

2. Кравцов С.Л. Обработка изображений дистанционного зондирования Земли (анализ методов) / С.Л. Кравцов. – Минск: ОИПИ НАН Беларуси, 2008. – 256 с.

3. Чандра, А.М. Дистанционное зондирование и географические информационные системы / А.М. Чандра, С.К. Гош; пер. с англ. А.В. Кирюшина. – Москва: Техносфера, 2008. – 307 с.

4. Капралов, Е. Г. Геоинформатика: учеб. для студ. высш. учебн. заведений / Е. Г. Капралов [и др.]; под ред. В.С. Тикунова – 2-е изд. – М.: Академия, 2008. – 384 с.

THEMATIC PROCESSING OF SATELLITE REMOTE SENSING DATA FOR MAPPING AND MONITORING OF FOREST LAND

Pushkin A.A.

Modern approaches of the thematic interpretation of satellite remote sensing data, and especially their application to forest lands are considered. The basic stages of the technique of thematic interpretation of forest land based on the developed software, and description of statistical tests of separability available classes of objects are presented in this work.

The results of experimental work of the thematic interpretation of forest lands Dismensky forest enterprise based on ALOS AVNIR satellite remote sensing data, separation coefficients of the interpretations thematic classes are presented in this article.

Статья поступила в редколлегию 23.04.2011 г.



УДК 630*562.2

ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ НОРМИРОВАНИЯ ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕКУЩИМ ПРИРОСТОМ ПО ЗАПАСУ СОСНОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС «ЛЕСНЫЕ РЕСУРСЫ»

Сидельник Н.Я.

*Белорусский государственный технологический университет
(г. Минск, Беларусь)*

На основе разработанной лесотаксационной модели прироста по запасу сосновых древостоев, был рассчитан текущий прирост сосновых лесов Логойского, Полоцкого, Лунинецкого лесхозов с использованием ГИС «Лесные ресурсы». Выполнен расчет экономического

эффекта нормирования лесопользования текущим приростом по запасу сосновых древостоев с использованием ГИС «Лесные ресурсы». Рассчитан индекс возрастной структуры сосновых лесов.

ВВЕДЕНИЕ

В соответствии с Лесным кодексом Республике Беларусь лесопользование должно быть непрерывным и неистощительным. Лесопользование включает главное, промежуточное пользования древесиной и прочие рубки леса. Прирост по запасу древостоев можно использовать для нормирования лесопользования. Использование показателей прироста по запасу создает предпосылки для планирования, прогнозирования и контроля лесопользования, обеспечение принципа непрерывности, неистощительности и рациональности лесопользования.

Лесопользование является регулирующим фактором, обеспечивающим стабильность динамического состояния лесного фонда и создание в хозяйственной единице оптимального нормального леса, характеризующегося наиболее оптимальной возрастной структурой при реальных экономических и лесорастительных условиях. В нормальном высокоинтенсивном хозяйстве для расчета годичного размера лесопользования необходимо располагать данными об естественном отпаде за весь период роста древостоя, что невозможно при расчете изменения запаса, которое не отражает фактическую производительность лесов, т.к. не учитывается отпад, который можно использовать при промежуточном лесопользовании или системе выборочных рубок.

При относительно равномерном распределении древостоев по группам возраста общий размер лесопользования должен составлять 70–80 % текущего годичного прироста по запасу древостоев. Если общий размер фактического лесопользования по всем видам рубок леса превышает текущий прирост по запасу древостоя, то это ведет к истощению лесов [1].

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектами исследования явились сосновые леса Логойского, Полоцкого, Лунинецкого лесхозов. Был рассчитан текущий прирост по запасу сосновых древостоев лесхозов для нормирования лесопользования с использованием ГИС «Лесные ресурсы». Для определения величины текущего прироста по запасу в ГИС «Лесные ресурсы» целесообразно использовать модели связи. Для расчета величины текущего прироста был оценен ряд сложных регрессионных уравнений с несколькими переменными ($R^2 = 0,51-0,96$). В результате множественного регрессионного анализа получена модель [2]:

$$Z_M = 10^{b_0} \times M^{(b_1 + b_2 \times \lg(A))} \quad (1)$$

где

Z_M – показатель прироста, $\text{м}^3/\text{га}$ (%);

M – запас древостоя, $\text{м}^3/\text{га}$; A – возраст древостоя, лет.

Данное уравнение использовалось для оценки величины относительного и абсолютного текущего прироста в разрезе одной древесной породы по классам бонитета. ($S = 0,03-0,09$; $F = 3802,54-29692,05$; $R^2 = 0,90-0,98$) [2].

Все исходные данные для анализа использования величины прироста по запасу (нормирования) представлены в ГИС «Лесные ресурсы» в базе данных формата dBASE, которая формируется на основании повыведельной базы данных ГИС «Лесные ресурсы». Данная таблица формируется при помощи запроса к повыведельной базе данных ГИС «Лесные ресурсы» и экспорта результатов в MS Excel. Предварительно в ГИС «Лесные ресурсы» формируются массивы для составления таблицы исходных данных в соответствии с выбранными объектами расчета. Для выбора таксационных выделов, удовлетворяющих вышеуказанным параметрам составляется фильтр запроса к повыведельной базе данных [2]. После выполнения запроса все таксационные выдела, удовлетворяющие введенному запросу, будут отселектированы в ГИС «Лесные ресурсы», т. е. выделены белым цветом по контуру (рисунок 1).



Рисунок 1 – Выбор таксационных выделов для анализа использования прироста по запасу в ГИС «Лесные ресурсы»

После выбора объектов анализа создается таблица исходных данных, которая содержит следующие поля: лесничество, номер квартала, номер выдела, преобладающая порода, возраст, бонитет, средняя высота, средний диаметр, тип леса, полнота, класс возраста, класс товарности, средний прирост, текущий прирост, запас на 1 га, запас на выделе.

Создание таблицы исходных данных выполняется с использованием программной функции ГИС «Лесные ресурсы» – «Генератор отчетов по повыведельной базе данных». Для этого создается форма отчета, содержащая необходимые поля, куда будут выводиться запрашиваемые значения показателей из повыведельной базы данных и строка условия выбора. Создание формы отчета выполняется в программном приложении MS Excel.

Поскольку все значения показателей в повыведельной базе данных ГИС «Лесные ресурсы» хранятся в кодах СОЛИ (системы обработки лесоустроительной информации), то и при заполнении формы генерируемого отчета все показатели должны быть представлены в кодах СОЛИ (рис. 2). Для генерации исходных данных при составлении формы отчета в ГИС «Лесные ресурсы» задается строка условия вида: *repeat until ([SKNR]<>0)*. В соответствии с данным условием ГИС обрабатывает повыведельные базы данных выделов, пока в поле «номер выдела» будет стоять какое-нибудь значение, т. е. исключаются из отбора дороги, квартальные просеки и т. д.

Сформированный таким образом в MS Excel шаблон отчета сохраняется в базе данных ГИС «Лесные ресурсы», в папке *Report/Go* объекта расчета (рисунок 2).

Данные для анализа использования величины прироста															
Плотность	Класс выдела	Возраст выдела	Преобладающая порода	Возраст (лет)	Бонитет	Высота (м)	Диаметр (см)	Тип леса	Плотность	Класс возраста	Класс годового прироста (м)	Средний прирост (м)	Текущий прирост (м)	Запас на 1 га (м³)	Запас на выделе (м³)
[G6]	[P3]	[SKNR]	[PL]	[VNR]	[BON]	[H]	[D]	[MTR]	[LSP-A]	[KCL]	[TRSP]	[SMAX]	[SMD]	[TOTLRTM]	[S'UB]

Рисунок 2 – Шаблон для генерирования исходных данных выделов для анализа использования прироста по запасу из повыведельной базы данных ГИС «Лесные ресурсы»

Для анализа отклонений возрастной структуры древостоев от «нормальной» и анализа произошедших в ней изменений используют индекс возрастной структуры (J_b). Методика расчета индекса приведена в российской лесоустроительной инструкции (1991):

$$J_b = 1 - \frac{\sum_{j=1}^n |S_j^T - S_j^\Phi|}{2 \times S_n} \quad (2)$$

где S_j^T – теоретическая площадь j -го класса возраста сосновых древостоев при «нормальной» возрастной структуре, га;

S_j^Φ – фактическая площадь сосновых древостоев j -го класса возраста, га; S_n – общая площадь сосновых древостоев, га.

В данной работе выполнен анализ использования текущего годовичного прироста при ежегодном размере лесопользования и при использовании го-

дичного прироста по запасу на 50 %. Экономический эффект использования годовичного прироста сосновых лесов:

$$\mathcal{E}_n = \sum_{i=1}^n (M'_O \times t_o - M'_B \times t_o), \quad (3)$$

где \mathcal{E}_n – экономический эффект, млн. руб., M_O и M_B – общий фактический запас сосновых насаждений при использовании текущего годовичного прироста по запасу на 50 % (M_O) и фактическом (M_B) вариантах лесопользования, тыс. м³; t_o – таксовая цена древесины (средняя деловая древесина 2 разряд такс), руб./м³.

Экономический эффект оптимизации возрастной структуры сосновых насаждений лесхозов рассчитывался на основании такс «Таксы на древесину лесных пород, отпускаемую на корню», действующими с февраля 2008 года. В расчетах использовалась таксовая цена средней деловой древесины второго разряда такс (22 950 руб./м³) [3].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате неумеренной в прошлом лесозэксплуатации, леса Беларуси имеют неравномерную возрастную структуру. В них преобладают средневозрастные древостои, что ограничивает современное лесопользование. Объем промежуточного лесопользования сегодня существенно ниже естественного отпада. Это ведет к интенсивному накоплению мелкотоварной древесины в лесах. Общий годовой текущий прирост лесов страны по запасу с каждым годом растет и составляет в настоящее время около 28 млн. м³, а общий размер лесопользования равен 13–14 млн. м³, т.е. 50 % прироста.

Особое значение динамики прироста и отпада приобретает в условиях возрастающей интенсивности лесного хозяйства, когда встает перед отраслью вопрос интенсификации рубок ухода за лесом в связи с дефицитом спелых лесов. При переходе на выборочные рубки леса вопрос использования отпада приобретает новое значение. В отличие от сплошнолесосечной формы ведения хозяйства при несплошных рубках леса вырубает отдельные деревья, совмещая рубки главного лесопользования и рубки ухода за лесом. В этом случае расчет годовичного лесопользования можно регулировать текущим приростом по запасу древостоев [4]. Разработаны методики расчета лесопользования с учетом величины прироста [4, 5].

Литовские ученые разработали модель расчета размера главного пользования на почвенно-типологической основе с целью выравнивания возрастной структуры лесов и оптимизации их породного состава (Дялтувас, Мишейкис, 1975) [4, 7]. В работах финских ученых P. Kilkki, U. Vaisanen, R. Pokalo наблюдается подход, по которому на ЭВМ имитируются оптимальные схемы ухода в древостое и оптимальный уровень растущего запаса, соответствующий максимальному текущему приросту [8, 9]. В Финляндии текущий годовичный прирост лесов составляет около 56 млн. м³, а общий размер пользования – 50 млн. м³ (около 80 % прироста). Годовой размер пользования древесиной рассчитывается по каждому лесничеству и округу в целом. Определяется текущий при-

рост, и прогнозируются будущие соотношения между приростом, запасам и заготовкой древесины.

Древостои могут иметь большой запас и годичный прирост, но отсутствие в нем древостоев старших классов возраста, приводит к уменьшению лесопользования. Соотношение прироста по запасу и оптимального размера пользования зависит от возрастной структуры лесов, т. е. характера распределения древостоев по классам возраста [10, 11, 12]. В этом и наблюдается рациональное лесопользование, и поэтому желательно располагать сведениями о величине прироста по запасу по группам и категориям защитности лесов. Наиболее оперативно получить данные о приросте по запасу можно с использованием ГИС-технологий.

ГИС-технологии можно использовать также для установления очередности назначения участков спелого леса в рубку, которая зависит от ожидаемой величины текущего прироста при планировании главного лесопользования. ГИС «Лесные ресурсы», в базе данных которых есть показатели прироста по запасу, позволяют оперативно находить данные о низкопродуктивных древостоях.

Текущий прирост по запасу сосновых древостоев получили по лесотаксационной модели прироста (1), в зависимости от породы, класса бонитета, среднего возраста и запаса древостоя. Полученные значения абсолютного текущего прироста приводились к полноте выдела, его площади и использовались в дальнейших расчетах (табл. 1).

Таблица 1 – Текущий среднепериодический прирост по запасу сосновых древостоев

Наименование лесхоза	Площадь сосновых насаждений, га	Текущий прирост, м ³	
		годичный	на 1 га
Логойский	58369	358386	6,14
Полоцкий	29652	152411	5,14
Лунинецкий	43925	266625	6,07

В сосновых лесах Логойского лесхоза наблюдается наибольший ежегодный текущий среднепериодический прирост по запасу (табл. 1), который составил 358,4 тыс. м³ (6,14 м³/га), что связано с преобладанием средневозрастных насаждений с максимальным текущим приростом. Наименьший текущий среднепериодический прирост по запасу наблюдается в сосновых лесах Полоцкого лесхоза – 152,4 тыс. м³ (5,14 м³/га), что связано с более высоким процентом приспевающих и спелых сосновых насаждений, у которых наблюдается уменьшение ежегодного прироста по запасу.

В «нормальных» древостоях промежуточное пользование приближено к величине отпада. В табл. 2 приведено использование текущего прироста по запасу по отношению к ежегодному размеру главного и промежуточного пользования.

Наименьшее использование текущего годового прироста наблюдается в сосновых древостоях Логойского лесхоза 12,1 % (связано с не-

большим процентом спелых сосновых лесов и тем, что давно не проходило базовое лесоустройство), наибольшее – в Лунинецком – 30,7 %. Аналогичное использование среднего прироста по запасу – 13,7 и 36,6 % соответственно. Полученный процент использования текущего прироста в насаждениях, назначенных в рубки ухода, получен при проектировании рубок ухода по действующим «Правилам рубок леса в Республике Беларусь».

Таблица 2 – Использование текущего прироста по запасу в сосновых лесах

Наименование лесхоза	Главное пользование, тыс. м ³	Промежуточное пользование, тыс. м ³	Ежегодный размер лесопользования, тыс. м ³	Текущий годичный прирост, тыс. м ³	Использование текущего прироста, %
Логойский	24,4	19,1	43,5	358,4	12,1
Полоцкий	35,6	8,4	44,0	152,4	28,9
Лунинецкий	38,9	43	81,9	266,6	30,7

Для анализа отклонений возрастной структуры древостоев от «нормальной» и анализа произошедших был рассчитан индекс возрастной структуры на основании формулы (2).

В Логойском лесхозе индекс возрастной структуры сосновых лесов составил 0,75 и 0,78 для первой и второй группы лесов соответственно (в целом 0,76); в Полоцком – 0,71 и 0,77 для первой и второй группы лесов соответственно (в целом 0,72); в Лунинецком – 0,78 и 0,82 для первой и второй группы лесов соответственно (в целом 0,80).

С использованием рассчитанной величины текущего прироста по запасу сосновых лесов лесхозов, был получен экономический эффект (формула (3)) нормирования лесопользования сосновых лесов текущим приростом по запасу, при его использовании на 50 % (таблица 3).

Таблица 3 – Экономический эффект нормирования размера главного и промежуточного пользования текущим приростом по запасу сосновых лесов

Показатели	Лесхозы		
	Логойский	Полоцкий	Лунинецкий
Размер лесопользования, тыс. м ³			
– ежегодный	43,5	44	81,9
– оптимальный (50 % прироста)	179,2	76,2	133,3
Экономическая оценка размера лесопользования, млн. руб.			
– ежегодный	998,3	1009,8	1879,6
– оптимальный (50 % прироста)	4112,5	1748,9	3059,5
Годовой экономический эффект, млн. руб.	3114,2	739,1	1179,9

Годовой экономический эффект нормирования лесопользования в сосновых древостоях при использовании годичного прироста по запасу на 50 % составит по Логойскому лесхозу – 3,1 млрд. руб., Полоцкому – 0,7 млрд. руб., Лунинецкому – 1,2 млрд. руб. Для повышения использования текущего прироста по запасу сосновых древостоев необходимо увеличить интенсивность рубок ухода.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассчитан текущий среднепериодический прирост по запасу сосновых древостоев, на основании разработанной ранее лесотаксационной модели прироста по запасу, в зависимости от породы, класса бонитета, среднего возраста и запаса древостоя. Наибольший ежегодный текущий среднепериодический прирост по запасу сосновых древостоев составил в сосновых лесах Логойского лесхоза 358,4 тыс. м³ (6,14 м³/га).

Рассчитан индекс возрастной структуры, который показал, что возрастная структура сосновых лесов отклоняется от «нормальной» для лесов Логойского лесхоза на 24 %, для Полоцкого – на 28 %, для Лунинецкого – на 20 %. Это указывает на возможность использования годичного прироста до 76 %, 72 %, 80 % соответственно.

Годовой экономический эффект нормирования лесопользования в сосновых древостоях при использовании годичного прироста по запасу на 50 % составит по Логойскому лесхозу – 3,1 млрд. руб., Полоцкому – 0,7 млрд. руб., Лунинецкому – 1,2 млрд. руб. Наименьшее использование текущего годичного прироста наблюдается в Логойском лесхозе 12,1 %, наибольшее в Лунинецком – 30,7 %. Более высокий процент использования прироста показывает большую эффективность нормирования лесопользования.

Рассчитанный экономический эффект нормирования приростом по запасу довольно высок, но увеличение размера лесопользования очень сложный вопрос, т. к. невозможно просто использовать весь прирост по запасу без учета лесоводственных, экономических и ряда других факторов. Тем не менее, увеличение размера лесопользования при нормировании его текущим приростом повысит доходность лесохозяйственных учреждений за счет увеличения интенсивности рубок ухода, что особенно важно при переходе лесхозов на принцип самоокупаемости.

Оптимизация размера главного пользования позволяет более рационально использовать прирост. В странах с развитым лесным хозяйством (Швеция, Финляндия, Канада) лесопользование использует 70–80 % прироста [4, 10]. Лесопользование может быть повышено (особенно рубками ухода), но практически это сделать трудно, так как заготовка тонкомерной древесины при отсутствии рынка сбыта – не выгодно. При развитии предприятий по переработке мелкотоварной древесины увеличится внутренний рынок использования этой древесины, что повысит использование текущего прироста по запасу.

ЛИТЕРАТУРА

1. Атрощенко, О.А. Применение ЭВМ в научных исследованиях и дипломном проектировании по лесному хозяйству. Ч.2. / О. А. Атрощенко – Минск: БТИ им. С.М. Кирова, 1989. – 47 с.
2. Сидельник, Н. Я. Лесотаксационные модели прироста по запасу сосновых древостоев в геоинформационной системе «Лесные ресурсы»: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.03.02 / Н. Я. Сидельник – Минск, 2010. – 144 с.
3. Таксы на древесину лесных пород, отпускаемую на корню / Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 22.01.2008. – Минск, 2008. – 2 с.
4. Антанайтис, В.В. Современное направление лесоустройства / В. В. Антанайтис. – Москва: Лесная промышленность, 1977. – 279с.
5. Гончарук, В. В. Регулирование размера главного пользования лесом величиной текущего прироста / В. В. Гончарук // Лесная таксация и лесоустройство: сб. науч. тр.; редкол.: А. Г. Мошкалев [и др.]. – Красноярск, 1986. – с. 87–90.
6. Ермаков, В.Е. Лесоустройство: учеб. для студентов вузов / В. Е. Ермаков, О. А. Атрощенко, Н. П. Демид. – 4-е изд. – Минск: БГТУ, 2002. – 499 с.
7. Дятлуvas, Р. П. Модель нормализации возрастной структуры лесов / Р. П. Дятлуvas, Ф. Ф. Мишейкис // Вопросы лесопользования. – Каунас, 1975. – С. 22–25.
8. Kilkki, P. A long-term timber production model and its application to a large forest area / P. Kilkki, R. Pokalo // Acta Forestalia Fennica. – Helsinki, 1975. – v.143. – P. 44–50.
9. Kilkki, P. Determination of the optim cutting policy for the forest stands by means of dynamic programming / P. Kilkki, U. Vaisanen U. // Acta Forestalia Fennica. – Helsinki, 1969. – v.102.– P.21–40.
10. Антанайтис, В. В. Прирост леса / В. В. Антанайтис, В. В. Загребев – Москва: Лесная промышленность, 1969. – 240 с.
11. Антанайтис, В. В. Прирост леса / В. В. Антанайтис, В. В. Загребев – Москва: Лесная промышленность, 1981. – 198 с.
12. Сидельник, Н. Я. Нормирование лесопользования текущим приростом на основе данных в ГИС «Лесные ресурсы» / Н. Я. Сидельник // Сб. науч. тр. / Ин-т леса НАН Беларуси. – Гомель, 2004. – Вып. 62: Проблемы лесоведения и лесоводства. – С. 67–69.

**THE ECONOMIC EFFECT OF THE CURRENT INCREMENT LIMITING
OF THE FOREST HARVESTING VOLUME OF THE PINE STANDS
OF USING GIS «FOREST RESOURCES»**

Sidelnik N. YA.

Based on the developed model of forest mensuration models of the volume increment of the pine stands was calculated current increment of Logoysk, Polotsk, Luninetsk forestry enterprises using the geographic information system «Forest resources». Completed calculation of economic effect of the current increment limiting of the forest harvesting volume of the pine stands of using GIS «Forest resources». The index of the age structure of pine forests was calculated in this article.

Статья поступила в редколлегию 27.04.2011 г.

