

парка «Браславские озера» / А.А. Пушкин, Н.А. Архипенко // Современное состояние и перспективы развития особо охраняемых природных территорий Республики Беларусь: Материалы Международной научно-практической конференции, п. Домжерицы 2012 / Белорусский Дом печати – Мн., 2012. – С. 183–186.

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.

5 Ламберт, С. Microsoft Access 2007: русская версия: пер. с англ. / С. Ламберт [и др.]; под общ. ред. С. Ламберт. – Москва: Эком, 2007. – 431 с.

6 Положение об информационной системе государственного учета лесного фонда: утв. Постановлением Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь 10.07.2008 № 21 – Минск: РУП «Белгослес», 2008. – 57 с.

GIS TECHNOLOGY AS AN ELEMENT OF A DECISION SUPPORT SYSTEM IN THE MANAGEMENT OF PROTECTED AREAS

Pushkin A.A., Arhipenko N.A.

Questions of use GIS technology to support decision making in the management of protected areas are considered in this paper. The paper presents the results of the development of geographic information system of the National Park «Braslav Lakes», as well as its functional features and direction of practical use.

Статья поступила в редколлегию 01.04.2013 г.



УДК 630*562.2

ОЦЕНКА СРЕДНЕГО ПРИРОСТА ПО ЗАПАСУ СОСНОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ ПО КЛАССАМ БОНИТЕТА В ГИС «ЛЕСНЫЕ РЕСУРСЫ»

Сидельник Н.Я.

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

Со средним приростом по запасу тесно связаны оценка эффективности регулирования породной и возрастной структуры лесов, оценка проведенных лесохозяйственных мероприятий, устойчивое лесоуправление и нормирование лесопользования. С использованием ГИС «Лесные ресурсы» можно получать оперативную информацию о среднем приросте древостоев, лесных массивов, насаждений лесничества и лесхоза. Выполнена группировка собранного материала по естественным рядам роста и раз-

вития и проверка сгруппированного материала на гомогенность. В результате множественного регрессионного анализа получена лесотаксационная модель оценки среднего прироста по запасу сосновых древостоев по классам бонитета, которая может использоваться в ГИС «Лесные ресурсы». Полученная лесотаксационная модель сравнивалась с существующими таблицами хода роста.

ВВЕДЕНИЕ

Устойчивое развитие лесов Беларуси в значительной степени определяется оптимальным размером лесопользования и рациональным использованием лесных ресурсов. Одним из важнейших показателей постоянства лесопользования является размер рубок, не превышающий величину среднего прироста по всем видам пользования [1, 2]. Использование данного принципа возможно лишь при определенном соотношении площадей древостоев по классам и группам возраста, т.е. при равномерном распределении древостоев хозсекции по группам и классам возраста (теория «нормального леса»).

Но этот принцип не применим, если возрастная структура лесов отклоняется от «нормального леса», т.к. преобладание молодняков и средневозрастных насаждений повышает текущий и средний приросты по запасу. Поэтому из-за недостатка спелых насаждений, размер пользования должен быть меньше величины среднего прироста. Преобладание спелых и перестойных древостоев вызывает необходимость перерубать средний прирост для выравнивания возрастной структуры лесов согласно теории нормального леса [3].

Ежегодный прирост составляет 31,4 млн. млн. м³ древесины [4], а размер лесопользования в 2012 году по всем видам рубок – более 10,1 млн. м³ ликвидной древесины [4]. Это показывает, что прирост лесов не используется даже наполовину. Но быстрое и резкое увеличения объемов рубки леса невозможно, из-за неравномерности возрастной структуры лесов. Действующие методики по определению величины расчетной лесосеки исходят из реального наличия спелых и приспевающих древостоев [1, 2, 5, 6, 7]. Но и недооценивать влияния распространенного мнения, что происходит занижение объемов лесопользования тоже нельзя [7]. Поэтому представляется актуальным разработать модели оценки среднего прироста по запасу сосновых древостоев с использованием их в ГИС «Лесные ресурсы».

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Создание модели среднего прироста по запасу в значительной степени зависит от наличия достаточно надежных и полных исходных данных. Сбор этой информации весьма трудоемкий процесс, т. к. требует наличия большого количества данных таксации на постоянных пробных площадях. Поэтому для моделирования прироста по запасу использованы данные временных пробных

площадей и данные выборочной лесоинвентаризации Гродненской области, включающие большое количество экспериментального материала, которые обеспечивают недостижимое при прочих методах сбора первичных данных высочайшую репрезентативность и объективность из-за статистического отбора единиц из генеральной совокупности [8].

Основными ограничивающими факторами при отборе материалов для целей моделирования взаимосвязей между таксационными показателями и построения лесотаксационных моделей оценки среднего прироста были: класс бонитета – I^A, I, II, III, относительная полнота – не менее 0,5.

Для проверки точности и надежности моделей среднего прироста по запасу выполнялось сравнение полученных по модели результатов с данными таксации на постоянных пробных площадях.

В данной работе при создании моделей среднего прироста определялась принадлежность древостоев к одному естественному ряду развития, т. к. материалы выборочной лесоинвентаризации Гродненской области включают большое количество экспериментального данных. Модели строились по классам бонитета, т. к. данный подход к выбору в качестве критерия гомогенности позволяет более широко применять статистические методы при обработке данных [8]. К тому же охватить и учесть все типы леса для моделирования довольно сложно.

Группировка собранного материала по естественным рядам роста и развития и проверка сгруппированного материала на гомогенность выполнялась комбинированным методом, включающим в себя элементы аналитического метода и метода ЦНИИЛХа [1, 3, 9].

Связь текущего прироста с другими таксационными показателями изучалась многими исследователями: И.М. Науменко, Ф.П. Моисеенко, А.С. Бабакин, М.Л. Дворецкий, П.В. Воропанов, П.М. Верхунов, П. Якас, О.А. Трулль, В.С. Мирошников, В.Е. Ермаков, Н.Н. Свалов, О.А. Атрощенко, В.Ф. Багинский и др. Обширная работа по выявлению закономерных связей текущего прироста с другими таксационными показателями проведена В.В. Антанайтисом и В.В. Загреевым [3].

Для выявления связей между статистиками распределений и таксационными показателями исследуемых древостоев выполнен корреляционный анализ таксационных показателей древостоев и статистик распределений.

Как правило, в своих работах по моделированию прироста древостоев исследователи апробируют не одну модель, а сразу несколько функций, из которых затем выбирается лучшая. Прирост это, по сути, есть производная от функций роста, детальный анализ которых провел А.К. Кивисте [10].

Финский ученый К. Куусела [11] представил процент прироста по запасу как функцию запаса и возраста. Регрессионные уравнения оценки процента текущего изменения запаса в зависимости от возраста и высоты разработаны профессором О.А. Атрощенко [12]. Исследования литовских ученых подтвердили данную зависимость, однако ими же было указано, что использование радиального прироста значительно повышает точность модели (ко-

эффицент корреляции может достигать 0,99) [8]. По исследованиям В.В. Антанайтиса и В.В Загреева [3] точность оценки прироста можно увеличить, если использовать среднюю ширину годичного слоя. Но она не измеряется при проведении лесоустроительных работ в Беларуси, и данного показателя нет в атрибутивной базе данных, поэтому придется согласиться с тем, что модель будет иметь большую погрешность [8].

Переменные в моделях оценки среднего прироста по запасу должны быть основаны на таксационных показателях древостоев, содержащихся в повыведельной базе данных ГИС «Лесные ресурсы». Введение в расчеты промежуточного показателя, которого нет в атрибутивной базе данных, ведет к неизбежному появлению и увеличению систематической ошибки.

Безусловно, одной из переменной должен являться возраст, т. к. он разграничивает процесс роста на интервалы. Остальными переменными становятся показатели роста в пространстве – диаметр, высота и объем (запас) [2], а динамика их средних значений – таблицы хода роста. Условия местопроизрастания также оказывает несомненное влияние на продуктивность насаждения, однако непосредственно учесть это воздействие не представляется выполнимым. Поэтому используют типы условий местопроизрастания и т. п.

В результате аналитического обзора научных исследований других авторов был отобран и проанализирован ряд уравнений взаимосвязи таксационных показателей. Расчет и оценка параметров регрессионных уравнений сделаны на ЭВМ в программе Statistica [9].

Для расчета величины среднего прироста по запасу сосновых древостоев был оценен ряд сложных регрессионных уравнений с несколькими переменными ($R^2 = 0,51-0,96$). В результате множественного регрессионного анализа получена модель:

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

где \bar{Z}_M – средний прирост по запасу, м³/га;

M – запас древостоя, м³/га;

A – возраст древостоя, лет.

Данная модель может быть использована для определения среднего прироста по запасу в абсолютных величинах для сосновых древостоев I^A–III класса бонитета.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты регрессионного анализа и параметры уравнений связи оценки среднего прироста по запасу для сосновых насаждений по классам бонитета представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Результаты регрессионного анализа и параметры уравнений связи оценки прироста для сосновых насаждений по классам бонитета

Бонитет	Параметры уравнения	Коэффициент регрессии	Стандартная ошибка	Критерий Стьюдента	Коэффициент детерминации	Критерий Фишера
I ^A	b_0	-1,165	0,127	-9,199	0,92	5256,2
	b_1	1,226	0,077	15,912		
	b_2	-0,229	0,017	-13,714		
I	b_0	-1,184	0,180	-6,560	0,94	2631,3
	b_1	1,243	0,122	10,165		
	b_2	-0,234	0,030	-7,916		
II	b_0	-1,183	0,115	-10,306	0,92	3656,2
	b_1	1,248	0,083	14,992		
	b_2	-0,236	0,020	-11,771		
III	b_0	-1,314	0,177	-7,443	0,92	2613,8
	b_1	1,342	0,123	10,867		
	b_2	-0,258	0,030	-8,642		

Добавление лесотаксационных моделей оценки среднего прироста по запасу сосновых древостоев (таблица 2) в стандартную атрибутивную базу данных ГИС «Лесные ресурсы» осуществляется с использованием СУБД (например, MS Access) или воспользоваться специализированными утилитами для работы с таблицами баз данных в формате paradox [12].

Таблица 2 – Оценка среднего прироста по запасу сосновых древостоев (фрагмент – II класс бонитета), м³/га

Возраст, лет	Запас растущего древостоя, м ³																
	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	250	300	350	400	450	500	550
10	1,24	2,64	4,09	5,59	7,11	8,67	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
20	–	1,98	2,97	3,97	4,97	5,97	6,97	7,97	8,98	9,98	–	–	–	–	–	–	–
30	–	–	2,47	3,25	4,03	4,80	5,57	6,33	7,09	7,84	9,71	–	–	–	–	–	–
40	–	–	–	2,82	3,47	4,11	4,75	5,37	5,99	6,61	8,13	9,62	–	–	–	–	–
50	–	–	–	2,53	3,10	3,65	4,19	4,73	5,26	5,79	7,08	8,34	9,59	–	–	–	–
60	–	–	–	–	2,82	3,31	3,79	4,26	4,73	5,19	6,32	7,42	8,51	–	–	–	–
70	–	–	–	–	–	3,05	3,48	3,91	4,32	4,74	5,75	6,73	7,69	8,63	–	–	–
80	–	–	–	–	–	–	3,23	3,62	4,00	4,38	5,29	6,18	7,04	7,89	8,72	–	–
90	–	–	–	–	–	–	–	3,38	3,74	4,08	4,92	5,73	6,51	7,28	8,04	8,78	–
100	–	–	–	–	–	–	–	3,19	3,51	3,83	4,61	5,35	6,08	6,79	7,48	8,16	8,82

Динамика среднего прироста по запасу сосновых древостоев I^A–III классов бонитета с возрастом представлена на рисунке 1.

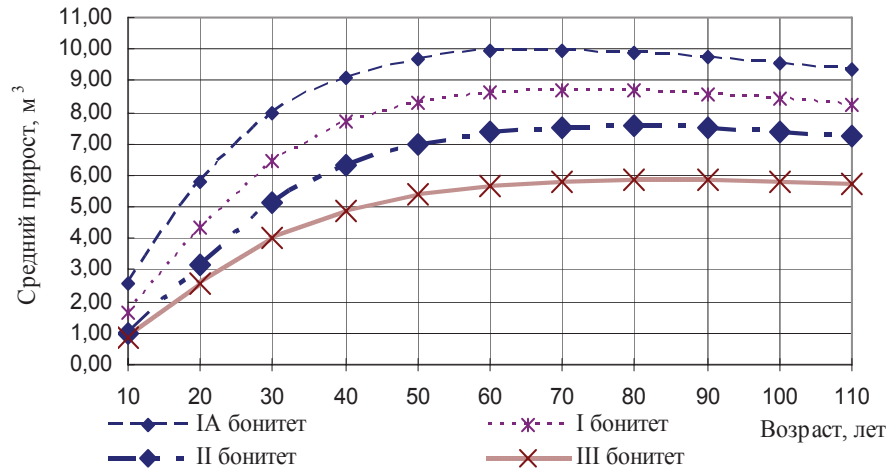


Рисунок 1 – Динамика среднего прироста по запасу сосновых древостоев по классам бонитета

Максимальный средний прирост по запасу (количественная спелость) наступает для сосновых древостоев I^A и I классов бонитета в 55 лет, а II и III классов бонитета в 60 лет.

Полученные лесотаксационные модели сравнивались с существующими таблицами хода роста (рисунок 2): ход роста сосновых древостоев естественного происхождения (В.С. Мирошникова); ход роста сосновых древостоев (Ф.П. Моисеенко, В.Ф. Багинский); ход роста сосновых древостоев с полнотой 0,85 Ф.П. Михневича; динамика продуктивности эталонных сосняков Белоруссии по основным типам леса (В.Е. Ермаков), по таблицам хода роста нормальных древостоев, составленных на основании массовых данных производственной таксации, средний уровень производительности для мшистого типа леса (О.А. Атрощенко) [13, 14].

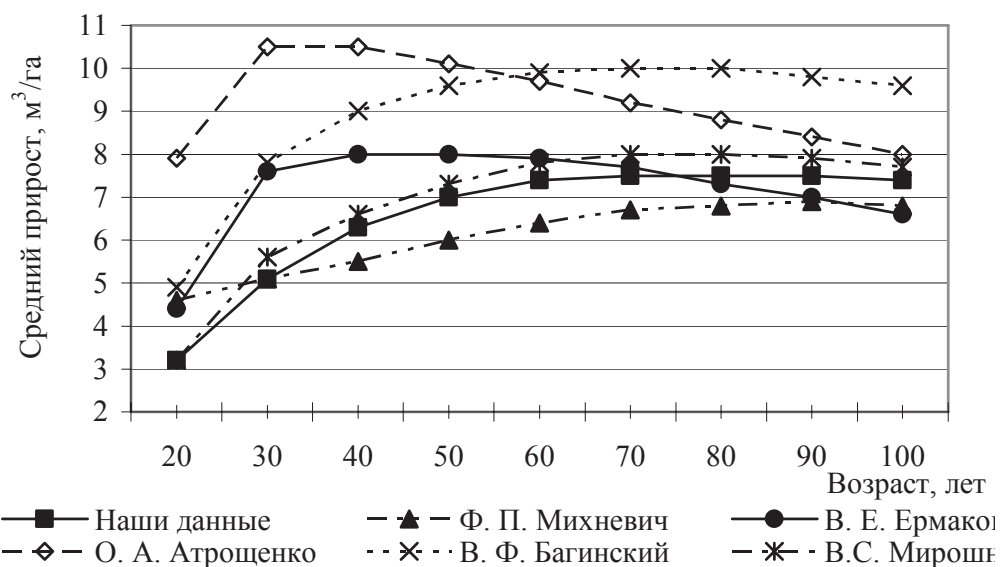


Рисунок 2 – Сравнение среднего прироста по запасу сосновых древостоев II класса бонитета и различных таблиц хода роста

В среднем отклонения по среднему приросту составили 0,4–5,7 м³/га. Наименьшие отклонения составили по таблицам хода роста В.С. Мирошникова: I класс бонитета - 0,2–1,1 м³/га; II класс бонитета – 0,3–0,4 м³/га; III класс бонитета – 0,2–1,1 м³/га. В целом по всем классам бонитета наибольшее отклонение составило –72,1% в 30 лет для I^A класса бонитета по таблицам хода роста В.Ф. Багинского, наименьшее –0,6% в 70 лет – по таблицам хода роста В.Е. Ермакова для I^A класса бонитета. В целом большие отклонения приходится на молодняки, что связано с большой вариацией таксационных показателей в данном возрасте.

Значительные расхождения объясняются как различиями в методике сбора и обработки данных, так и самим экспериментальным материалом, лежащим в основе таблиц. Простое редуцирование значений таксационных показателей при приведении их к единой полноте для целей сравнения не всегда приемлемо [15].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Получение актуализированной, достоверной и надежной информации о состоянии лесного фонда, приросте и производительности насаждений, позволит принимать оптимальные решения при разработке программ ведения лесного хозяйства, повысить размер лесопользования и доходы лесного хозяйства. Информация о приросте древостоев обеспечивает контроль за состоянием лесов и их продуктивности при непрерывном и неистощительном лесопользовании.

Средний прирост по запасу может играть большую роль в нормировании размера лесопользования в лесах Беларуси, поэтому определение величины прироста, как в пределах хозяйственной единицы, так и для отдельного древостоя имеет большое практическое значение. С использованием ГИС «Лесные ресурсы» можно получать оперативную информацию о среднем приросте древостоев, лесных массивов, насаждений лесничества и лесхоза.

Средний прирост может служить нормативным показателем размера лесопользования только в «нормальном» лесу. При преобладании молодняков и средневозрастных древостоев прирост будет не вырубаться. При наличии большого количества спелых и перестойных древостоев, то для обеспечения постоянства лесопользования прирост должен перерубаться [7].

Средний возраст сосновых древостоев в лесах Беларуси близок к их количественной спелости 55–60 лет [16], поэтому средний прирост по запасу для данного уровня производительности подошел к своему максимуму. Но возрастная структура лесов, сдвинутая в сторону молодняков и средневозрастных древостоев, вынуждает снижать размер лесопользования [7].

Модели оценки среднего прироста сосновых древостоев могут быть использованы в ГИС «Лесные ресурсы» для установления потенциальной производительности сосновых древостоев для экономической оценки лесных земель и лесного кадастра, устойчивого управления лесами и лесопользования, сертификации лесов. С приростом также неразрывно связаны оценка эффектив-

ности регулирования породной и возрастной структуры лесов, проведенных лесохозяйственных мероприятий, мониторинга лесов и лесных ресурсов.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Свалов, Н.Н. Моделирование производительности древостоев и теория лесопользования / Н.Н. Свалов. – Москва: Лесная промышленность, 1979. – 216 с.
- 2 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.
- 3 Антанайтис, В.В. Прирост леса / В.В. Антанайтис, В.В. Загребев – Москва: Лесная промышленность, 1981. – 198 с.
- 4 Национальный интернет-портал [Электронный ресурс] / Министерство лесного хозяйства Республики Беларусь. – Минск, 2013. – Режим доступа: www.mlh.by – Дата доступа: 27.03.2013.
- 5 Инструкция по проведению лесоустройства в Государственном лесном фонде Республики Беларусь. – Минск: Комлесхоз Республики Беларусь, 2002. – 88 с.
- 6 Правила рубок леса в Республике Беларусь. – Минск: Минлесхоз Республики Беларусь. – 2008. – 92 с.
- 7 Багинский, В.Ф. Средний прирост как показатель объемов лесопользования / В.Ф. Багинский // Лесное и охотничье хозяйство – Минск, 2010. Вып. 1. – С. 22–25.
- 8 Антанайтис, В.В. Опыт инвентаризации лесов Литвы математико-статистическим методом / В.В. Антанайтис, И.Н. Репшис. – Москва: Лесная промышленность, 1973. – 104 с.
- 9 Сидельник, Н.Я. Определение прироста по запасу сосновых древостоев в ГИС «Лесные ресурсы» / Н.Я. Сидельник // Труды БГТУ. Сер. I, Лесн. хоз-во. – Минск: БГТУ, 2008. Вып. XVI. – С. 93–97.
- 10 Кивисте, А.К. Функции роста леса / А.К. Кивисте. – Тарту, 1988. – Ч. 1. – 108 с.
- 11 Kuusela K.A basal area mean tree method in forest inventory / К. Kuusela. – Helsinki, 1966. – 32 p.
- 12 Атрощенко, О.А. Система моделирования и прогноза роста древостоев (на примере БССР): дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.03.02 / О.А. Атрощенко. – Киев, 1986. – 520 л.
- 13 Справочник таксатора / В.С. Мирошников [и др.]; под общ. ред. В.С. Мирошников. – 2-е изд. – Минск: Ураджай, 1980. – 360 с.
- 14 Багинский, В.Ф. Нормативные материалы для таксации лесов Белорусской ССР / В.Ф. Багинский. – М., 1984. – 308 с.
- 15 Багинский В.Ф. Повышение продуктивности лесов. / В.Ф. Багинский. – Минск: Урожай, 1984. – 135 с.
- 16 Багинский, В.Ф. Лесопользование в Беларуси: история, современное состояние, проблемы и перспективы / В.Ф. Багинский, Л.Д. Есимчик. – Минск: Беларуская думка, 1996. – 367 с.

**THE ASSESSMENT OF THE PINE STANDS MEAN VOLUME INCREMENT
ON THE BONITET CLASSES IN THE GIS
«FOREST RESOURCES»**

Sidelnik N.YA.

The estimation of efficiency of regulation of species and age structure of the forests depend on the estimation of the volume increment. The restriction of the forest harvesting, the estimation of the completed measures and other influences, are indissolubly connected with an estimation of the volume increment. It is possible to receive the operative information of the mean volume increment of the forest stands, forest area and forest enterprise. The grouping of the collected material on natural rows of growth and development and check of the grouped material is executed on homogeneity. As a result of the regression analysis was received the forest mensuration model. Its model is destined for using in the geoinformation system «Forest resources» for assessing of the pine stands mean volume increment. The received forest mensuration models were compared to existing tables of growth stands.

Статья поступила в редколлегию 04.04.2013 г.

