

УДК 630\*56

**Н. Я. Сидельник**, кандидат сельскохозяйственных наук, старший преподаватель (БГТУ);  
**С. В. Ковалевский**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент (БГТУ)

### ТЕКУЩИЙ ПРИРОСТ ПО ЗАПАСУ СОСНОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ ГЛХУ «ЛОГОЙСКИЙ ЛЕСХОЗ» В ГИС «ЛЕСНЫЕ РЕСУРСЫ»

В макет «Описание элементов леса» стандартной формы просмотра выведальной базы данных ГИС «Лесные ресурсы» были добавлены значения текущего прироста по запасу. Для этого использовалась математическая модель, которая предназначена для определения текущего прироста по запасу сосновых древостоев. В результате был определен текущий прирост по запасу сосновых древостоев ГЛХУ «Логойский лесхоз». Приведены распределения текущего прироста по запасу по классам возраста, бонитетам, полнотам и типам леса. Составлена тематическая карта распределения величины прироста по запасу сосновых древостоев ГЛХУ «Логойский лесхоз».

The parameter of the volume increment are added to the mock "The description of elements of a forest" standard form of the viewing attributive databases GIS "Forest resources". For this, the mathematical model is destined for using in the geoinformation system "Forest resources" for assessing of the pine stands volume increment. The result was determined by volume increment of pine stands Logoisk forest enterprise. The distributions of the current volume increment of age classes, productivity classes, stand densities and forest site types are given. The thematic map of the distribution of the current volume increment of the pine stands Logoisk forest enterprise are compiled in the article.

**Введение.** Вопросы рационального использования природных ресурсов, ведения лесохозяйственной деятельности, восстановления лесов и повышения их продуктивности в настоящее время становятся важной государственной проблемой, эффективное решение которой основывается на современной теории строения насаждения и совершенствовании моделирования состояний древостоев в динамике. С развитием теории и практики математического моделирования и расширением области его применения по изучению древостоев, произошло значительное углубление познаний закономерностей роста древостоев как в статике, так и в динамике. Исследования производительности насаждений базируются на собранных опытных материалах реальных древостоев с последующей их обработкой посредством регрессионного анализа. Полученные при этом лесотаксационные модели в целом отражают средние таксационные показатели древостоев.

Одним из наиболее важных показателей, характеризующих продуктивность насаждений, является прирост, в частности для лесного хозяйства прирост древостоев по запасу. Информация о приросте древостоев обеспечивает контроль за состоянием лесов и продуктивностью насаждений при непрерывном и неистощительном лесопользовании [1].

Реализация данных задач требует информационного обеспечения лесного хозяйства, повышения точности таксации лесов, получения актуализированной, достоверной и надежной информации о состоянии лесного фонда, прироста и производительности лесов, на основе которой возможны принятие оптимальных решений и разработка долгосрочных программ

ведения лесного хозяйства, снижение себестоимости лесохозяйственных и лесоустроительных работ и повышение доходов лесного хозяйства.

**Основная часть.** Национальные и глобальные информационные системы, которые многократно ускоряют и дают новое качество работы с разносторонними, оперативно пополняемыми данными о разнообразных объектах, способствуют устойчивому развитию многих отраслей экономики, в том числе и лесного хозяйства.

В Республике Беларусь с 1992 г. под руководством проф. О. А. Атрощенко начала создаваться отечественная специализированная геоинформационная система (ГИС) «Лесные ресурсы», которая на данный момент внедрена во всех лесхозах Министерства лесного хозяйства. ГИС «Лесные ресурсы» имеет широкие возможности ввода, контроля, редактирования и представления различных данных о лесах и землях лесного фонда. Геоинформационная система предназначена для получения отчетов по запросам к хранящейся в картографической и атрибутивной базах данных информации, для разработки ежегодных рабочих планов рубок леса, программ лесовосстановления, печати планово-картографических материалов и др. [2, 3].

В условиях интенсивной лесохозяйственной деятельности особенно необходима ГИС при учете текущих изменений в лесном фонде, актуализации и прогнозе лесного фонда, нормировании размера пользования лесом, регулировании породной и возрастной структуры лесов. В этом плане геоинформационные системы могут наиболее оперативно предоставить сведения о величине текущего прироста по запасу [4].

Моделирование прироста по запасу древостоев состоит из нескольких этапов:

- теоретическое обоснование методов изучения и оценки прироста по запасу древостоев;
- сбор достаточного экспериментального материала по таксации прироста древостоев;
- разработка методов оценки прироста по запасу древостоев;
- экспериментальные исследования прироста с оценкой точности различных методов определения прироста древостоев;
- классификация прироста по запасу древостоев в систему моделей роста леса, совместных моделей роста и производительности древостоев;
- современное направление моделирования прироста и производительности древостоев с использованием ЭВМ [5].

Для разработки моделей прироста древостоев по запасу могут быть использованы: 1) методы повторной таксации древостоев на стационарах; 2) методы таксации древостоев на временных пробных площадях; 3) методы определения прироста древостоев по моделям или таблицам прироста [1, 4].

Наиболее перспективным направлением оценки прироста по запасу древостоев является определение его в виде моделей на ЭВМ на основании таксационных показателей насаждений. В качестве лесотаксационных моделей прироста по запасу целесообразно применять модели, основанные на функциях роста леса.

Геоинформационная система «Лесные ресурсы» позволяет ежегодно получать актуализированную достоверную информацию по каждому участку леса в лесхозе с учетом текущих изменений, произошедших в лесном фонде (рубок леса, лесовосстановления, пожаров, стихийных бедствий). Актуализированная достоверная информация по лесному фонду лесхоза является основой для проектирования лесопользования по группам лесов и преобладающим породам.

В связи с этим актуальным вопросом является решение задач использования лесотаксационных моделей прироста по запасу древостоев в геоинформационной системе «Лесные ресурсы» для оценки прироста по запасу сосновых древостоев по каждому участку леса (таксационному выделу), преобладающим породам и группам лесов. Это позволит оценивать прирост по классам бонитета и типам леса, полнотам и группам возраста с соответственным нормированием главного и промежуточного пользования лесом.

Связь текущего прироста по запасу с другими таксационными показателями изучалась многими исследователями: И. М. Науменко, Ф. П. Моисеенко, А. С. Бабакиным, М. Л. Дворецким, П. В. Воропановым, П. М. Верхуновым, П. В. Якасом, О. А. Труллем, В. С. Мирошниковым, В. Е. Ермаковым, Н. Н. Сваловым, О. А. Атрощенко, В. Ф. Багинским и др.

[1, 6]. Обширная работа по выявлению закономерных связей текущего прироста с другими таксационными показателями проведена В. В. Антанайтисом и В. В. Загреевым [1, 6].

Использование компьютерной обработки результатов таксации в лесной науке привело к активному применению множественного регрессионного анализа с разработкой не только простых регрессионных уравнений (одна объясняющая переменная), но и множественных (две и более объясняющих переменных).

Как правило, в своих работах по моделированию прироста древостоев исследователи апробируют не одну модель, а сразу несколько, из которых затем выбирается лучшая. Прирост – это, по сути, производная от функций роста, детальный анализ которых осуществил А. К. Кивисте [7].

Выбор переменных для регрессионного анализа ограничен их наличием в атрибутивной базе ГИС «Лесные ресурсы». Безусловно, одной из переменных должен являться возраст, так как он разграничивает процесс роста на временные интервалы. Остальными переменными становятся показатели роста в пространстве: диаметр, высота и объем (запас). Важный показатель – сумма площадей сечения – ограничен в использовании, так как в ГИС ForMap вычисляется только для спелых насаждений. Введение в расчеты промежуточного показателя (того же радиального прироста), которого нет в атрибутивной базе данных, ведет к неизбежному увеличению систематической ошибки [3, 5].

Финский ученый К. Kuusela [8] представил процент текущего прироста по запасу как функцию запаса и возраста  $P_M = f(M, A)$ . Регрессионные уравнения для вычисления процента текущего изменения запаса разработаны проф. О. А. Атрощенко [9]. Исследования литовских ученых подтвердили данную закономерность, однако ими же было указано, что практическое значение данной связи невелико, так как не учитывается радиальный прирост, который значительно повышает точность модели (коэффициент корреляции может достигать 0,99) [10].

Моделирование прироста леса в значительной степени зависит от наличия достаточно надежной и полной лесоводственной информации. Сбор этой информации весьма трудоемкий процесс. В противоположность распространенному мнению огромный банк долговременных наблюдений на постоянных пробных площадях не является обязательным. Относительно малое число проб, особенно полезных для создания системы принятия решения, в сочетании с временными выборочными пробами (выборочная лесоинвентаризация) может обеспечить данными для разработки приемлемых функций роста насаждений, снизить субъективизм в математическом модели-

ровании и увеличить достоверность результатов при статистическом анализе [6]. Главным преимуществом, недостижимым при прочих методах сбора первичных данных, является высочайшая репрезентативность и строгая объективность из-за статистического отбора единиц из генеральной совокупности.

Опытный материал для изучения прироста по запасу и производительности сосновых древостоев представлен в виде данных выборочной таксации насаждений по результатам выборочной лесоинвентаризации лесов Гродненского ПЛХО (4801 круговая пробная площадка) и 71 временная пробная площадь [5].

Принадлежность к одному естественному ряду роста и развития проверялась также по методу ЦНИИЛХа (Н. В. Третьяков), где зависимой переменной в регрессиях приняты произведения возраста на среднюю высоту и средний диаметр древостоя. Регрессии связи данных произведений с возрастом древостоев объясняют 85–95% вариации произведений, достоверные по *F*-критерию Фишера на 5%-ном уровне значимости [5].

На основе аналитического обзора литературных источников для расчетов величины текущего прироста по запасу был оценен ряд сложных регрессионных уравнений с несколькими переменными ( $R^2 = 0,71–0,96$ ). В результате множественного регрессионного анализа получена модель текущего прироста по запасу  $\bar{Z}_M^n$  в зависимости от запаса *M* и возраста *A* [5]:

$$\bar{Z}_M^n = 10^{b_0} M^{(b_1+b_2 \lg(A))}$$

Для определения текущего прироста по запасу ГЛХУ «Логойский лесхоз» были взяты модели текущего прироста по запасу сосновых древостоев Iа–III классов бонитета, для остальных классов бонитета была взята общая лесотаксационная модель прироста [5].

Для оценки прироста по запасу сосновых древостоев лесхоза нужно добавить модель в стандартную атрибутивную базу данных ГИС «Лесные ресурсы», полученную по сведениям базового лесоустройства 2010 г. [5, 11]. Для этого необходимо использовать систему управления базами данных (например, Ms Access) или воспользоваться специализированными программами для работы с таблицами баз данных в формате Paradox (например, DataBase Desktop, DataBase Workshop и т. д.). Для расчета прироста по запасу с использованием ГИС были внесены изменения в следующие файлы повыведельной базы данных ГИС «Лесные ресурсы»:

- а) <GIS>\Bases\Логойский лесхоз\Логойский.db;
- б) <GIS>\Bases\Логойский лесхоз\ЛогойскийСОСТ.db;
- в) <GIS>\Bases\Логойский лесхоз\Sprav\sprfield.db;
- г) <GIS>\Bases\название лесничества\Sprav\sptab.db [11].

После внесения необходимых данных с использованием аппаратно-программных средств ГИС «Лесные ресурсы» были получены распределения прироста по запасу по классам возраста, бонитетам, полнотам и типам леса (табл. 1–4).

Таблица 1

**Распределение текущего прироста по запасу, площадей и запасов сосновых древостоев ГЛХУ «Логойский лесхоз» по классам возраста**

Показатель	Класс возраста								Итого
	1-й	2-й	3-й	4-й	5-й	6-й	7-й	8-й	
Площадь, га	2953,6	8786,7	20600,2	18825,1	6622,9	1711,7	80,7	8,5	59589,4
Площадь, %	5,0	14,7	34,6	31,6	11,1	2,9	0,1	–	100
Запас, м <sup>3</sup>	100 647	1 205 015	4 942 505	5 199 319	1 806 622	459 749	20 068	2 226	13 736 151
Запас на 1 га, м <sup>3</sup>	34	137	240	276	273	269	249	262	231
Прирост, м <sup>3</sup>	10937,6	69810,6	164216,2	115631,9	27926,5	5683,2	193,2	17,0	394416,2
Прирост, %	2,77	17,70	41,64	29,32	7,08	1,44	0,05	–	100
Прирост на 1 га, м <sup>3</sup>	3,70	7,95	7,97	6,14	4,22	3,32	2,39	2,00	6,62

Таблица 2

**Распределение текущего прироста по запасу, площадей и запасов сосновых древостоев ГЛХУ «Логойский лесхоз» по бонитетам**

Показатель	Класс бонитета								Итого	
	Iб	Iа	I	II	III	IV	V	Vа		Vб
Площадь, га	1,5	5348,3	3355,3	17303,6	2219,4	732,1	293,1	116,9	21,5	59589,4
Площадь, %	–	9,0	56,3	29,0	3,7	1,2	0,5	0,2	–	100
Запас, м <sup>3</sup>	510	1 613 055	8 499 097	3 161 525	307 709	109 457	34 897	8 397	1 504	13 736 151
Запас на 1 га, м <sup>3</sup>	340	302	253	183	139	150	119	72	70	231
Прирост, м <sup>3</sup>	22,5	46117,2	240709,2	94259,5	9561,2	2689,3	808,8	227	21,5	394416,2
Прирост, %	–	11,7	61,0	23,9	2,4	0,7	0,2	0,1	–	100
Прирост на 1 га, м <sup>3</sup>	15,00	8,62	7,17	5,45	4,31	3,67	2,76	1,94	1,00	6,62

Таблица 3

**Распределение текущего прироста по запасу, площадям и запасам сосновых древостоев  
ГЛХУ «Логойский лесхоз» по полнотам**

Показатель	Полнота								Итого
	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	
Площадь, га	109,8	457,2	2560,9	11541,1	29312,4	10867,8	4277,9	462,3	59589,4
Площадь, %	0,2	0,8	4,3	19,4	49,2	18,2	7,2	0,8	100
Запас, м <sup>3</sup>	14 391	76 617	518 251	2 719 729	7 201 446	2 387 052	751 637	67 028	13 736 151
Запас на 1 га, м <sup>3</sup>	131	168	202	236	246	220	176	145	231
Прирост, м <sup>3</sup>	229,8	1239,1	9693,7	58587,4	196336,5	87971,2	36288,6	4069,9	394416,2
Прирост, %	0,1	0,3	2,5	14,9	49,8	22,3	9,2	1,0	100
Прирост на 1 га, м <sup>3</sup>	2,09	2,71	3,79	5,08	6,70	8,09	8,48	8,80	6,62

Таблица 4

**Распределение текущего прироста по запасу, площадям и запасам сосновых древостоев  
ГЛХУ «Логойский лесхоз» по типам леса**

Тип леса	Площадь		Запас, м <sup>3</sup>		Прирост		
	га	%	общий	на 1 га	м <sup>3</sup>	%	на 1 га, м <sup>3</sup>
Лишайниковый	6,3	–	275	44	16,6	–	2,63
Брусничный	249,2	0,4	52 657	211	1119,6	0,3	4,49
Вересковый	3001,5	5,0	386 754	129	15034,3	3,8	5,01
Мшистый	28217,2	47,4	6 021 437	213	180423,8	45,7	6,39
Орляковый	15344,6	25,8	4 072 645	265	118503,4	30,0	7,72
Кисличный	4983,4	8,4	1 446 507	290	34633,9	8,8	6,95
Зеленомошный	9,1	–	2 730	300	72,8	–	8,00
Черничный	5486,8	9,2	1 353 531	247	35437,8	9,0	6,46
Долгомошный	1036,4	1,7	223 495	216	4956,8	1,3	4,78
Приручейно-травяной	99,4	0,2	22 249	224	492,6	0,1	4,96
Багульниковый	886,9	1,5	124 866	141	3091,9	0,8	3,49
Осоковый	111,5	0,2	16 786	151	338,2	0,1	3,03
Осоково-сфагновый	135,6	0,2	10 715	79	273	0,1	2,01
Сфагновый	21,5	–	1 504	70	21,5	–	1,00
<i>Итого</i>	59589,4	100	13 736 151	231	394416,2	100	6,62

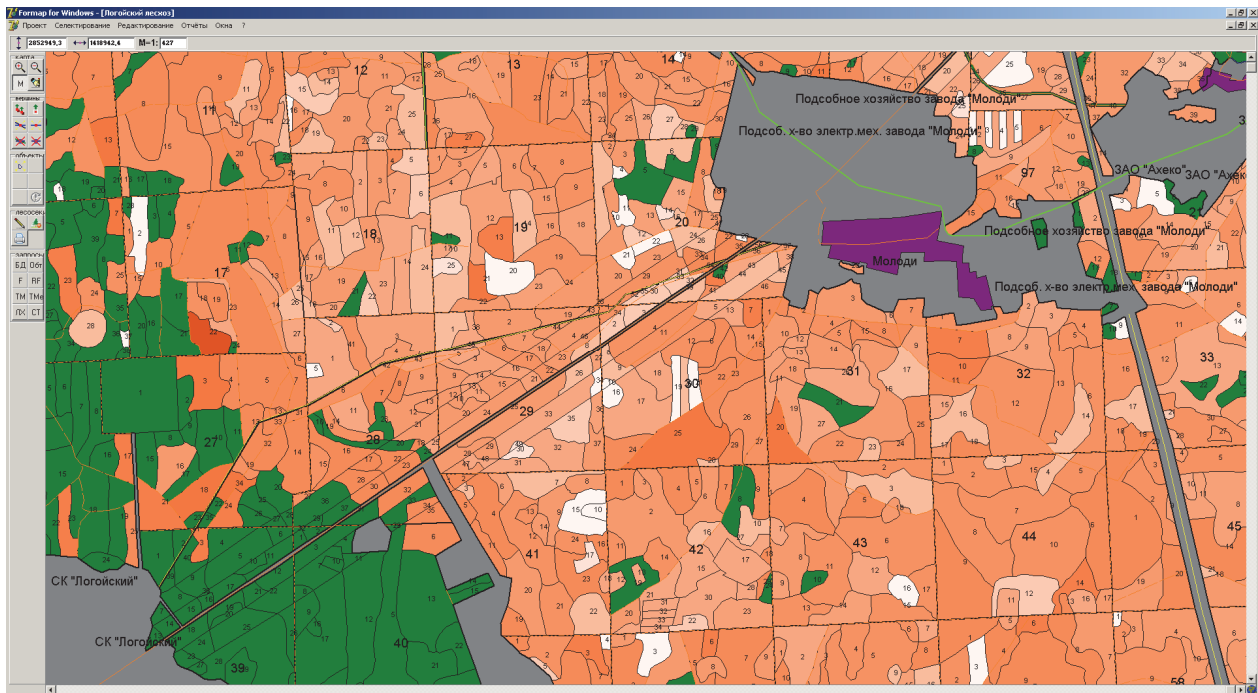
**Заключение.** Из полученных результатов видно, что текущий прирост по запасу сосновых древостоев ГЛХУ «Логойский лесхоз» составляет 394416,2 м<sup>3</sup>, а на 1 га – 6,62 м<sup>3</sup>. Это связано с тем, что сосновые леса 2-го и 3-го классов возраста (где текущий прирост максимален – 7,95 и 7,97 м<sup>3</sup> соответственно) составляют 49,3% от всей площади сосновых древостоев. Высокопродуктивные сосновые древостои Iб–I классов бонитета составляют 55,3% от общей площади сосновых лесов, в них наблюдается высокий текущий прирост по запасу на 1 га 7,17–15,0 м<sup>3</sup>. Высокополнотные сосновые насаждения (относительная полнота 0,8–1,0) составляют 26,2% от общей площади сосновых лесов и обеспечивают максимальный прирост по запасу 8,09–8,80 м<sup>3</sup>. Распределение сосновых лесов лесхоза по полноте определенным образом обусловлено их возрастной структурой, условиями местопроизрастания. Оптимальной считается полнота 1,0, которой соответствует максимальный текущий прирост по запасу.

Среди групп типов леса сосновых древостоев наибольшим текущим приростом по запасу обладают орляковый и кисличный типы леса –

7,72 и 6,95 м<sup>3</sup> соответственно. Величина текущего прироста по запасу зеленомошного типа леса не совсем достоверна ввиду его малой площади (9,1 га).

Использование ГИС «Лесные ресурсы» позволяет также получить картографическую информацию о распределении величины текущего прироста по запасу сосновых древостоев ГЛХУ «Логойский лесхоз» (рисунок).

Информация о приросте по запасу востребована при высокой интенсивности ведения лесного хозяйства, в частности при участковом методе лесоустройства, который планируется поэтапно внедрять в лесхозах нашей страны в соответствии со Стратегическим планом развития лесного хозяйства Беларуси. В этом отношении ГИС предоставляет уникальную возможность, позволяя мгновенно выполнить расчет прироста по запасу по всем выделам, представленным в базе данных. При этом влияние на конечный результат будет оказывать и фактическая точность данных таксации, основным методом которой сейчас является глазомерный с характерными для него значительными среднеквадратической и систематической ошибками [12].



Пространственная оценка текущего прироста по запасу сосновых древостоев ГЛХУ «Логойский лесхоз»

Модели оценки текущего прироста сосновых древостоев в ГИС «Лесные ресурсы» могут также использоваться для установления потенциальной производительности сосновых древостоев для экономической оценки лесных земель и лесного кадастра, устойчивого управления лесами и лесопользования, сертификации лесов лесхозов.

### Литература

1. Антанайтис В. В., Загреев В. В. Прирост леса. М.: Лесная пром-сть, 1981. 200 с.
2. Атрощенко О. А., Толкач И. В. Геоинформационные системы в лесном хозяйстве: учеб. пособие. Минск: БГТУ, 2003. 96 с.
3. Атрощенко О. А., Толкач И. В. Дистанционные методы зондирования лесов и геоинформационные системы в лесном хозяйстве. Минск: БГТУ, 2003. 375 с.
4. Сидельник Н. Я. Методы оценки текущего прироста древостоев и их использование в ГИС-технологиях // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во. 2003. Вып. XI. С. 181–185.
5. Сидельник Н. Я. Лесотаксационные модели прироста по запасу сосновых древостоев в геоинформационной системе «Лесные ресур-

сы»: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.03.02. Минск, 2010. 144 с.

6. Свалов Н. Н. Моделирование производительности древостоев и теория лесопользования. М.: Лесная пром-сть, 1979. 215 с.
7. Кивисте А. К. Функции роста леса: в 2 ч. Тарту: ЭСХА, 1988. Ч. 1. 108 с.
8. Kuusela K. A basal area mean tree method in forest inventory. Helsinki: Communicationes Instituti Forestalis Fenniae. 1966. 32 p.
9. Атрощенко О. А. Система моделирования и прогноза роста древостоев (на примере БССР): дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.03.02. Киев, 1986. 520 с.
10. Антанайтис В. В., Репшис И. Н. Опыт инвентаризации лесов Литвы математико-статистическим методом. М.: Лесная пром-сть, 1973. 104 с.
11. Сидельник Н. Я. Определение прироста по запасу сосновых древостоев в ГИС «Лесные ресурсы» // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во. 2008. Вып. XVI. С. 93–97.
12. Нормативы точности и методы таксации древостоев / В. В. Антанайтис [и др.]. Каунас: ЛитСХА, 1985. 76 с.

Поступила 30.01.2014