ЭНЕРГЕТИКА ХОДА РОСТА ДРЕВОСТОЕВ И ИНТЕНСИВНАЯ МОДЕЛЬ ВЕДЕНИЯ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА: БАЛАНС ПРЕИМУЩЕСТВ И ОГРАНИЧЕНИЙ.

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

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 м3/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.

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/м^3
- 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: $K=\lambda/(\gamma*b)$.

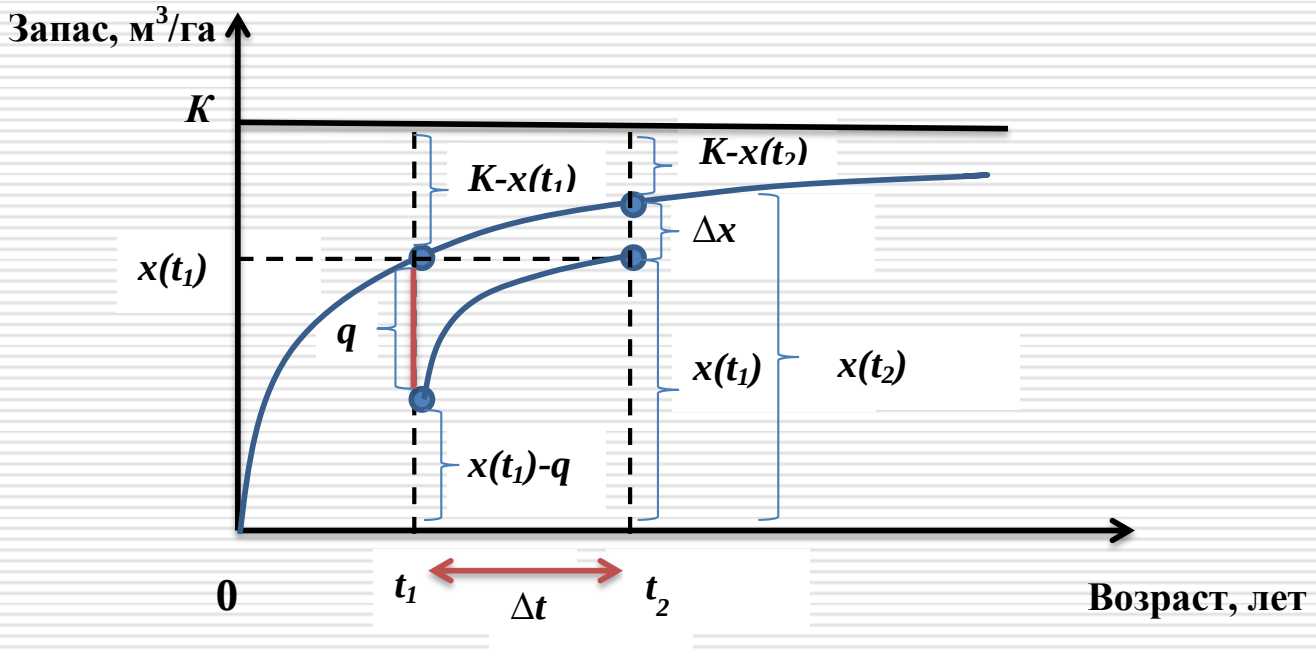
Основные приложения энергетической модели

- 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 $xq(t_2)$ и $x(t_2)$.
- 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.
- Δx – потеря запаса разреженного древостоя, по сравнению с не разреженным.

Ход роста древостоев при наличии разреживаний - 3

- «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

Общий размер пользования лесом с учетом разреживаний возрастает

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

$$= q(1 - A) = q - \Delta x > 0$$

- Таким образом, разреживание древостоев позволяет увеличить общий размер пользования лесом за счет, так называемого, «светового прироста» - увеличенного прироста древостоя, возникающего при его разреживании.
- Однако это увеличение к возрасту главной рубки сокращается на величину потери запаса по сравнению с не разреженным древостоем.

Дополнительный «световой» прирост разреженных древостоев

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

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

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 *Δt* находим из следующего равенства *xq(t2)=x(t1):*

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

- Из полученной формулы следуют 2 вывода:

1. В молодых древостоях, с малым запасом его восстановление идет быстрее.

2. Чем интенсивнее разреживание, тем дольше восстановление, при прочих равных условиях.

Интенсивность разреживаний определяется по времени восстановления запаса насаждения

- Например, интенсивность последнего разреживания *q* за 10 или 20 лет до главной рубки может быть определена на основе условия восстановления запаса к моменту главной рубки:

$$q_{20} = (K - x) * \left(e^{b*\Delta t} - 1\right)$$

Порода	Время на восстановление запаса, лет	К, м³/га	Возраст проведения проходной рубки, лет	Запас, м³/га	Интенсивность разреживания, q	
					м³/га	%
Сосна	20	772	60	300	104	35
Ель	20	861	60	300	123	41
Береза	20	592	50	270	70	34
Сосна	10	772	70	352	44	13
Ель	10	861	70	362	52	14
Береза	10	592	60	269	34	13

Общий размер пользования лесом с учетом разреживаний возрастает

- Суммарный размер пользования лесом с учетом разреживаний возрастает, но на меньшую величину, равную потере запаса к возрасту главной рубки.
- Поэтому следствием ухода за лесом (разреживаний) должны быть, прежде всего, качественные результаты, заключающиеся в получении к возрасту главной рубки древостоев с высоким выходом деловой древесины ценных сортиментов максимальной стоимости, так как увеличение общего размера пользования лесом по запасу не будет значительным.
- Например, в Швеции, в 2014 году общий объем заготовки древесины составлял 83,4 миллиона м3, из которых в результате коммерческих рубок промежуточного пользования заготовлено 12 миллионов м3 или 14,4%. Такая величина дополнительного объема заготовленной древесины от рубок ухода (10-15%) является наиболее реалистичной и практически обоснованной.

Графические нормативы обоснования рубок ухода и принятия решений

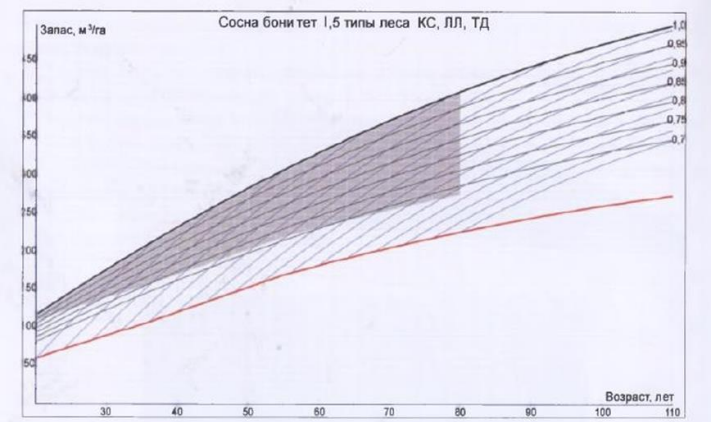


Рис. 3. Графический норматив для определения системы рубок ухода по запасу в сосняках I,5 класса бонитета.

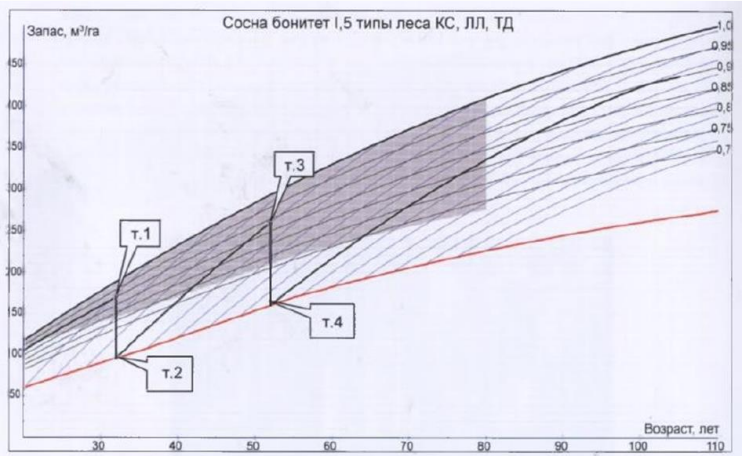
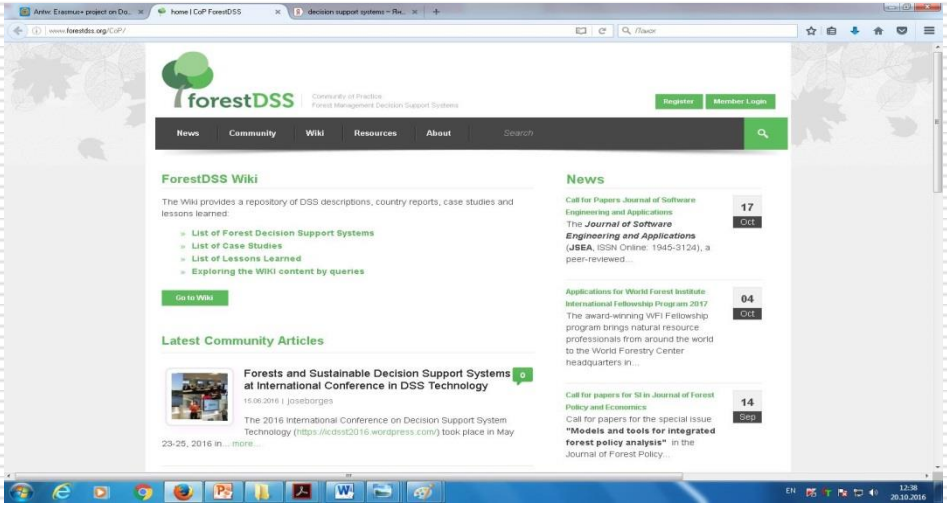


Рис. 6. Определение системы рубок ухода по запасу в сосняках I,5 класса бонитета

1. Разработка середины прошлого века.
2. Эмпирическая форма, отсутствие аналитических инструментов для расчетов сценариев динамики древостоев.
3. Статический характер.
4. Отсутствие базы для сравнения хода роста разреженных древостоев.
5. Ошибочные кривые восстановления запаса – создается впечатление, что разреженный древостой догоняет в росте не разреженный.

Системы поддержки принятия решений для лесного хозяйства



- Для оптимизации принятия решений используются специально разработанные программные комплексы, позволяющие генерировать возможные сценарии использования лесных ресурсов и выбирать оптимальный из них на основе многокритериальной оптимизации.

Институциональные, экономические и технологические аспекты интенсивной модели лесного хозяйства

- Для применения интенсивной модели лесного хозяйства необходимо:

1. Высокоточное лесоустройство по участковому методу, с разработкой для каждого выдела (группы выделов) программы лесохозяйственных мероприятий
2. Развитой, дифференцированный рынок круглых лесоматериалов на корню с существенной разницей в стоимости на ценные сортименты (например, без сучковую древесину), чтобы сделать рентабельным их выращивание
3. Развитая сеть лесных дорог, для обеспечения доступа к выделам интенсивного ведения лесного хозяйства, с максимальным расстоянием трелевки древесины 350-400 метров

Пример лесной дороги в России

Институциональные, экономические и технологические аспекты интенсивной модели лесного хозяйства - 1

4. Постоянный устойчивый спрос на малоценную, низкосортную древесину, образующуюся в результате рубок ухода,
5. Высокая технологическая культура и высокая квалификация кадров при планировании и проведения выборочных коммерческих рубок, без которой возможно получение негативных результатов в форме расстроенных древостоев
6. Достаточно высокая продуктивность древостоев, выбранных для ведения интенсивного лесного хозяйства.

Планирование на оборот рубки

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

Выводы

- Интенсивная модель организации и ведения лесного хозяйства – перспективный путь его развития.
- Для ее успешного практического применения необходимы многие политико-экономические, экономико-географические, институциональные, инфраструктурные, технологические и кадровые условия.
- Наиболее полно в настоящее время интенсивная модель лесного хозяйства может быть реализована на землях, вышедших из сельскохозяйственного пользования.

Доклад окончен, спасибо за внимание!