

Оптимизация системы рубок ухода на основе ГИС-технологий

А. С. Гершеев¹

Петрозаводский государственный университет

В работе рассматриваются проблемы применения ГИС-технологий для систем рубок ухода. Определены целевые функции лесоводственно-экономического обоснования оптимального размера промежуточного пользования, предложенные российскими и шведскими учеными.

Ключевые слова: рубки ухода, ГИС-технология, оптимизация.

ВВЕДЕНИЕ

Уменьшение запасов приспевающих и спелых лесов, особенно в европейской части России, привело к тому, что в общем объеме лесозаготовок постоянно возрастает количество древесины от промежуточного пользования. С вполне допустимым в ближайшем будущем переходом к частному лесовладению эта тенденция будет нарастать. Владелец лесного надела в независимости от форм собственности будет заинтересован не только в получении сиюминутного дохода, но и в улучшении всего цикла лесовыращивания. Следовательно, возникает проблема оптимального ухода за лесом, которая может быть реализована посредством целевых программ рубок ухода, основанных на идее неистощимого и рационального лесопользования. Применение ГИС-технологий позволит визуализировать воздействия рубок ухода, что даст возможность правильно выбрать систему рубок ухода для заданных условий произрастания древостоя.

АНАЛИЗ РУБОК УХОДА

Рубками ухода называют удаление части деревьев из молодых и средневозрастных древостоев с целью улучшения их состава и качества. Рубки ухода - одно из основных лесохозяйственных мероприятий, направленных на формирование высокопродуктивных и устойчивых лесных фитоценозов. Это связано с рядом обстоятельств:

- улучшение состава древостоев, предотвращение хозяйственно нежелательной смены пород, в таежной зоне - смены хвойных пород лиственными;
- улучшение товарной структуры древостоев за счет увеличения доли крупной древесины в итоговом запасе и большей однородности этого запаса, что является в современных условиях важным технологическим преимуществом;

- уменьшение времени лесовыращивания или возраста технической спелости за счет улучшения товарной структуры;
- увеличение размера пользования древесиной с единицы площади;
- улучшение санитарного состояния древостоя;
- повышение устойчивости насаждений против повреждений ветром и снегом;
- улучшение качества (сортности) древесины;
- усиление биосферных функций и социальной роли леса.

Положительные последствия рубок являются потенциальными. Их можно ожидать только при соблюдении следующих обязательных условий:

- своевременное начало рубок, так как если искусственный отбор запоздал, то произойдет естественный, который не совпадает с хозяйственными интересами;
- регулярное повторение рубок, так как при восстановлении полноты в древостое вновь появляются сухостой, угнетенные, поврежденные и больные экземпляры, то есть вновь искусственный отбор сменяется естественным;
- соблюдение рационального режима рубок, так как если проводить уход слабо и редко, то от него будет мало пользы, потому что условие регулярности не будет выполнено. Если проводить уход часто и сильно, то можно довести древостой до состояния редины, снизить его производительность, ухудшить качество древесины. Поэтому нужно установить оптимальный режим, согласованный с темпами роста древостоя, хозяйственной задачей и технологическими условиями работы.

Некоторые отрицательные последствия рубок ухода будут иметь место при самой аккуратной работе с соблюдением вышеперечисленных условий и действующих правил. К ним относятся:

- повреждение оставляемого древостоя при валке и трелевке деревьев. Хорошие машины и рациональная технология позволяют лишь уменьшить количество повреждений;
- уплотнение, пересыхание и другие нарушения почвы после прохода машин. Это приводит к нарушению водного и воздушного режима почвы и в совокупности с повреждением деревьев к уменьшению прироста древостоев. По этим причинам весьма существенное значение имеют исследования в области технологии и механизации

¹ Автор - аспирант кафедры тяговых машин

рубков ухода, направленные на уменьшение вредных последствий;

- ухудшение местообитания охотничьей и прочей фауны. Можно уменьшить наносимый вред, ограничив рубки по сезону, концентрируя по блокам кварталов, увеличивая площади заповедников.

Длительные эксперименты показали, что улучшения товарной структуры запаса и качества древесины можно добиться только в результате своевременного начатых и регулярно повторяемых рубок. Слишком раннее начало необоснованно увеличивает трудозатраты на уход, а задержка с очередным уходом и главной рубкой уменьшает эффективность прежней работы. Нужен достаточный минимум повторений с обоснованными сроками и соответствующей интенсивностью. Иными словами, режим рубок нужно согласовать с темпами роста и восстановления запаса древостоев и при этом учесть экономические и технологические аспекты. Уход нужно проводить расчетливо. Каждый заход в лес для рубки с современными машинами нужно хорошо обосновать к месту, времени и цели работы.

Для этого предлагаются программы рубок ухода. Программа - это набор показателей, регламентирующих рубку, для достижения заданной цели наименее трудоемким способом. Программы нужны, во-первых, для управления режимом рубок в каждом случае и, во-вторых, для планирования работ по уходу за лесом и по использованию полученной древесины.

Программы должны быть основаны на экспериментальных таблицах или моделях хода роста древостоев, в которых проводился регулярный уход. Но поскольку экспериментов достаточной длительности очень мало, нужно использовать местные таблицы хода роста древостоев и внести в них поправки на последствия рубок. Эти поправки можно взять из опытов или данных, полученных другими исследователями.

Все многообразие программ рубок ухода может быть сведено к двум разновидностям [2]. В первом случае основными являются показатели вырубаемой части древостоя, во втором - показатели древостоя, оставляемого после рубки. Существенным преимуществом программ первого типа является их адаптивность, позволяющая "копировать" ход роста конкретного древостоя, максимально использовать его продуктивность. Недостатки программ данного типа заключаются в отсутствии критериев оценки качества выращиваемого древостоя и необходимости закладки серии контрольных пробных площадей. Достоинства программ второго типа - наличие системы критериев оценки качества формируемого древостоя, возможность ограничения количества контрольных пробных площадей. Отрицательный момент в программах этого типа заключается в "шаблонности" режима ухода.

Поэтому целесообразно сочетать оба принципа составления программ.

ОПТИМАЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ РУБКИ УХОДА

Цель лесного хозяйства состоит в том, чтобы вырастить больше древесины не только как можно быстрее, но и как можно экономичнее в условиях различных ограничений. Учитывая, что рубки ухода значительно дороже сплошных рубок [4], имеем многоцелевую проблему принятия оптимальных решений. Научно обоснованный подход к принятию решений в лесном хозяйстве более важен, чем в каких-либо других сферах экономической деятельности. Это связано в первую очередь с длительным периодом лесовыращивания. Поэтому правильно принятое решение для лесовладельцев играет очень важную роль. При принятии оптимальных решений по обоснованию программ изреживания и (или) технологического оборудования и (или) метода технологии работ рекомендуется при выборе целевой функции использовать один из методов свертывания целей, как правило, метод главной компоненты или метод комплексного критерия. При использовании метода комплексного критерия показатель качества и эффективности рассматривается в виде экономического эффекта (в формах дисконтированного дохода, внутренней нормы прибыли, прибыли за весь период выращивания древостоя), а при использовании метода главной компоненты - в виде показателя продуктивности.

В качестве примера приведем целевую функцию $W(t)$ лесоводственно-экономического обоснования оптимального размера промежуточного пользования, предложенную А. Г. Мошкалевым [1] и целевую функцию $Z(t)$, разработанную шведскими учеными П. Викстремом и Л. О. Эрикссоном для решения проблемы управления древостоем. Природно-климатические условия европейской части России и Швеции сходны, поэтому интересно познакомиться с методами оптимизации, которые применяются в Швеции.

Рассмотрим целевую функцию А. Г. Мошкалева [1]:

$$W(t) = P(t) - T(t) - E[0.01DA(t) + B(t)] - C(t) - S(t) - Z(t) + X(t), \quad (1)$$

где P - преискуртанная стоимость лесопродукции от рубок ухода;

T - таксовая стоимость древесины на корню;

E - коэффициент экономической эффективности капиталовложений;

A - капиталовложения на строительство новых дорог;

D - часть расходов на строительство дорог, относимая за счет рубок ухода;

B - капиталовложения на рубки ухода;

C - себестоимость заготовки и перевалки древесины;

S - себестоимость вывозки древесины и содержания дорог;

Z - сокращение суммы приведенных затрат на ввоз древесины из других областей за счет рубок ухода;
X - лесоводственный эффект от рубок ухода.

Расчет оптимального варианта объема промежуточного пользования (t) делается на 10 лет.

Целевая функция, разработанная шведскими учеными:

$$Z(t) = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^m c_i(t) \cdot v_i(t) \cdot \delta(t) - \sum_{i=1}^r y(t) \cdot F \cdot \delta(t) - \sum_{j=1}^6 P_j \quad (2)$$

$$c_i(t) = x_i(t) \cdot n_i(t) \quad \forall i, t \quad (3)$$

$$n_i(t+1) = (n_i(t) - c_i(t)) \cdot (1 - \eta[c(1), \dots, c(t) | n(1)]) \quad (4)$$

$$\forall i, t = \{1, \dots, \tau\} \quad (4)$$

$$v_i(t) = v_{it}[c(1), \dots, c(t-1)] \quad \forall i, t \quad (5)$$

$$P_j = P_j[c(1), \dots, c(\tau)] \quad \forall j \quad (6)$$

$$0 \leq x_i(t) \leq y(t) \quad \forall i, t \quad (7)$$

$$y(t) = \{0, 1\} \quad \forall i, t, \quad (8)$$

где m - число типов деревьев;
τ - число планируемых периодов;
c_i(t) - число типа деревьев i, вырубленных на определенной территории за период времени t;
v_i(t) - чистая выручка от дерева i, вырубленного за период времени t, заданная как функция v_{it}[] ранее срубленного;
δ(t) - ставка дисконта для периода времени t;
F - установленная цена лесозаготовок;
P_j - штрафная функция для свойств древостоя или административных ограничений j, заданная как функция P_j[] рубок;
x_i(t) - доля деревьев типа i, вырубленных за период времени t;
y(t) - значение равно 1, если ∑_i c_i(t) > 0, иначе равно 0;
η[] - коэффициент естественных потерь, задаваемый как функция ранних рубок;
n_i(t) - число деревьев на определенной территории типа i за период времени t;
n_i(1) - начальное число деревьев типа i.

Экономические показатели, несомненно, помогают проектировщику оценивать ведение лесохозяйственной деятельности. Однако использование таких целевых функций целесообразно лишь при стабильной экономической ситуации в государстве.

В настоящее время в России осуществляется переход экономики на рыночные отношения, при которых цена на лесопroduкцию определяется в первую очередь спросом и предложением. Следовательно, прекращается долговременное использование ранее стабильных составляющих по стоимости лесопroduкции, таковой стоимости древесины на корню и др. Если добавить сюда неуправляемый рост инфляции, то становится понятно, что использование только экономических показателей и соответственно метода свертывания целей в форме главной компоненты затрудняет получение достоверного оптимального

решения. Поэтому некоторые ученые [4] рекомендуют ограничиться величинами, выраженными в натуральных показателях: объемом главного Vcl и промежуточного Vth пользования по обезличенной W₀ или деловой древесине W_ц:

$$W_0 = Vcl_0 + \sum_{i=1}^n Vith_0,$$

$$W_{ц} = Vcl_{ц} + \sum_{i=1}^n Vith_{ц},$$

где n - количество изреживаний.

Для решения этой задачи предлагается использовать закономерности изменения текущего прироста по запасу от полноты, возраста и уровня производительности древостоя, нормативы хода роста нормальных древостоев, а также региональные наставления, правила по рубкам главного и промежуточного пользования [3, 4]. Однако в такой постановке решение, как правило, очевидно - желательно начинать рубки как можно раньше и проводить их как можно чаще с такой интенсивностью, чтобы к следующему приему рубки запас древостоя был бы полностью восстановлен. Такая программа, конечно, требует огромных материальных и финансовых затрат, что в настоящее время для лесовладельцев России "не по карману". Следовательно, целесообразно искать оптимальное решение исходя из соображений многоцелевого характера поставленной задачи, т. е. при выборе наилучшего варианта на этапе внешнего (долгосрочного) проектирования будут учитываться как экономические показатели, так и показатели продуктивности.

На этапе предварительного (краткосрочного) проектирования, учитывая, что лесопромышленное производство наиболее приближено к природной среде, необходимо принять во внимание и экологический показатель - повреждаемость растущего древостоя при машинной заготовке, который непосредственно связан с такими важными технологическими показателями, как производительность и доступность намеченных в рубку деревьев.

ПРИМЕНЕНИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИИ

Современная ГИС - это автоматизированная система, имеющая большое количество графических и тематических баз данных, соединенная с модельными и расчетными функциями для манипулирования ими и преобразования их в пространственную картографическую информацию для принятия на ее основе разнообразных решений и осуществления контроля.

Существо ГИС - это способность связывать с картографическими объектами некоторую описательную, атрибутивную информацию (в первую очередь алфавитно-цифровую, иногда также и иную графическую, звуковую и т. д.). Обычно алфавитно-цифровая атрибутивная информация организуется в виде таблиц

реляционной СУБД. В общем случае каждому графическому объекту (обычно выделяют точечные, линейные и площадные объекты) ставится в соответствие строка таблицы - запись в БД.

ГИС обладает хорошими средствами анализа данных, на основе результатов которого может быть построена новая карта, написан отчет, созданы базы географических данных. Информация в ГИС предназначена для длительного хранения, допускается подготовка данных и переброс их в другую систему.

ГИС обладает развитыми средствами анализа данных, практически всегда в ней используются различные математические модели, при помощи которых можно создавать карты с новым содержанием.

Использование ГИС-технологии при проектировании программ рубок ухода позволит спрогнозировать дальнейшее развитие древостоя и визуализировать результаты анализа. Возможности ГИС-технологии позволяют задать различные начальные условия произрастания древостоя и определить изменения, происходящие с древостоем после осуществления разных программ рубок ухода. Анализ воздействия поможет выбрать наиболее оптимальную программу рубок ухода, что позволит получить максимальный доход и обеспечить неистощимое лесопользование.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рубки ухода являются одним из основных лесохозяйственных мероприятий. Требования более рационального и неистощимого лесопользования и сокращение объемов спелого леса в европейской части России приводят к тому, что количество заготавливаемой древесины посредством рубок ухода возрастает ежегодно.

Поэтому прогнозирование и моделирование воздействий программ рубок ухода является одной из приоритетных задач рационального лесопользования.

Кроме того, при решении оптимизационной задачи по обеспечению качества и надежности всей лесной экологической технико-технологической системы в целом посредством ГИС-технологии появляется возможность для конкретного выдела подбирать наиболее адаптированные программы рубок ухода при долговременном проектировании и систему лесных машин для ее выполнения при кратковременном (предварительном) проектировании.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мошкалева А. Г. и др. Лесоводственно-экономическое обоснование размера промежуточного пользования: Методические указания. Л.: Изд-во ЛенНИИЛХ, 1980. 83 с.
2. Сеннов С. Н. Уход за лесом. М.: Лесная промышленность, 1984.
3. Оптимизация рубок ухода в условиях Европейского Севера. Л.: Изд-во ЛТА, 1977. 56 с.
4. Андреев В. Н., Герасимов Ю. Ю. Повышение качества и надежности манипуляторного технологического оборудования лесных машин при проектировании. Петрозаводск, 1995. Ч. 1 - 2. 151 с.: ил.