,7	99,1
Осина	0,009255	727	16,243	11808,3	99,7

Анализ потоков энергии в лесных экосистемах

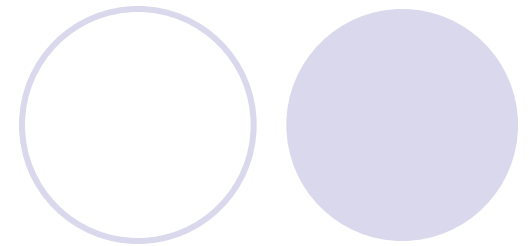
Полученные закономерности позволяют восстанавливать ход роста нормальных (полных) древостоев основных лесообразующих пород по известным данным:

- Энергосодержание биомассы – γ Мкал/м³
- Доступному для фотосинтеза потоку солнечной энергии – λ Мкал/га*год
- Универсальному для всех пород параметру $b = 0.01$ 1/год.
- Недостающий параметр K легко рассчитывается по следующей формуле: $K = \lambda / (\gamma * b)$.

Анализ потоков энергии в лесных экосистемах - 2



Основные приложения энергетической модели

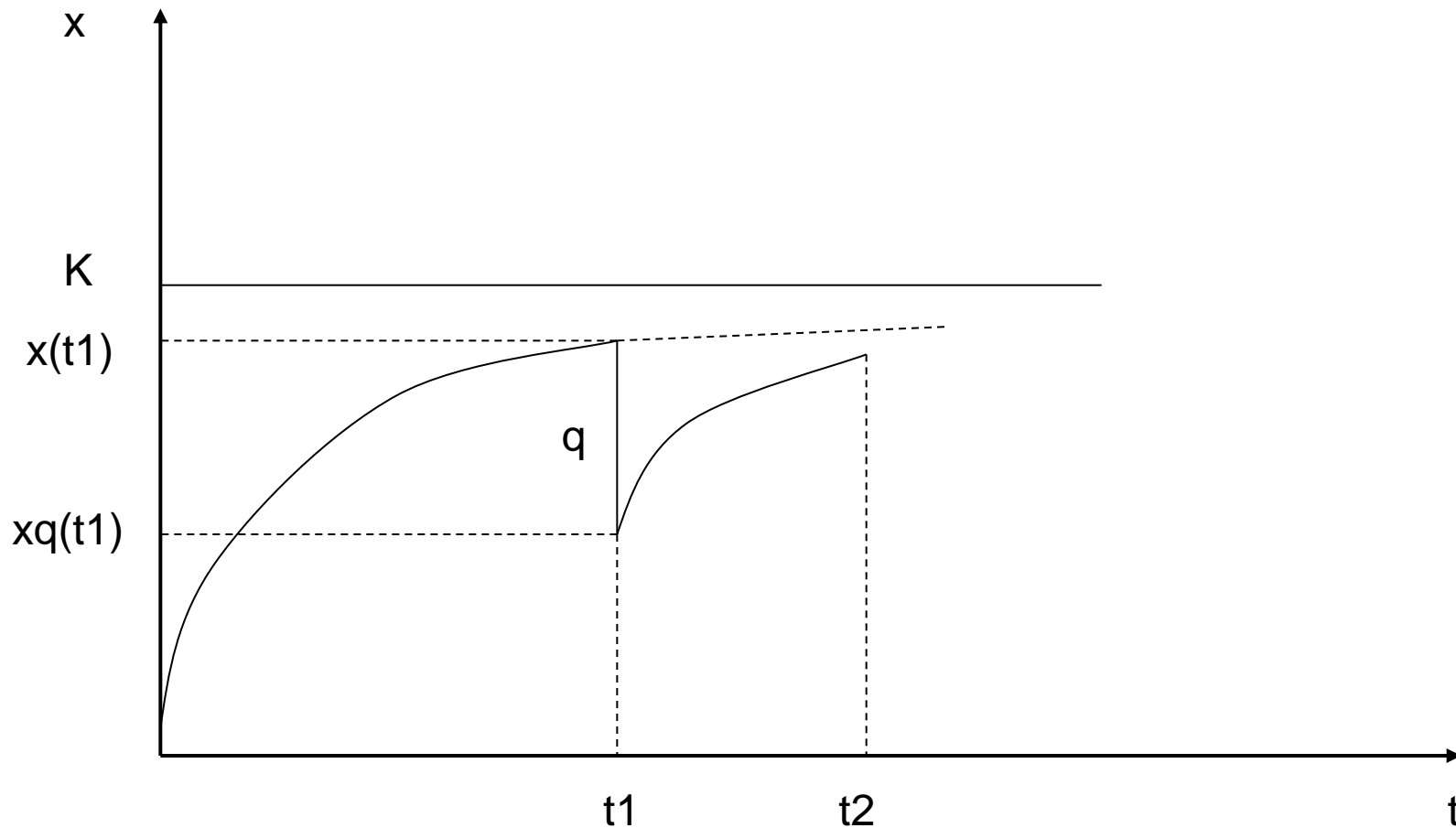


- Обоснование интенсивной модели лесопользования
- Определение величины дополнительного «светового» прироста при уходах за лесом
- Расчет программ лесохозяйственных мероприятий для насаждений на оборот рубки.

Приложение энергетической модели: ход роста древостоев при наличии разреживаний

- Пусть в момент времени t_1 из наличного запаса древостоя изымается часть размером q , т.е. древостой, например, разреживается и затем продолжает расти следуя прежнему закону.
- Запас разреженного древостоя будем обозначать $x_q(t)$. Возникает вопрос: догонит ли разреженный древостой к какому-либо моменту времени t_2 древостой, растущий по такому же закону, но без изъятия части запаса?

Ход роста древостоев при наличии разреживаний - 1



Ход роста древостоев при наличии разреживаний - 2

- Чтобы ответить на поставленный вопрос необходимо сравнить величины запаса $x_q(t_2)$ и $x(t_2)$.
- Если в момент времени t_1 запас древостоя равен $x(t_1)$, то искомые величины равны:

$$x(t_2) = K - (K - x(t_1))e^{-b(t_2 - t_1)}$$

$$x_q(t_2) = K - (K - (x(t_1) - q))e^{-b(t_2 - t_1)}$$

Ход роста древостоев при наличии разреживаний - 3

- искомая разница между ними имеет вид:

$$\Delta x = x(t_2) - x_q(t_2) = qe^{-b(t_2 - t_1)}$$

- Из последнего соотношения следует, что разреженный древостой никогда не догонит по запасу не разреженный, для этого необходимо, чтобы либо b , либо t_2 были бесконечными.

Ход роста древостоев при наличии разреживаний - 4

- «Рубки прореживания не повышают продуктивность древостоя на гектаре площади (м³/га). Максимальный общий запас можно получить из непрореженного леса. На гектаре площади прирост запаса зависит не только от прироста отдельных деревьев, но и их количества. Прирост оставленных при прореживании деревьев не компенсирует прирост удаленных при рубке деревьев».
- Основы лесного хозяйства в Финляндии. Метса.2006.
С. 94

Ход роста древостоев при наличии разреживаний - 5

- Из проведенного анализа следует важный вывод о том, что рубки ухода за лесом должны приводить в основном к качественному улучшению остающегося на доращивание запаса с целью получения большего количества крупномерной ликвидной древесины высокой стоимости.
- Качественные улучшения (Δy) к моменту времени t_2 должны перевешивать неизбежные потери в запасе (Δx) для того, чтобы проводимые мероприятия были целесообразны ($\Delta y > \Delta x$).

Общий размер пользования с учетом разреживания возрастает

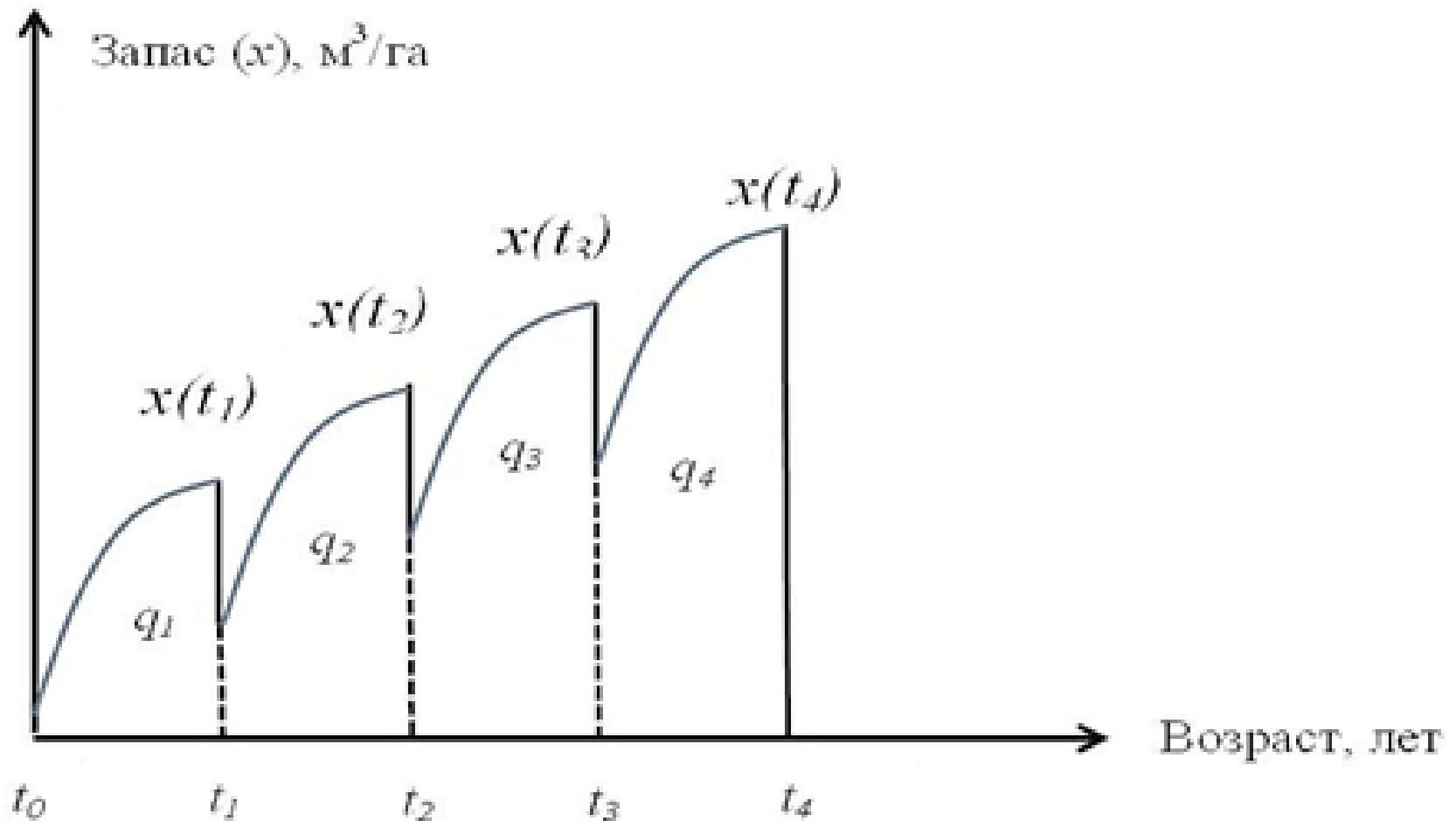
$$\Delta q = x_q(t_2) + q - x(t_2) = q(1 - e^{-b\Delta t}) = q(1 - A) > 0$$

Таким образом, разреживание древостоев позволяет увеличить общий размер пользования за счет, так называемого, «светового прироста» - увеличенного прироста древостоя, возникающего при его разреживании.

Общий размер пользования с учетом разреживания

- В соответствии с энергетической моделью, чем меньше текущий запас древостоя, тем выше текущий прирост.
- Однако это увеличение прироста не равно размеру промежуточного пользования, так как разреженный древостой не догоняет по запасу не разреженный, например, для нормальных древостоев сосны 1 бонитета, при $b = 0.01$ 1/год и $\Delta t = 20$ годам коэффициент при q равен $(1-A) = 0,18$.

Ход роста запаса древостоя с тремя разреживаниями.



Общий размер пользования с учетом разреживания возрастает на Δq

$$\begin{aligned}\Delta q &= x_q(t_4) + q_1 + q_2 + q_3 - x(t_4) \\ &= (1 - A^3) * q_1 + (1 - A^2) * q_2 + (1 - A) * q_3.\end{aligned}$$

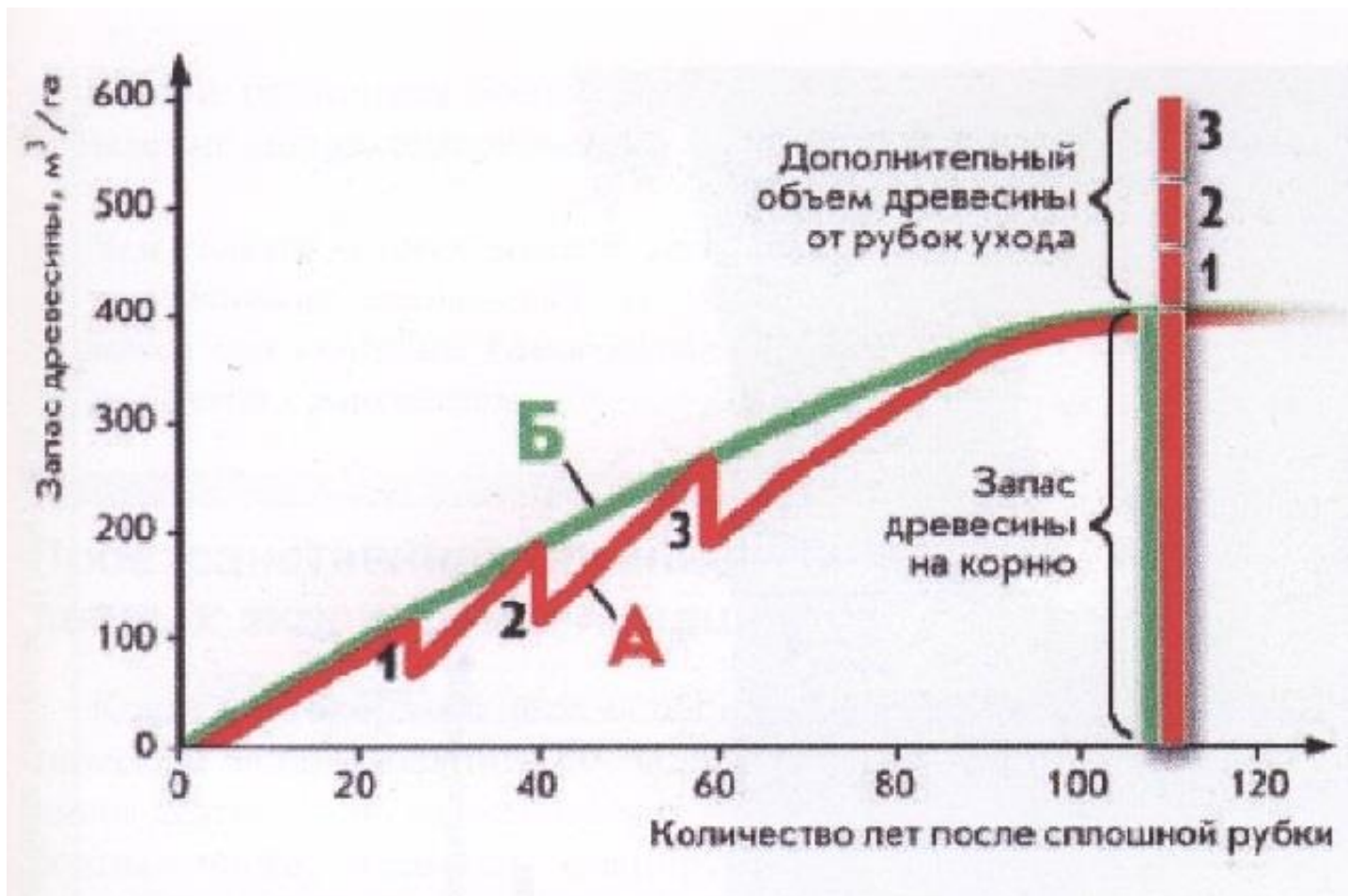
Параметр $A < 1$ для основных лесообразующих пород имеет величину $\approx 0,9$ поэтому наибольшее влияние на уменьшение запаса к возрасту главной рубки имеет последнее по времени разреживание.

Общий размер пользования с учетом разреживания возрастает на Δq

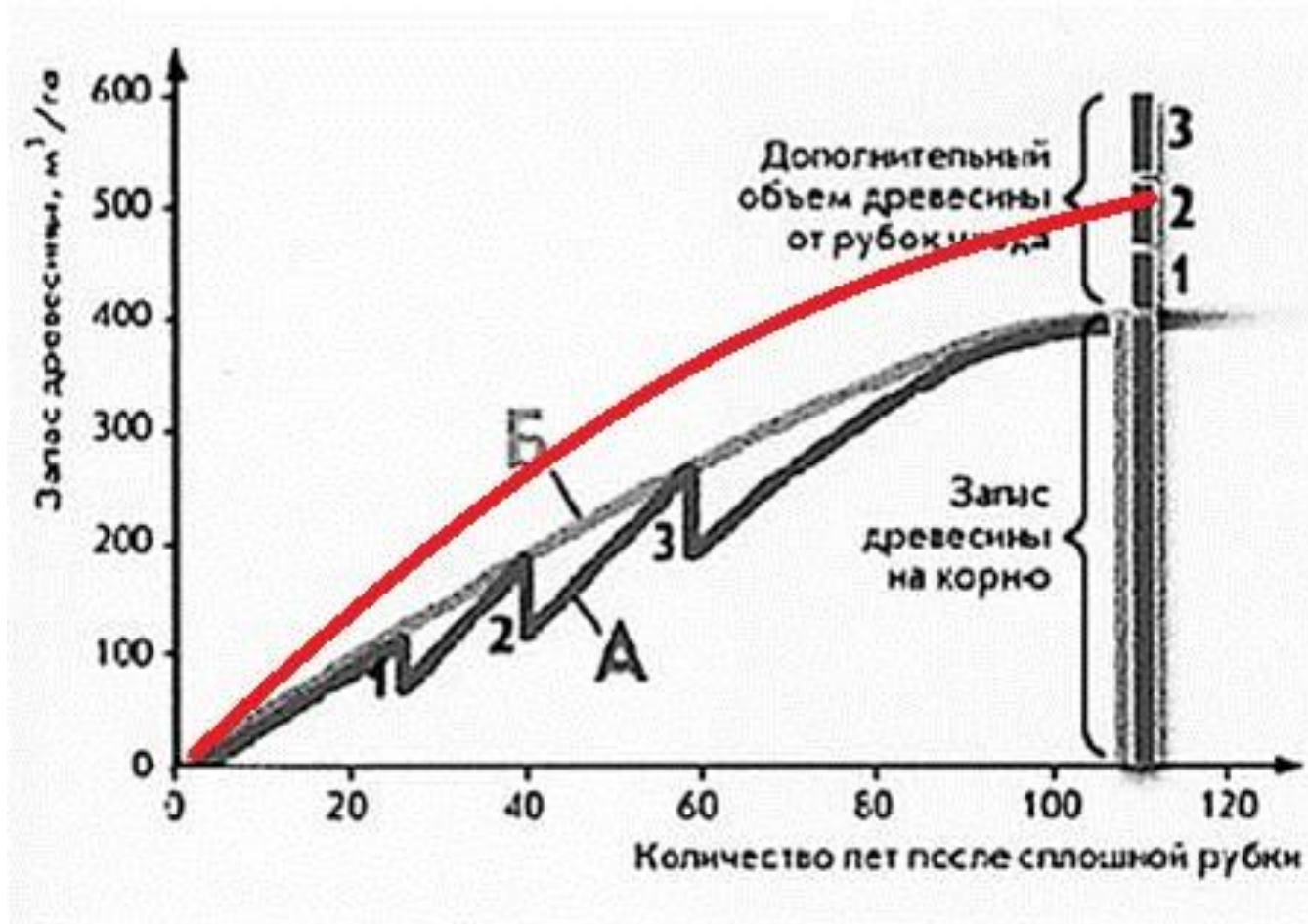
$$\begin{aligned}\Delta q &= x_q(t_4) + q_1 + q_2 + q_3 - x(t_4) \\ &= (1 - A^3) * q_1 + (1 - A^2) * q_2 + (1 - A) * q_3.\end{aligned}$$

- Параметр $A < 1$ и для основных лесообразующих пород имеет величину приблизительно равную 0,82, поэтому наибольшее влияние на уменьшение запаса к возрасту главной рубки имеет последнее по времени разреживание

Изменение запасов древесины между приемами сплошных рубок в сосняках кисличного, черничного свежего и брусничного типов леса: А – с тремя приемами коммерческих рубок ухода; Б — без рубок ухода (Основы устойчивого лесопользования. Москва.2009. издание WWF. С.33)



Ход роста с разреживаниями



Ход роста с разреживаниями - 1

- На самом деле кривая Б идет выше кривой А и дополнительный объем древесины от рубок ухода будет значительно меньше на величину отставания в росте разреженного древостоя.
- Полученные результаты не ставят под сомнение саму необходимость и целесообразность проведения коммерческих рубок ухода

Дополнительный «световой» прирост разреженных древостоев

- Дополнительный «световой» прирост разреженных древостоев в зависимости от времени равен:

$$\Delta x^q = b * q * e^{-b*t}$$

Максимальная величина дополнительного прироста $b*q$ при $b = 0,01$ и $q = 50-100$ м³/га будет равна 0,5 – 1,0 м³/га в год и убывает со временем.

Время восстановления запаса разреженного древостоя

- Через какое время запас разреженного древостоя восстановится?
- Решение находим из равенства:

$$x_q(t_2) = x(t_1).$$

$$x_q(t_2) = K - (K - (x(t_1) - q))e^{-b\Delta t} = x(t_1), \quad \text{здесь } \Delta t = t_2 - t_1$$

из этого уравнения находим

$$\Delta t = \frac{1}{b} * \left[1 + \frac{q}{K - x(t_1)} \right]$$

Интенсивность последнего разреживания

- Интенсивность последнего разреживания q за 20 лет до главной рубки может быть определена на основе условия восстановления запаса к моменту главной рубки:

$$q_{20} = (K - x) * (e^{b*\Delta t} - 1) = 0,22 * (K - x)$$

Интенсивность последнего разреживания - 1

Порода	К, м ³ /га	Возраст проведения проходной рубки, лет	Запас, м ³ /га	Интенсивность разреживания, q, м ³ /га	%
Сосна	772	60	300	104	35
Ель	861	60	300	123	41
Береза	592	50	270	70	34

Результаты рубок ухода должны иметь, прежде всего, качественный характер, проявляющийся в выращивании к возрасту главной рубки древостоев заданных пород, с высоким средним диаметром, с совершенной формой стволов, с высоким выходом деловой древесины ценных сортиментов, так как увеличение общего размера пользования по запасу не будет очень значительным

Исторические условия возникновения скандинавской модели ведения лесного хозяйства

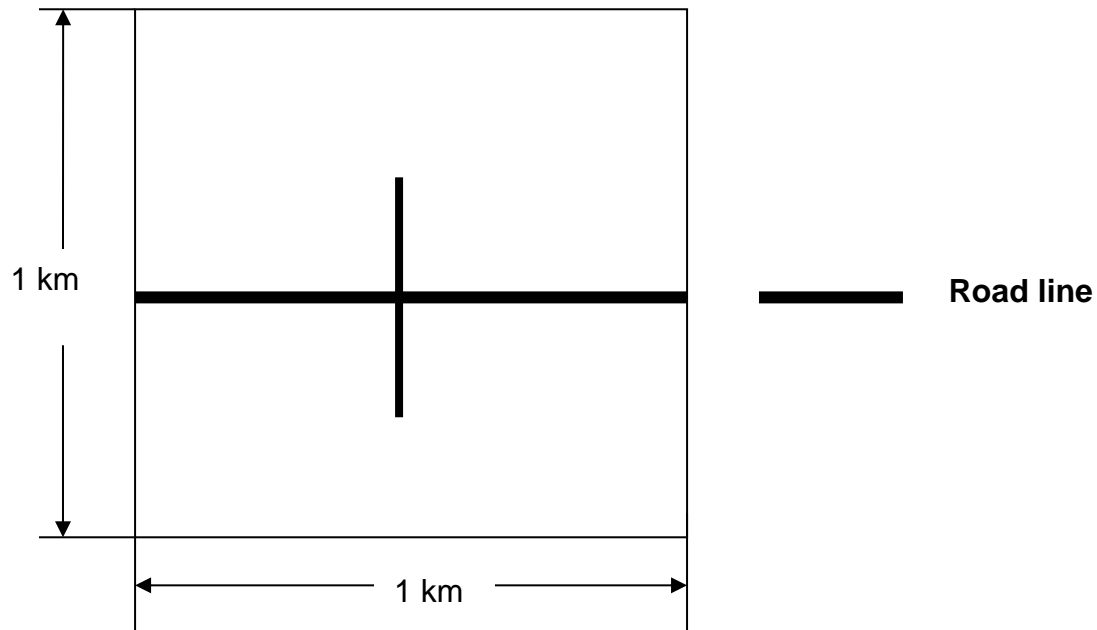
- Интенсивная модель ведения лесного хозяйства, часто называемая скандинавской возникла при наличии следующих условий:
 1. Диффузный тип размещения населения по территории.
 2. Частная (мелкая и средняя) собственность на леса.
 3. Развитой, дифференцированный рынок круглого леса на корню.
 4. Постоянный спрос на малоценную, низкосортную древесину.
 5. Совмещение лесного, сельского и мелкотоварного местного промышленного производства.
 6. Наличие развитой дорожной сети.

Экономические и технологические аспекты интенсивной модели лесного хозяйства

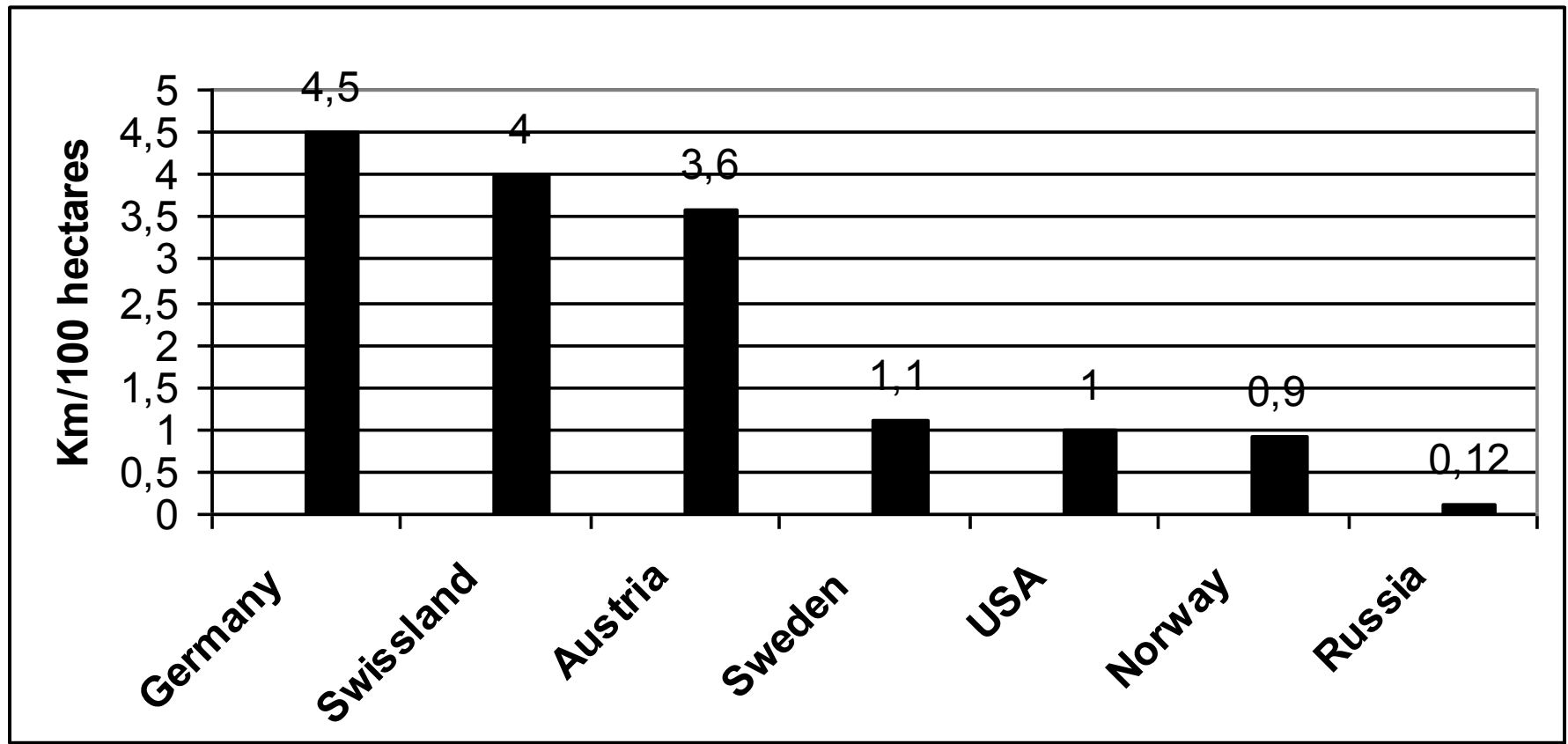
- Интенсивная модель лесного хозяйства требует существенных первоначальных вложений:
 1. Лесоустройство по участковому методу с созданием почвенных карт выделов.
 2. Наличия развитой дорожной сети

Норма густоты дорожной сети

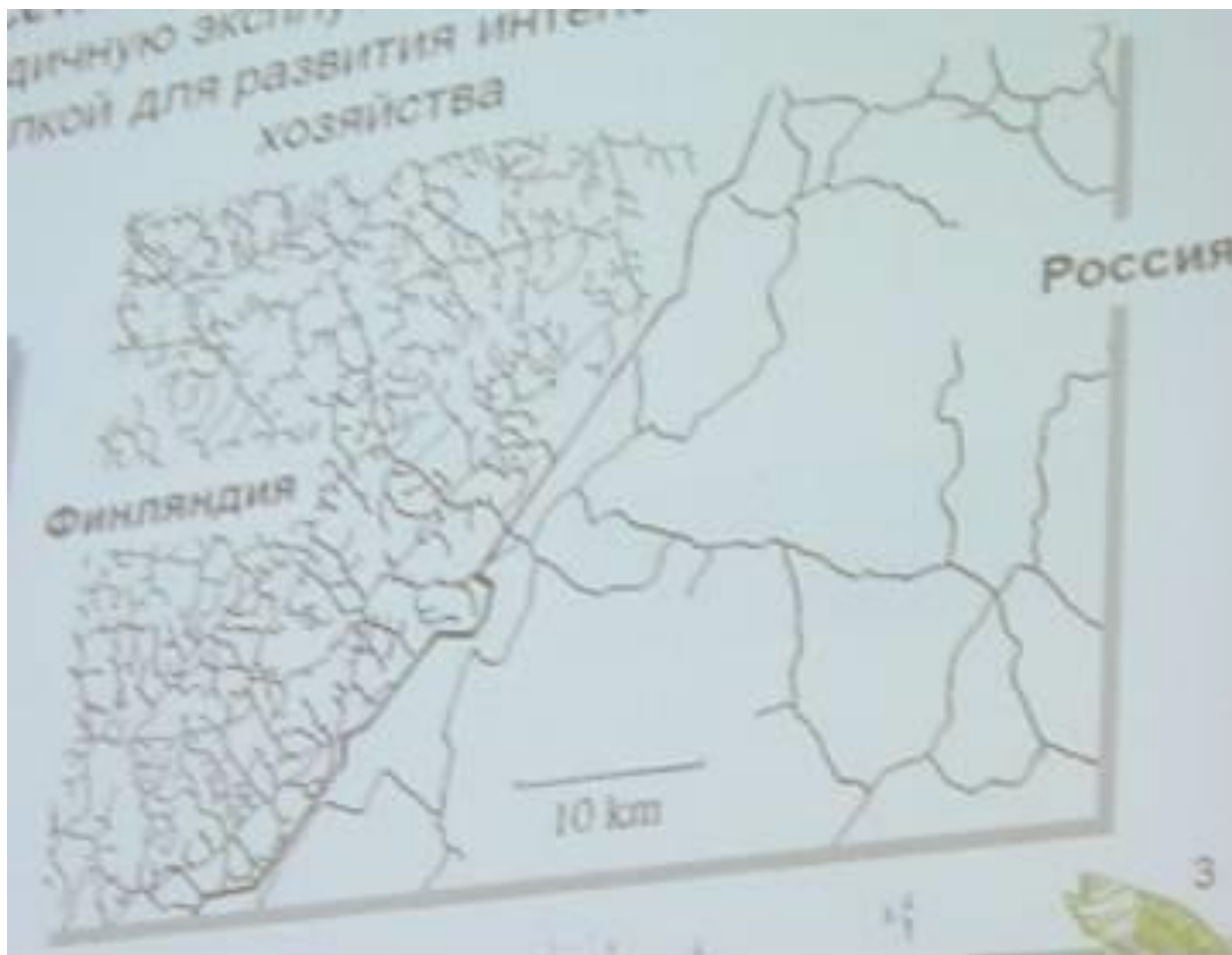
Для доступности выделов необходимо
приблизительно 1.2 km/km^2 лесных дорог.



Густота дорожной сети в России и некоторых других странах



Дорожная сеть на границе России и Финляндии. Слайд представлен министром сельского и лесного хозяйства Финляндии S.-L. Antilla на 3 Российско-Финляндском саммите 25 октября 2009 в Санкт-Петербурге.



Пример лесной дороги в России



Пример лесной дороги в России



Пример лесной дороги в России



Планирование на оборот рубки

- Применение интенсивной модели лесного хозяйства требует планирования лесохозяйственных мероприятий на оборот рубки.
- При этом средства вкладываются на длительный срок, до 100 лет.
- Приведенный чистый доход на такие сроки при высоких ставках дисконтирования как правило отрицательный.

The economical maturity of forests

Johnny Sved

Forestry Development Centre Tapio

6.2.2012

Economically optimal management programme and rotation period

- Maximize the Discounted Cash Flow
- Faustmann's formula

$$L_e = \frac{\sum_{y=0}^t (R_y - C_y) \cdot (1 + r)^{t-y}}{(1 + r)^t - 1}$$

L_e = Land expectation value

R_y = Revenues at year y

C_y = Costs at year y

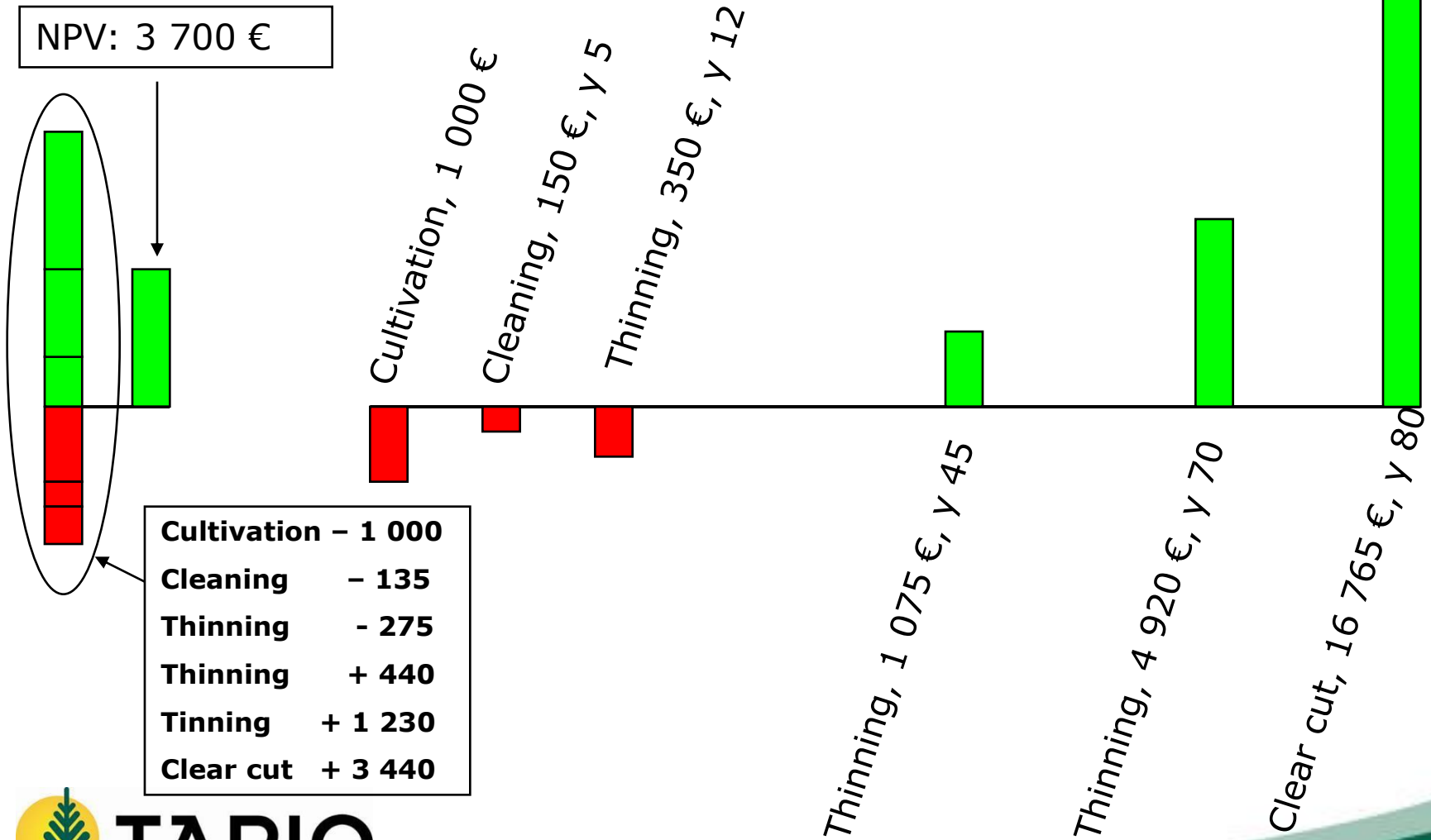
r = interest rate, per cent

t = rotation period

y = year of activity

Cash flow and discounting

(spruce, rich site, thinning 35 %, interest 2 %)



Скандинавский опыт ухода за лесом

Оптимальное решение обеспечивает максимум чистых доходов, приведенных к текущим ценам

Чистый доход в текущих ценах, ставка 3%

- 2196 €
- 754 €
- 329 €
- 204 €
- 1000 €
- 2071 €**

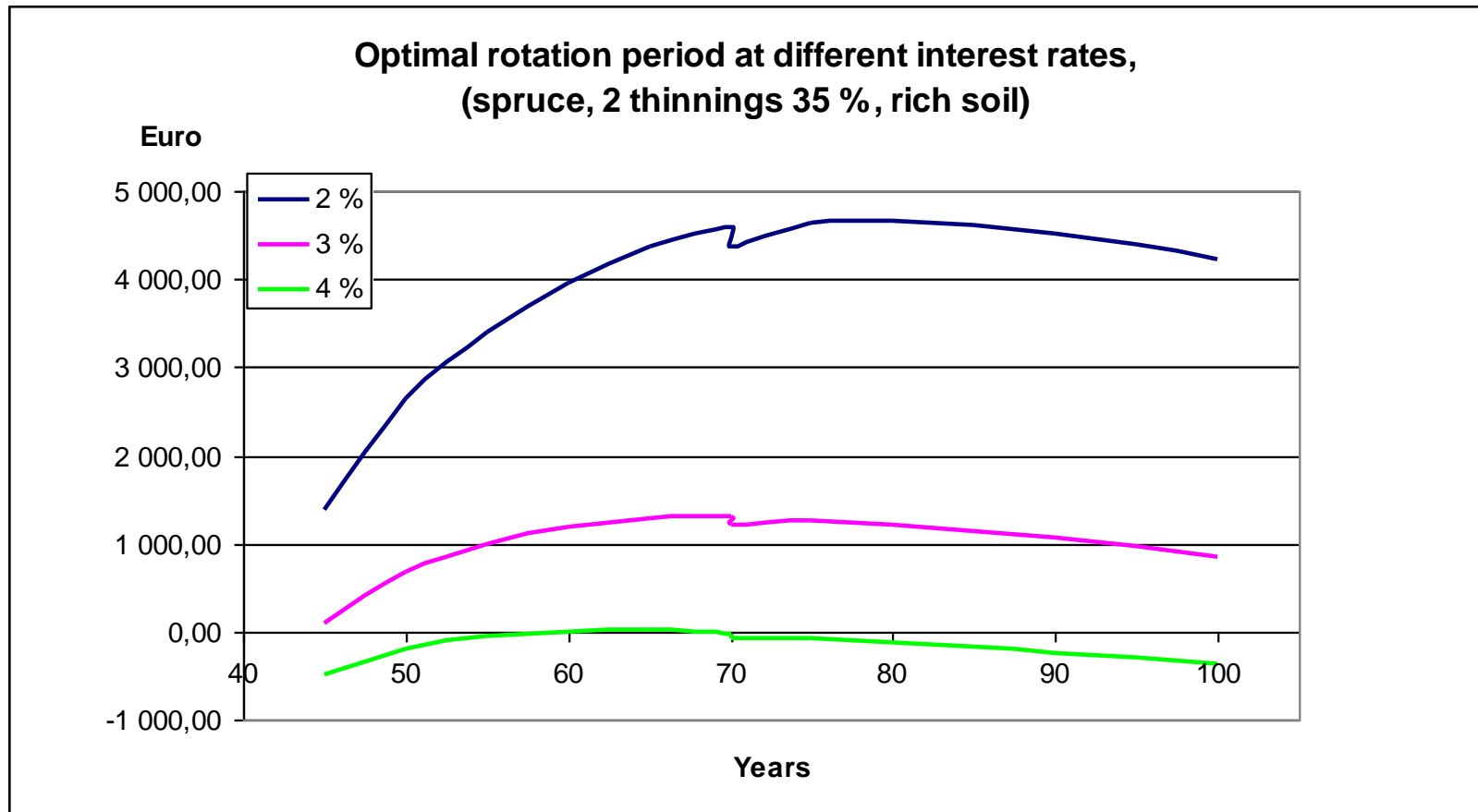
Чистая прибыль

- 18650 €
- 1300 €
- 17350 €**



Сосновый таксационный выдел в Южной Финляндии

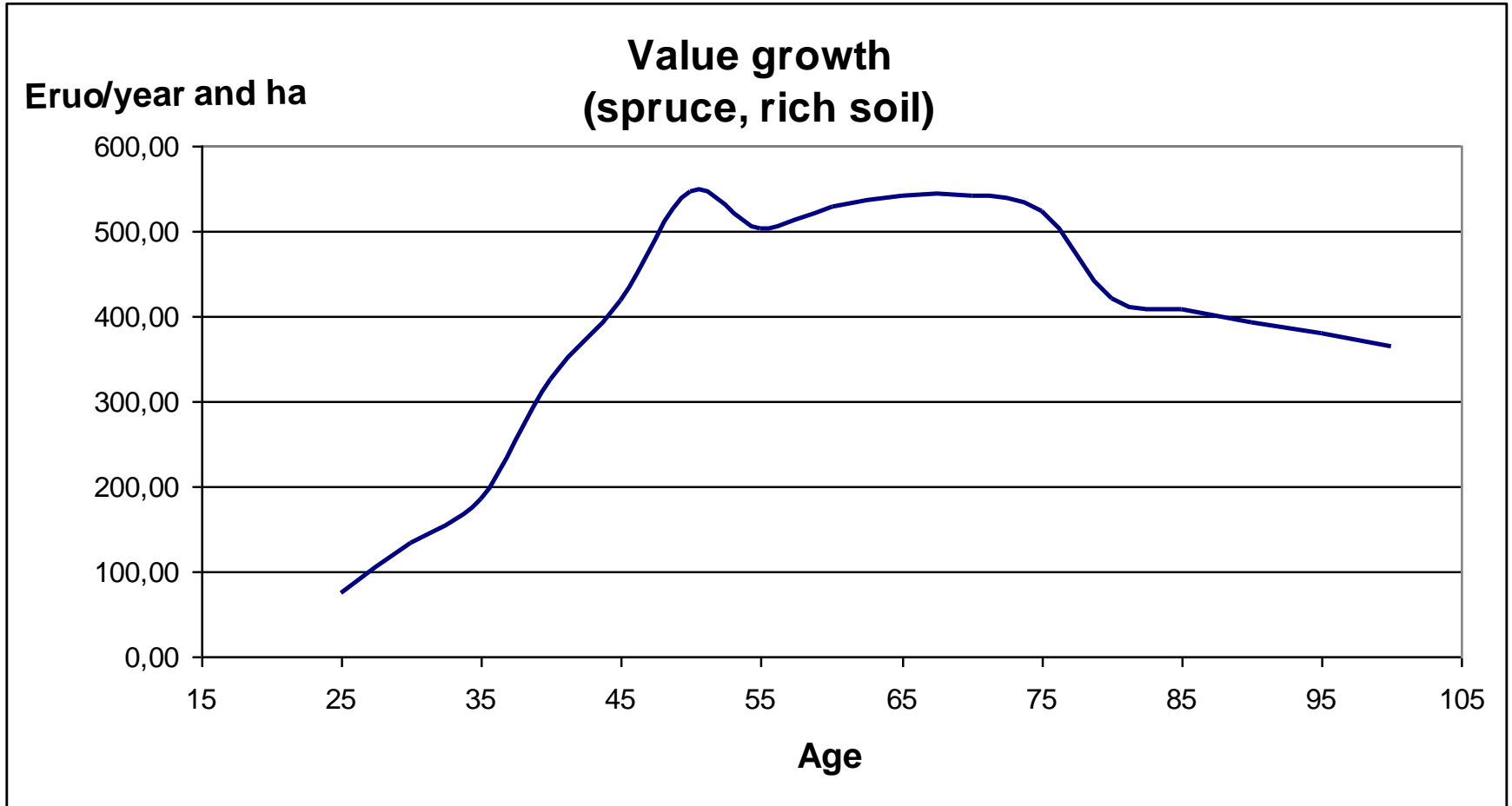
Land expectation value at different interest rates



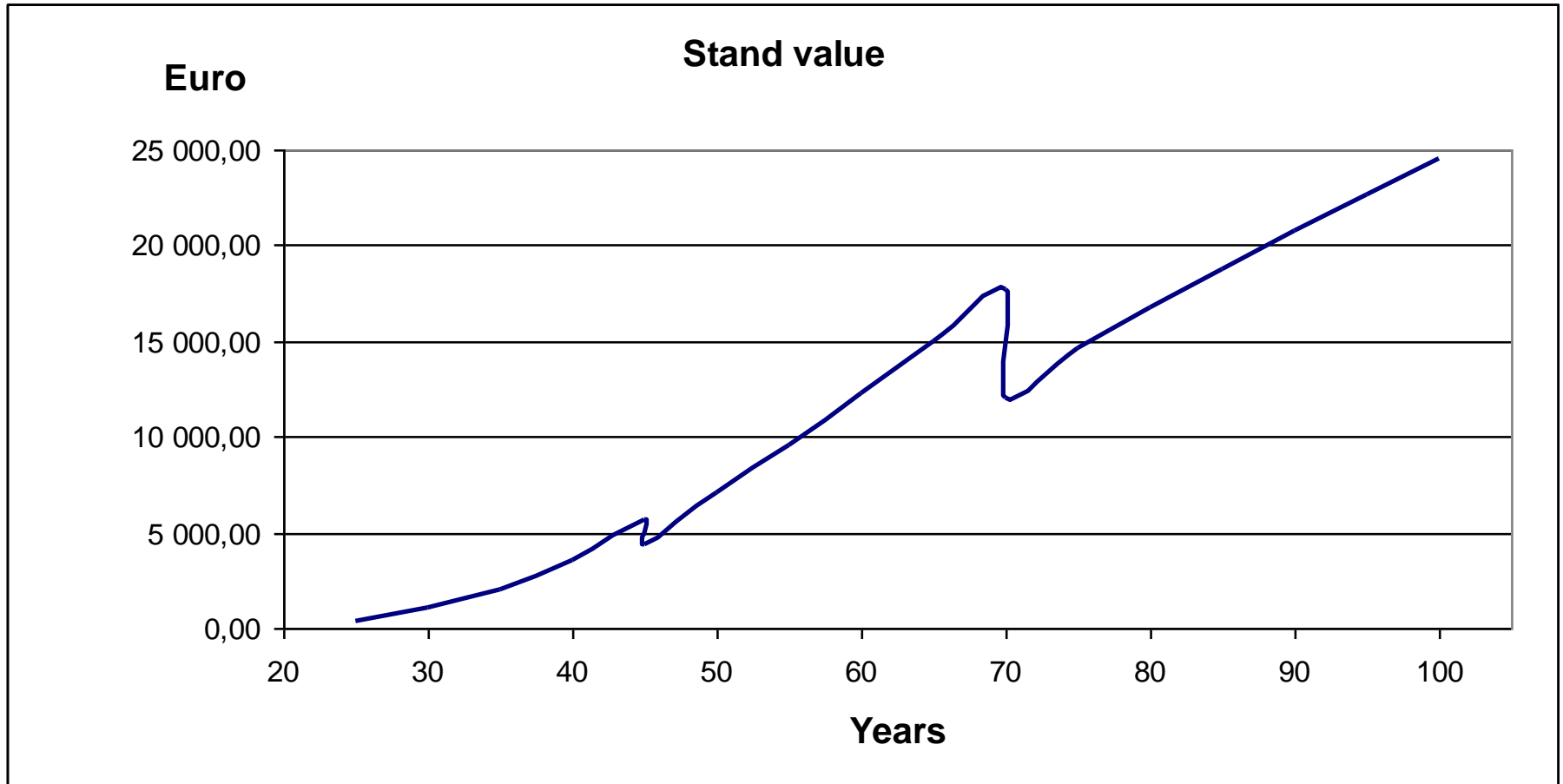
Growth according to:

Vuokila, Y., ja Väliäho, H. 1980. Viljeltyjen havumetsiköiden kasvatusmallit. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja 99.2

Value growth



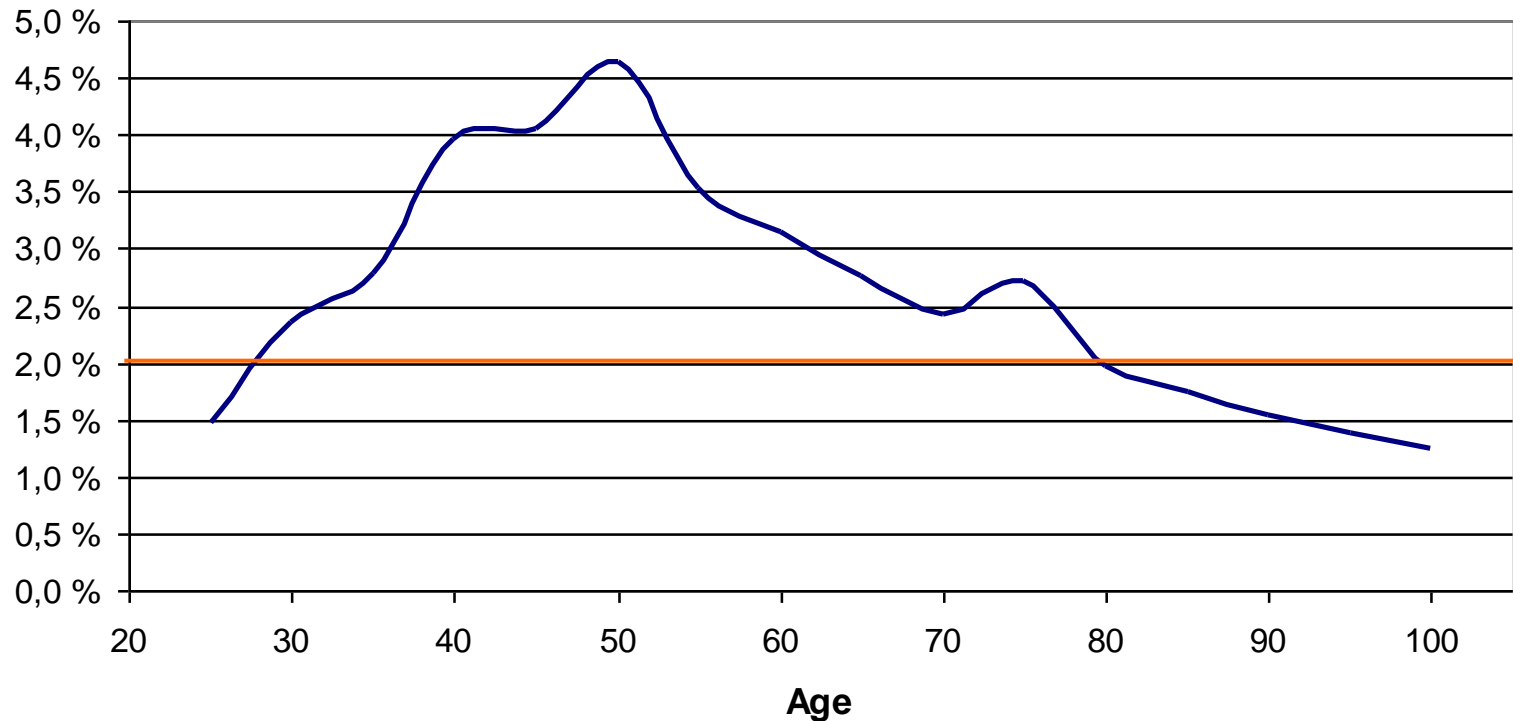
Stand value



Return on capital employed

Return on capital employed

Per cent



Технологическая сложность интенсивной модели лесного хозяйства

- Преимущества интенсивной модели лесного хозяйства реализуются только в том случае, если остающийся на доращивание запас древостоя дает дополнительный «световой» прирост.
- Для этого должны быть правильно выбраны и аккуратно, без повреждений остающихся деревьев удалены из древостоя деревья отпада в нужном количестве.
- Возникают дилеммы: уход за лесом или промежуточное пользование, рубки ухода или рубки для получения дохода.
- При неправильном проведении разреживаний могут оставаться на доращивание расстроенные древостои.

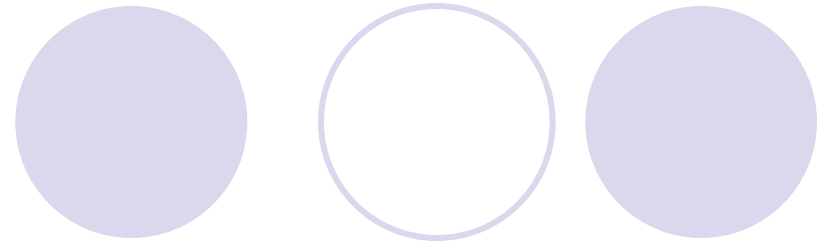
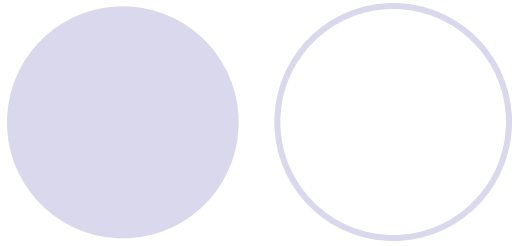
Интенсивная модель и классическое, «правильное» лесное хозяйство.

- Интенсивная модель ведения лесного хозяйства во многом совпадает с классическим, «правильным» ведением лесного хозяйства при полной реализации предписанных последним лесохозяйственных мероприятий.

Выводы



- Интенсивная модель лесного хозяйства – перспективный и единственный путь его развития.
- Она предполагает интеграцию лесного хозяйства в рыночную экономику, создание дифференцированного рынка круглого леса на корню, развитие использования низкосортной и малоценной древесины, развития лесоустройства, строительства лесных дорог.
- Наиболее полно в настоящее время интенсивная модель лесного хозяйства может быть реализована на землях, вышедших из сельскохозяйственного пользования.



**Доклад окончен,
спасибо за внимание!**