

УДК 630*532

А. И. Колтунова
(Уральский государственный лесотехнический университет)

НЕКОТОРЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ТЕКУЩЕГО НАКОПЛЕНИЯ ФИТОМАССЫ В ДРЕВОСТОЯХ

Определение текущего прироста фитомассы древостоев – один из самых сложных и трудоемких вопросов в исследовании продуктивности насаждений (Молчанов, Смирнов, 1967; Усольцев, 1998). Наличие наиболее полной на сегодняшний день базы данных о фитомассе лесов Северной Евразии (Усольцев, 2001) и обширнейшего пакета таблиц биологической продуктивности (ТБП) основных лесообразующих пород этих лесов (Усольцев, 2002) предоставляет возможность анализа особенностей текущего изменения запасов их фитомассы. Разумеется, такой анализ позволяет получить лишь достаточно общее представление о характере процесса накопления фитомассы в том или ином регионе, однако значение его столь же существенно, что и конкретные сведения локального уровня.

Для проведения указанного анализа были сформированы выборки из 24 ТБП насаждений сосны естественного происхождения без проведенных разреживаний, т. е. нормальных и сомкнутых, и 18 ТБП березы (табл. 1). В выборки включены таблицы, классификационной основой которых является бонитетная шкала, ибо сравнение таблиц, составленных для типов леса – задача трудновыполнимая, поскольку типологические схемы различных регионов не всегда идентичны, тем более, что и представительство таких таблиц по регионам крайне неравномерное. Выборку по сосне составили ТБП со II по V класс бонитета, по березе – с Ia по V класс, что обусловлено наличием насаждений указанных классов в большинстве регионов Северной Евразии.

Расчет текущего изменения запаса фитомассы осуществлен традиционным в таксации способом – вычислялась средняя периодическая величина показателя за 10-летний период с отнесением полученных значений на конец периода.

Здесь следует отметить, что по вопросу «регистрации» среднепериодических величин прироста в пределах интервала их вычисления существуют различные точки зрения. Макаренко А. А. (1993), детально исследовав этот аспект в отношении текущего прироста запасов древесины, пришел к выводу, что наиболее точным размещением указанного показателя следует считать середину периода. Однако в расчетах среднепериодического изменения запасов фитомассы погрешность, возникающая из-за размещения полученных величин на временной шкале, не имеет существен-

ного значения, поскольку точность определения весовых характеристик фитомассы несколько ниже точности измерений прочих таксационных показателей (Карманова, 1976).

Таблица 1

Перечень ТБП, включенных в выборку для анализа текущего изменения запасов фитомассы по лесорастительным зонам и подзонам

Лесорастительная зона (подзона)	Таблицы биопродуктивности	
	Автор ТХР	Наименование
1	2	3
Сосня		
Северная тайга	В. И. Левин	Нормальные сосняки Архангельской области
	А. З. Швиденко и др.	Нормальные сосняки северной тайги Северо-востока Европейской России: обобщенный норматив
Средняя тайга	А. З. Швиденко и др.	Нормальные сосняки Карелии и Мурманской области: обобщенный норматив
	Г. С. Разин	Нормальные сосняки равнинной части Пермской области
	А. В. Тюрин	Нормальные сосняки Архангельской губернии
	А. З. Швиденко и др.	Нормальные сосняки Европейской России: обобщенный норматив
	А. З. Швиденко и др.	Нормальные сосняки средней и южной тайги Западной Сибири: обобщенный норматив
	А. З. Швиденко и др.	Нормальные сосняки таежной и лесостепной подзон Центральной и Восточной Сибири: обобщенный норматив
Южная тайга	Maas	Нормальные сосняки Швеции
	А. К. Варгас де Бедемар	Нормальные сосняки Ленинградской губернии
	А. З. Швиденко и др.	Нормальные сосняки Среднего Урала: обобщенный норматив
	С. И. Цай и др.	Сомкнутые сосняки Бурятии
	В/О «Леспроект»	Нормальные сосняки бассейна р. Ингода, Забайкалье
	А. З. Швиденко и др.	Нормальные сосняки горных районов Забайкалья: обобщенный норматив
Хвойно-широколиственные леса	J. Repšus	Нормальные сосняки Литвы
	J. Butenas	Нормальные сосняки Литвы
	В. Ф. Багинский, Ф. П. Моисеенко	Нормальные сосняки Белоруссии
	В. В. Загреев	Нормальные сосняки СНГ
Широколиственные леса	Schwappach	Нормальные сосняки Северо-Германской низменности
Степь	А. А. Макаренко	Сомкнутые сосняки островных боров Тургайского прогиба

Окончание табл. 1

1	2	3
Степь	А. А. Макаренко, А. И. Колтунова	Сомкнутые сосняки Казахского мелкосопочника
	А. З. Швиденко и др.	Нормальные сосняки Казахского мелкосопочника. обобщенный норматив
	А. А. Гурский	Сомкнутые сосняки ленточных боров Казахстанского Прииртышья
	А. З. Швиденко и др.	Нормальные сосняки ленточных боров Казахстанского Прииртышья: обобщенный норматив
Береза		
Южная тайга	А. К. Варгас де Бедемар	Нормальные березняки Ленинградской губернии
	А. К. Варгас де Бедемар	Нормальные березняки Самарской губернии
	Д. А. Милованович	Сомкнутые березняки Среднего Урала
	Г. С. Разин	Нормальные березняки равнинной части Пермской области
	П. М. Верхунов	Нормальные березняки Зауральского горного района, Башкирия
	С. С. Шанин, И. С. Никитин	Сомкнутые березняки Приангарья
	В/О «Леспроект»	Нормальные березняки бассейна р. Ингода, Читинская обл.
	Э. Н. Фалалеев, В. И. Корнилаев	Сомкнутые березняки Красноярского края
	Э. Н. Фалалеев, В. С. Поляков	Сомкнутые березняки Саянского района
Хвойно-широколиственные леса	А. В. Тюрин и др.	Сомкнутые березняки, всеобщие таблицы
	Н. Я. Саликов	Нормальные березняки, всеобщие таблицы
	В. Ф. Багинский, Ф. П. Моисеенко	Нормальные березняки Белоруссии
	И. Репшис	Нормальные березняки Литвы
	И. Бутенас и др.	Нормальные березняки Литвы
Широколиственные леса	М. Е. Лищук	Полные семенные березняки Украинского Полесья
Лесостепь	Ю. Л. Кирюков, С. Ю. Кирюков	Максимально продуктивные семенные березняки ЦЧР
	Г. Ф. Карпенко	Сомкнутые березняки Курганской области
Степь	В. М. Кричун	Сомкнутые березняки Северного Казахстана

*При проведении графических построений (рис. 1) выборка была дополнена сведениями об относительном текущем изменении запасов фитомассы в III классе бонитета ТБП сосны, составленных на основе ТХР: А.Д. Дударева (широколиственные леса), Ю.Л. Кирюкова, С.Ю. Кирюкова (степь); В.Б. Козловского, В.М. Павлова (южная тайга), Д.А. Миловановича (средняя тайга); Н.В. Огородова (средняя тайга); Г.А. Ходота, Г.Ф. Карпенко (южная тайга); А.П. Гаврилова (южная тайга); Н.Н. Гусева (южная тайга); Е.Л. Беззаботнова (лесостепь).

В данной работе анализировался только процесс накопления надземной (P_{abo}) и общей (P_{tot}) фитомассы, особенности же изменения по фракциям, а также убыль ее не рассматривались. Для сравнения использованы показатели для лиственницы (Усольцев, 2002) и фактические данные текущего прироста фитомассы сосны, полученные на 155 пробных площадях, сведения о которых приведены в 25 источниках, включенных в базу данных о фитомассе лесов Северной Евразии (Усольцев, 2001). В выборку вошли пробные площади (ПП), в составе древостоев которых преобладает сосна (8 – 10С), с относительной полнотой 0.8 – 1.0, определенной по стандартным таблицам ЦНИИЛХа.

Абсолютные величины текущего прироста фитомассы малоприспособны для сравнения, поскольку отражают влияние множества факторов среды и в значительной степени коррелируют с колебаниями метеоусловий (Карманова, 1976). Как указывает И. И. Шмальгаузен (1935), наиболее общие закономерности выявляются при исследовании относительного прироста изучаемых биологических объектов. «Анализ динамики относительного прироста, – пишет И. В. Карманова (1976, с. 25), – по сравнению с абсолютным позволяет более четко выделить закономерности роста».

Анализ относительного текущего изменения основных таксационных показателей древостоев по данным различных таблиц хода роста (ТХР) позволил констатировать, что исследуемый признак не зависит от условий и района произрастания древостоя (Колтунова, 1996), и кривые, отражающие его динамику по классам бонитета, столь мало отличаются, группируясь в узкую компактную полосу в системе координат, что расчет средней линии изменения данного признака во времени в первом приближении вполне правомерен, на что в свое время указывали Г. Б. Кофман, В. В. Кузьмичев, Р. Г. Хлебопрос (1976).

Полученные относительные показатели текущего изменения надземной и общей фитомассы в пределах класса бонитета по данным исследуемых ТБП не имеют существенных отличий во всех 89 случаях их сравнения по сосне и 73 – по березе (наибольшая величина $\chi_{\phi}^2 = 0,2030 \leq \chi_{0,5}^2 = 22,4$ при 13 степенях свободы), поэтому основной анализ выполнен по надземной фитомассе.

Сравнение данных относительного текущего изменения запасов надземной фитомассы по классам бонитета ТБП выявило, что величины этого показателя в различных условиях местопроизрастания очень мало отличаются друг от друга (в качестве примера – данные табл. 2). Следует отметить, что видоспецифичность этого показателя также не проявляется, его величины для древостоев березы и лиственницы по данным предварительного анализа не имеют существенных отличий от сосны (табл. 3).

Таблица 2

Относительное изменение запасов надземной фитомассы древостоев

Лесорастительная зона (автор ТХР)	Возраст древостоя, лет	Относительное изменение запасов надземной фитомассы по классам бонитета, %			
		II	III	IV	V
1	2	3	4	5	6
Сосна					
Северная тайга (Левин В. И.)	30	3,3333	3,3333	3,3333	3,3333
	40	2,5266	2,7227	2,5890	2,4289
	50	2,2272	2,3292	2,3420	2,1880
	60	1,7196	1,6142	1,7485	1,9863
	80	1,0193	1,2087	1,1036	1,1700
	100	0,6701	0,7315	0,8083	0,8384
	120	0,4779	0,4320	0,4192	0,5063
	140	0,1287	0,0238	0,0213	0,0312
Средняя тайга (А. З. Швиденко и др.)	20	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000
	30	3,3642	4,2256	4,7585	5,1837
	40	2,3529	2,9926	3,4076	3,6856
	50	1,7389	2,1764	2,4727	2,7881
	60	1,3299	1,6287	1,8446	2,0766
	70	1,0414	1,2394	1,3816	1,5547
	80	0,8299	0,9568	1,0685	1,2131
	90	0,6729	0,7533	0,8091	0,9496
	100	0,5408	0,5854	0,6286	0,7418
	110	0,4464	0,4673	0,4988	0,5781
	120	0,3723	0,3713	0,3848	0,4609
	130	0,3115	0,2967	0,3098	0,3724
140	0,2556	0,2440	0,2408	0,2848	
Южная тайга (А. К. Варгас де Бедемар)	20	5,0000	5,0000	–	–
	30	2,8889	2,8803	3,3333	3,3333
	40	2,6692	2,3684	2,6111	2,5714
	50	2,2449	2,3731	2,1965	2,1907
	60	1,9104	1,8479	1,7225	1,5437
	70	1,5426	1,5391	1,3547	1,2594
	80	1,2405	1,1845	0,9795	0,8253
	90	0,9489	1,0418	0,7666	0,6795
	100	0,7689	0,7440	0,4836	0,4762
	110	0,6122	0,5671	0,4836	–
	120	0,4369	0,4759	0,2212	–
	130	0,3540	0,3608	0,0832	–
140	0,2185	–	–	–	

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6
Береза					
Южная тайга (А. К. Варгас де Бедемар)	20	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000
	30	3,1555	3,2576	3,1280	3,0909
	40	2,5708	2,5106	2,4911	2,5272
	50	2,1301	2,2357	2,1399	2,0518
	60	1,8042	1,6926	1,5584	1,1641
	70	1,4223	1,3801	1,1954	0,3676
	80	1,0738	0,9622	0,7053	0,2683
	90	0,6436	0,5331	0,3361	–
	100	0,4545	0,1659	–	–
Хвойно- широколиственные леса (А. В. Тюрин и др.)	10	10,0000	10,0000	10,0000	–
	20	6,0907	6,4451	7,3640	5,0000
	30	3,7685	3,9826	4,3095	4,6557
	40	2,5996	2,6187	2,7959	2,8738
	50	1,8704	1,9023	1,9475	1,9245
	60	1,3333	1,3799	1,4218	1,4100
	70	1,0321	1,0289	0,9539	0,9927
	80	0,7509	0,7578	0,7349	0,7056
	90	0,5604	0,5078	0,5090	–
Степь (В. М. Кричун)	10	10,0000	10,0000	10,0000	–
	20	6,5873	7,0416	7,1287	–
	30	3,8435	3,7952	3,6885	–
	40	2,4936	2,3051	2,0722	–
	50	1,6560	1,4124	1,5948	–
	60	1,0526	1,2386	1,2684	–
	70	0,8324	0,6823	0,9250	–
	80	0,5841	0,5832	0,8381	–

Таблица 3

**Относительное текущее изменение запаса надземной фитомассы
IV класса бонитета лиственничников***

Возраст, лет	Относительное текущее изменение запаса Рабо (о классам бонитета), %		
	I	II	III
30	3,3333	3,3333	3,3333
40	2,7595	–	2,8978
50	2,2927	1,9938	2,3465
60	1,8131	–	1,6043
70	1,4070	1,2179	1,3329
80	1,0832	–	0,9812
90	0,8459	0,8347	0,6953
100	0,6934	–	0,5701

*ТХР: I) Калинин (северная тайга); II) Фалалеев (средняя тайга); III) лиственничники Сахалина (средняя тайга).

Анализируя данные по соснякам, можно отметить, что несколько большие отличия характерны для молодняков и средневозрастных древостоев, к возрасту спелости (100 – 120 лет) относительное текущее изменение надземной фитомассы практически одинаково для всех классов бонитета. Сравнение полученных значений этого показателя в возрасте 30 лет позволило условно выделить 2 группы ТБП: I – варьирование в пределах от 2,07 до 3,97%; II – от 3,98 до 5,88%. Каких-либо закономерностей по лесорастительным зонам и подзонам для этих групп выявить не удалось, однако при анализе значений относительного текущего изменения надземной фитомассы по классам бонитета установлено, что ухудшение условий местопроизрастания для древостоев абсолютного большинства ТБП не приводит к изменению их групповой принадлежности, однако обобщенные нормативы (Швиденко и др.) для Урала, Казахского мелкосопочника, Центральной и Восточной Сибири имеют тенденцию уменьшения варьирования относительного текущего изменения запаса надземной фитомассы с возрастанием класса бонитета, что, по-видимому, можно объяснить особенностями методики обобщения исходных ТХР.

Статистическое сравнение рядов относительного текущего изменения надземной фитомассы по классам бонитета не выявило достоверных различий ни по критерию «хи-квадрат» Пирсона, ни при использовании более мощного критерия Колмогорова-Смирнова (Урбах, 1964) – во всех случаях сравнения (119 – по сосне, 139 – по березе) нулевая гипотеза о принадлежности сравниваемых рядов к одной генеральной совокупности не опровергается. Поэтому анализ данных географических закономерностей изменения исследуемых признаков выполнен для III класса бонитета сравниваемых ТБП.

Выявить характер связи текущего изменения запасов надземной фитомассы в абсолютных и относительных единицах как в возрасте кульминации исследуемого признака, так и в возрасте спелости, с широтой, долготой местности и индексом континентальности (Усольцев, 2002) не представилось возможным, так как теснота связи очень незначительна (коэффициент корреляции от 0,17 до 0,53), тем не менее графические построения позволяют отметить определенные закономерности изменения исследуемых признаков как в широтном, так и в долготном направлениях. Они соответствуют установленным В. А. Усольцевым (2001, 2002) закономерностям изменения фитомассы по географическим координатам.

Статистический анализ не выявил достоверных различий между рядами относительного текущего изменения запасов надземной фитомассы древостоев из ТБП различных географических регионов. Для всех случаев сравнения выборки из 24 ТБП древостоев сосны и 18 ТБП березы по критерию Колмогорова-Смирнова нулевая гипотеза о принадлежности рядов (231 – сосна, 153 – береза) к одной генеральной совокупности не была от-

вергнута. Таким образом, как и относительное текущее изменение запаса стволовой древесины, так и относительное изменение запасов надземной фитомассы древостоев не зависят от условий среды их произрастания, но изменяются во времени, что позволяет аппроксимировать возрастной характер исследуемого признака. В качестве аппроксимирующей функции использовано уравнение системы кривых Пирсона:

$$Z_{отн} = \frac{t + b}{c_0 + c_1 t + c_2 t^2},$$

где $Z_{отн} = \frac{dP}{Pdt}$ – относительное текущее изменение запаса надземной фитомассы, %;
 t – время, лет.

Анализ данных текущего прироста надземной фитомассы сосняков на пробных площадях выявил, что характер возрастного тренда относительного прироста аналогичен относительному текущему изменению запасов фитомассы из ТБП и также может быть аппроксимирован по приведенному уравнению. Параметры уравнений приведены в табл. 4, графическая интерпретация данных – на рис. 1.

Таблица 4

Характеристики моделей относительного изменения фитомассы древостоев

Порода	Параметры уравнений				R
	b	c ₀	c ₁	c ₂	
Сосна (ТБП)	-176,3217	-6,60715	-1,06289	0,0002466	0,984
Береза (ТБП)	-112,031	-2,090966	0,7304346	0,0015135	0,978
Сосна (ПП)	-13,11295	0,1929063	0,0320928	0,0033562	0,864

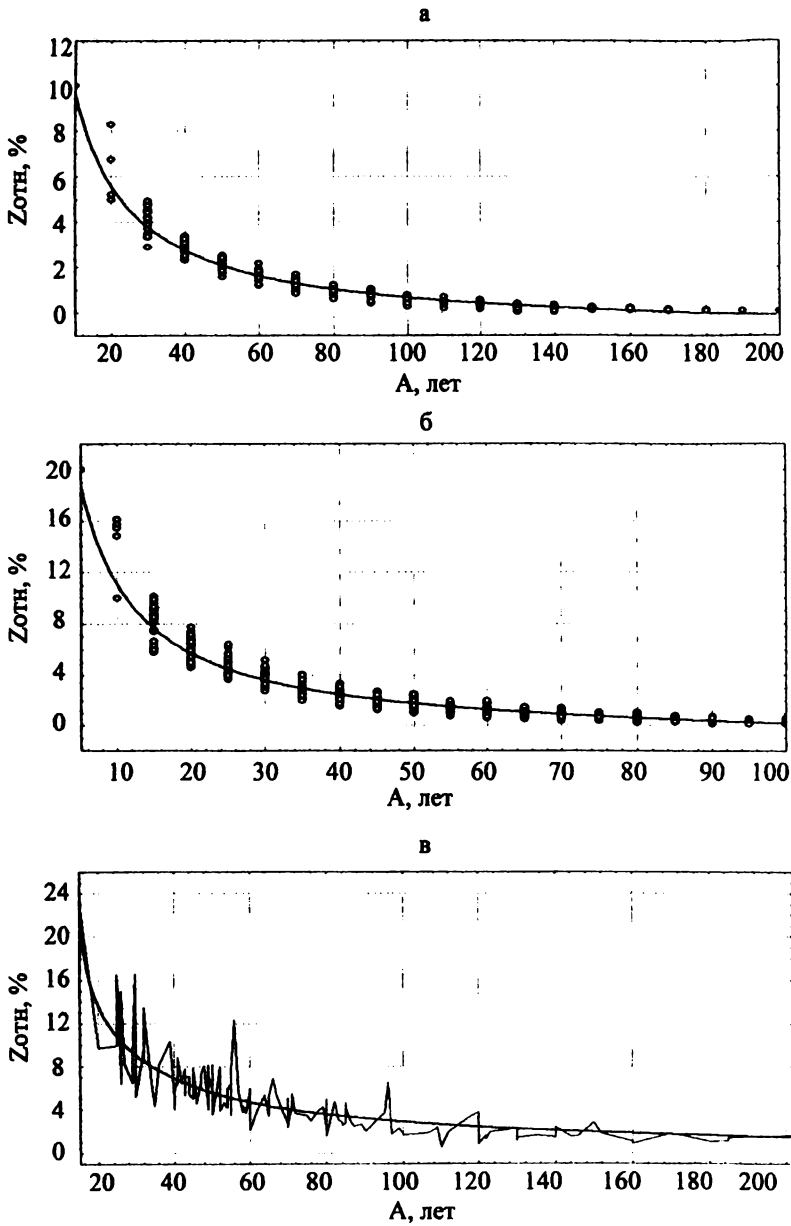


Рис. 2. Возрастное накопление фитомассы по данным таблиц биопродуктивности: сосны (а), березы (б) и пробных площадей (в)

Полученные уравнения позволяют рассчитать в первом приближении единый возрастной ряд текущего изменения запасов надземной фитомассы для древостоев каждой из пород и сравнить их между собой. Проведенное сравнение этих рядов по критерию Колмогорова-Смирнова подтверждает ранее сделанное предположение об отсутствии видоспецифичности исследуемого процесса ($\lambda^2 = 0,33 < \lambda_{0,5}^2 = 1,84$). Однако аппроксимированный ряд значений возрастного тренда относительного текущего прироста фитомассы древостоев на пробных площадях имеет статистически значимые отличия от установленного единого ряда относительного текущего изменения запасов надземной фитомассы сосны по данным ТБП (критерий Колмогорова-Смирнова $\lambda^2 = 3,85 > \lambda_{0,1}^2 = 2,65$), что вполне объясняется отсутствием подбора естественного ряда развития для древостоев пробных площадей и неоднозначностью методик определения текущего прироста фитомассы.

Таким образом, проведенный анализ позволяет констатировать, что относительные величины текущего накопления запасов фитомассы не зависят от породы, условий и района произрастания древостоев, их возрастную динамику отражает дифференциальное уравнение системы кривых Пирсона.

Библиографический список

- Карманова И. В. Математические методы изучения роста и продуктивности растений. М., 1976. 223 с.
- Колтунова А. И. Моделирование роста и строения сосняков Казахского мелкосопочника: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Алматы, 1996. 24 с.
- Кофман Г. Б., Кузьмичев В. В., Хлебопрос Р. Г. Принципы построения бонитетных шкал. Красноярск, 1976. 31 с.
- Макаренко А. А. Прирост древостоев: система взаимосвязи разновидностей. Алматы, 1993. 40 с.
- Молчанов А. А., Смирнов В. В. Методика изучения прироста древесных растений. М., 1967. 100 с.
- Урбах В. Ю. Биометрические методы. М., 1964. 415 с.
- Усольцев В. А. Формирование банков данных о фитомассе лесов. – Екатеринбург: Изд-во УрО РАН, 1998. 541 с.
- Усольцев В. А. Фитомасса лесов Северной Евразии: база данных и география. Екатеринбург, 2001. 708 с.
- Усольцев В. А. Фитомасса лесов Северной Евразии: нормативы и элементы географии. Екатеринбург, 2002. 762 с.
- Шмальгаузен И. И. Определение основных понятий и методика исследований роста // Рост животных. М., Л., 1935. С. 8-60.