

ЛИТЕРАТУРА

1. Атрощенко О. А. Система моделирования и прогноза роста древостоев (на примере БССР): Дис. ...доктора с.-х. наук: 06.03.02. – Киев, 1985. – 520 с.
2. Антанайтис В. В., Репшис И. Н. Опыт инвентаризации лесов Литвы математико-статистическим методом. – М.: Лесная промышленность, 1969. – 240 с.
3. Макаренко А. А. Строение древостоев. – Алма-Ата: Кайнар, 1982. – 69 с.
4. Peltola H., Miina J., Rouvinen I. and Kellomaeki S. 2002. Effect of early thinning on the diameter growth distribution along the stem of Scots pine. *Silva Fennica*: 36(4). – P. 813–825.
5. Kilkki P., Maltamo M., Mykkaenen R. and Paivinen R. 1989. Use of the Weibull function in estimating the basal area dbh-distribution. *Silva Fennica* 23 (4). – P. 311–318.

УДК 630*56

Н. Я. Сидельник, аспирант

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ТЕКУЩЕГО ПРИРОСТА ДРЕВОСТОЕВ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В ГИС-ТЕХНОЛОГИЯХ

There are described the different methods for assessing of the volume current increment and offered some of them for using in the geoinformation system «Forest resources».

Национальные и глобальные информационные системы, многократно ускоряя и придавая новое качество работе с разносторонними, оперативно пополняемыми данными о разнообразных объектах, способствуют устойчивому развитию многих отраслей экономики, в том числе и лесного хозяйства.

Поэтому в Республике Беларусь с 1992 года под руководством проф. О. А. Атрощенко начала создаваться отечественная специализированная геоинформационная система «Лесные ресурсы», которая в данный момент внедрена во всех лесхозах Комитета лесного хозяйства. Белорусская лесная ГИС имеет широкие возможности ввода, контроля, редактирования и представления различных сведений о лесах и землях лесного фонда. Предназначена для получения любых отчетов по запросам к хранящейся в картографической и атрибутивной базах данных информации, для разработки ежегодных рабочих планов рубок леса, программ лесовосстановления, охраны и защиты лесов, печати планово-картографического материала, ведения лесного кадастра, решения задач сертификации, учета и оценки качества выполняемых мероприятий и т. д. [1].

В условиях интенсивного лесного хозяйства особенно необходимы ГИС при ведении непрерывного лесоустройства, позволяющего в целях повышения результативности управления лесными ресурсами и лесохозяйственной деятельностью постоянно пользоваться современной (актуализированной) информацией о лесном фонде. Прогноз показателей лесных участков во времени, нормирование размера лесопользования, оценка эффективности регулирования породной и возрастной структуры лесов, других воздействий неразрывно связаны с оценкой текущего прироста, поэтому ГИС должна предоставлять возможность получения данных о последнем.

Понятно, что наиболее приемлемы для расчетов на ЭВМ математические модели типа формул. Регрессионные уравнения для актуализации диаметра, высоты, запаса древостоев основных пород уже разработаны проф. О. А. Атрощенко на основании белорусских таблиц хода роста и внедрены в производство, тогда как проблема получе-

ния данных о полном текущем приросте еще ждет своего решения. Следует отметить, что информация о приросте востребована при высокой интенсивности лесоводства, в частности при участковом методе лесоустройства, который планируется поэтапно внедрять в лесхозах нашей страны в соответствии со Стратегическим планом развития лесного хозяйства Беларуси.

Для построения моделей полного текущего прироста теоретически могут быть использованы: 1) материалы повторных обмеров древостоев на постоянных пробных площадях; 2) результаты однократного обмера на временных пробных площадях; 3) данные выборочной инвентаризации лесов математико-статистическим методом; 4) таблицы хода роста (ТХР); 5) таблицы прироста [3].

Готовые таблицы хода роста и таблицы прироста являются менее предпочтительными объектами для моделирования, т. к. они представляют уже выравненные, в известной степени искаженные обработкой, не первичные результаты наблюдений. На сегодняшний день сведения, получаемые при выборочной инвентаризации, наиболее приемлемы для построения моделей прироста. Главным их преимуществом, недостижимым при прочих методах сбора первичных данных, являются высочайшая репрезентативность и строгая объективность из-за статистического отбора единиц из генеральной совокупности. Современные технологии непрерывной (периодически повторяющейся) инвентаризации позволяют постоянно проверять и совершенствовать модели совместным регрессионным анализом данных нескольких инвентаризационных циклов.

Банков измерений на стационарных и временных пробных площадях в нашем распоряжении нет, выборочная инвентаризация математико-статистическим методом проводилась только в отдельных регионах нашей страны, а таблиц хода роста и прироста, считающихся пригодными для Беларуси, имеется несколько. В связи с этим представляет интерес сопоставление наличного нормативного материала с данными выборочной инвентаризации, чтобы предварительно оценить, что из него подходит хотя бы в региональном аспекте и может представлять интерес с точки зрения моделирования.

На примере сосновых древостоев наиболее представленного в Республике Беларусь II класса бонитета проанализированы результаты двух способов камерального расчета полного текущего среднепериодического (бывшего) прироста: 1) по ТХР нормальных древостоев (Атрощенко О. А. [2], средний уровень производительности для мшистого типа леса; Багинского В. Ф. и Моисеенко Ф. П. [6]; Мирошникова В. С. и др. [7]; Юркевича И. Д. и Ловчего Н. Ф. [9] для мшистого типа леса) с коррекцией на модальную полноту; 2) по ТХР модальных древостоев с использованием таблиц абсолютного прироста Багинского В. Ф. и Тереховой Р. Л. [6], таблиц относительного прироста Трулля О. А. [8] и Антанайтиса В. В. [8].

Для оценки отклонений прирост, вычисленный при выборочной инвентаризации лесов Гродненской области в 1999 г., принимался за 100%. Он определялся через среднегодовую разность объемов ствола среднего дерева, вычисленных по моделям Атрощенко О. А. [2] на основании полученных по натурным измерениям таксационных диаметров и высот [5].

Необходимые показатели модальных древостоев для обоих способов расчета взяты из таблицы хода роста для сосняка мшистого, составленной по результатам вышеупомянутой выборочной лесоинвентаризации Гродненщины. В частности, там содержится необходимая для вычислений относительного прироста по Антанайтису и Труллю средняя ширина годового слоя в возрастном разрезе.

Определение полного текущего прироста Z_M по нормальным ТХР осуществлялось с помощью коэффициента K , выражающего соотношение между текущим приростом нормальных и модальных сосняков в зависимости от полноты последнего (по Антанайтису В. В., Загрееву В. В. [3]) согласно формуле

$$Z_M = Z_H \times K,$$

где Z_H – текущий прирост нормального древостоя из таблиц хода роста, м³.

Относительную полноту модального сосняка для определения коэффициента K в нужном возрасте получали как отношение сумм площадей сечений G этого модального и нормального табличного древостоя G_n , соответствующего бонитета при одинаковой высоте (выполнялась линейная интерполяция G_n).

Результаты вычислений сведены в таблицу, в которой показано, что наиболее точно отражают полный текущий среднепериодический прирост сосновых древостоев мшистого типа леса Гродненщины нормативы В. Ф. Багинского. Отклонения по таблицам абсолютного прироста Багинского – Тереховой в изученном диапазоне 30–100 лет не выходят за пределы 10% при некоторой отрицательной систематической ошибке, такого же порядка точность расчета получается по нормальным ТХР Багинского – Моисеенко (за исключением 30-летних молодняков).

Таблица

**Текущий прирост сосновых древостоев Гродненской области мшистого типа леса
II класса бонитета**

Вариант определения прироста и отклонений	Полный текущий прирост по годам, м ³ /га							
	30	40	50	60	70	80	90	100
1. По ТХР нормальных древостоев с коррекцией на модальную полноту								
1.1. По Мирошникову В. С. и др.	7,5	7,5	7,4	6,6	6,0	4,8	3,8	3,2
1.2. По Багинскому В. Ф. и Моисеенко Ф. П.	11,0	9,9	9,1	7,9	7,1	5,8	4,5	3,9
1.3. По Атрощенко О. А.	12,5	7,9	6,6	5,5	5,0	4,2	3,4	3,1
1.4. По Юркевичу И. Д. и Ловчому Н. Ф.	11,1	8,4	6,0	4,4	3,6	2,7	1,8	1,4
2. По ТХР модальных древостоев и таблицам прироста								
2.1. По Багинскому В. Ф. и Тереховой Р. Л.	8,8	9	8,5	7,7	6,7	5,8	4,6	3,8
2.2. По Антанайтису В. В.	10,2	10,7	9,5	8,7	8	6,9	5,9	5,2
2.3. По Труллю О. А.	9,5	9,7	8,5	8,3	7,8	6,9	5,7	4,9
3. По материалам выборочной инвентаризации (100%)								
3.1. Гродненская область, 1999 г.	9,0	9,3	9,1	8,5	7,2	5,8	4,5	4,0
Отклонения 1.1–3.1, %	-17,2	-19,6	-19,1	-22,9	-17,1	-16,6	-14,8	-19,6
Отклонения 1.2–3.1, %	+21,8	+6,7	0,0	-7,6	-0,9	+0,5	+1,0	-3,4
Отклонения 1.3–3.1, %	+38,6	-14,9	-27,5	-35,2	-30,9	-28,4	-24,0	-23,3
Отклонения 1.4–3.1, %	+23,0	-10,0	-33,9	-48,5	-50,5	-53,8	-60,7	-65,9
Отклонения 2.1–3.1, %	-2,2	-3,2	-6,6	-9,4	-6,9	0,0	+2,2	-5,0
Отклонения 2.2–3.1, %	+13,3	+15,1	+4,4	+2,4	+11,1	+19,0	+31,1	+30,0
Отклонения 2.3–3.1, %	+5,0	+4,1	-6,8	-2,8	+7,9	+19,2	+26,2	+23,2

Близкие к данным инвентаризации оценки прироста дают таблицы Трулля, кроме возрастной группы спелых, где величина завышения переходит границу +20%. Похуже качество результатов вычислений по таблицам Антанайтиса, где отчетливо проявляется тенденция завышения прироста в молодых и спелых сосняках. По нормальным ТХР всех остальных авторов (кроме Багинского – Моисеенко) ошибки весьма значительные в сторону занижения величины текущего прироста, поэтому эти таблицы не стоит моделировать для наших целей.

Попытка построения по таблицам прироста ряда авторов математических моделей для определения полного текущего прироста сосняков и проверка их по данным выборочной инвентаризации лесов Негорельского учебно-опытного лесхоза в 1990 г. (355 выборочных площадок), предпринятая Гайчуком В. М. [4], показала, что лучшие результаты получены для уравнений, созданных по местным, белорусским нормативам – по таблицам Трулля и Багинского – Тереховой. Модель, разработанная по таблицам Антанайтиса, характеризовалась на полевом материале значительной систематической ошибкой преувеличения прироста (+12%), несмотря на большее, чем у отечественных авторов, число требуемых для расчета исходных показателей. В целом для уравнений по Труллю, Антанайтису и Багинскому – Тереховой исследователем [4] были получены легко прогнозируемые и по гродненским материалам знаки и относительные величины систематических ошибок, что, возможно, объясняется принадлежностью Негорельского лесхоза к тому же Неманско-Предполесскому лесорастительному району.

При выборе пригодного для моделирования нормативного материала, как и самой модели, прежде всего следует ориентироваться на приемлемое значение систематической погрешности вычислений, которая не должна быть более $\pm 5\%$ [7].

Допустимую величину среднеквадратической ошибки уравнения следует оценивать в зависимости от цели дальнейшего применения показателей прироста. Если требуется информация о приросте совокупности древостоев для нормирования лесопользования, то можно использовать модель и со значительной случайной погрешностью на основании общеизвестной закономерности, что среднеквадратическая ошибка уменьшается обратно пропорционально квадратному корню из числа измерений. ГИС предоставляет в этом отношении уникальную возможность, позволяя мгновенно выполнить расчет по всем участкам, представленным в базе данных, и таким путем достичь приемлемой точности результата.

При составлении плана рубок определяющее влияние на пригодность модели окажет вероятная среднеквадратическая ошибка для отдельного выдела соответствующих категорий насаждений. Из литературы [3] известно, что тогда ввиду большой изменчивости текущего прироста для получения его величины со среднеквадратической ошибкой $\pm 12\text{--}15\%$ при вероятности 0,68 обязательно натурное измерение средней ширины годового слоя (на 25–30 стволах). Последнее в Беларуси в производственных условиях не выполняется, поэтому придется мириться с большей погрешностью модели.

Очевидно, что преимущество практического применения останется за уравнениями, использующими в качестве входов показатели, содержащиеся в таксационных характеристиках поведельных баз данных лесоустроительной информации ГИС либо определяемые по последним (так, сумму площадей сечений можно вычислить на основании относительной полноты и высоты по стандартным таблицам). 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.

На основании вышеизложенного перспективны разработка и проверка для определения текущего прироста сосняков математических моделей приростных таблиц Багинского – Тереховой и нормальных таблиц хода роста Багинского – Моисеенко, а также непосредственное моделирование материалов выборочной инвентаризации лесов Гродненской области 1999 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Атрощенко О. А. Концепция и основные положения развития геоинформационных систем в лесном хозяйстве Беларуси // Труды БГТУ. Сер. лесн. хоз-ва. – Мн., 2002. – Вып. X. – С. 26–30.
2. Атрощенко О. А. Система моделирования и прогноза роста древостоев (на примере БССР): Дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.03.02. – Киев, 1996. – 520 с.
3. Антанайтис В. В., Загреев В. В. Прирост леса. – М.: Лесн. пром-сть, 1981. – 200 с.
4. Гайчук В. М. Математические модели для таксации текущего прироста сосновых древостоев // Труды БГТУ. Сер. лесн. хоз-ва. – Мн., 1994. Вып. II. – С. 27–31.
5. Атрощенко О. А., Минкевич С. И., Правосуд И. И. Программа и алгоритм обработки данных выборочной инвентаризации лесов Гродненской области математико-статистическим методом // Труды БГТУ. Сер. лесн. хоз-ва. – Мн., 2000. Вып. VIII. – С. 139–145.
6. Багинский В. Ф. Нормативные материалы для таксации лесов Белорусской ССР. – М., 1984. – 308 с.
7. Антанайтис В. В., Заунене Н. И., Кулешис А. А., Юкнис Р. А. Нормативы точности и методы таксации древостоев. – Каунас: ЛитСХА, 1985. – 76 с.
8. Мирошников В. С., Труль О. А., Ермаков В. Е. Справочник таксатора. – 2-е изд., перераб. – Мн.: Ураджай, 1980. – 360 с.
9. Юркевич И. Д., Ловчий Н. Ф. Сосновые леса Белоруссии: типы, ассоциации, продуктивность. – Мн.: Наука и техника, 1984. – 176 с.

УДК 528.4; 582; 587.2; 630*58

В. Ф. Нестеренок, доцент

О НЕСООТВЕТСТВИИ ИНСТРУКЦИИ ПО СОСТАВЛЕНИЮ ЛЕСНЫХ КАРТ ГЕОДЕЗИЧЕСКИМ ОСНОВАМ ГИС «ЛЕСНЫЕ РЕСУРСЫ»

It is shown, that technical positions of the Instruction on drawing up of forest maps do not answer to requirements of mapping's decision. The theoretical substantiation of necessary accuracy for theodolitic and kompass shootings is given.

Единая система координат при картографировании лесов Республики Беларусь в определенной мере реализуется, если в качестве геодезической основы лесоустроительных планшетов используются топографические карты масштаба 1:10 000, материалы землеустройства, полученные в той же государственной системе координат, а также данные спутниковых определений координат опорных точек. ГИС «Лесные ресурсы» основывается на создании цифровых моделей лесонасаждений (ЦМЛ). Базовые цифровые модели, составленные на площадь каждого лесоустроительного планшета, должны содержать полное топографическое описание местности, включая рельеф. Они создаются для ГИС на основе результатов крупномасштабных съемок. Материалы таких съемок в будущем будут оформлены и в виде ЦММ – топографических цифровых моделей местности.