

А.К. Габделхаков

**ДИНАМИКА ТЕКУЩЕГО ПРИРОСТА ДРЕВОСТОЯ
ЛИПЫ МЕЛКОЛИСТНОЙ (*TILIA CORDATA* MILL.)**

Введение. Изменение климата [State ..., 2021; Третий оценочный ..., 2022] оказывает влияние как на древесные виды, так и на лесные экосистемы в целом. Это становится все более очевидным в течение последних десятилетий [Juknys et al., 2011; Pretzsch et al., 2014; Dahlhausen et al., 2018; Hilmers et al., 2019]. Деревья и леса меняют свой рост из-за измененных потенциальных условий произрастания и, кроме того, могут столкнуться с новыми эффектами конкуренции со стороны других видов экосистемы [Pretzsch et al., 2022]. При этом рост деревьев и насаждений позволяет оценить устойчивость и приспособленность вида к изменениям окружающей среды [Pretzsch et al., 2009]. Однако существуют значительная неопределенность и, следовательно, трудности в количественном определении многих конкретных рисков и/или воздействий на этот процесс [Nemery et al., 2010; Albert et al., 2017]. При анализе роста деревьев и древостоев наиболее чувствительным и информативным индикатором является их текущий прирост, который позволяет реконструировать историю реакций древесного вида на изменения окружающей среды, а также сделать выводы о степени его адаптивности, особенно на границах ареала распространения [Muffler et al., 2020; Martinez Del Castillo et al., 2022]. Величину текущего прироста с учетом отпада и древесных растений, перешедших в результате роста из категории подроста в древостой, можно рассчитать путем двух контрольных измерений древостоя постоянной пробной площади (ППП) – в начале и в конце периода исследований. Длительные наблюдения на ППП обладают рядом преимуществ перед однократными, но связаны с большими трудозатратами [Pretzsch et al., 2019]. Поэтому необходимы как повторные наблюдения на ППП для подтверждения или опровержения состояния наблюдаемых деревьев и тенденций их роста с течением времени [Pretzsch et al., 2022], так и наблюдения на временных пробных площадях (ВПП) для однократных исследований путем реконструкции древесно-кольцевой хронологии на основе ядер деревьев [Neum et al., 2018].

В настоящее время многие исследователи фиксируют повышенный уровень прироста лесных насаждений по сравнению с таблицами хода роста дре-

востоев [Kohnle et al., 2014; Staupendahl et al., 2016; Pretzsch et al., 2020], большинство которых в нашей стране были разработаны в прошлом веке. Годовые темпы прироста стали выше, запасы древостоев быстрее достигают возраста количественной спелости [Pretzsch et al., 2020]. Поскольку данные прироста насаждений используются при оценке расчетной лесосеки, они обеспечивают устойчивое использование лесов, и, следовательно, их недооцененный потенциал приведет к ошибкам в планировании лесного хозяйства.

Чистые и смешанные насаждения липы мелколистной (*Tilia cordata* Mill.) занимают свыше одной пятой части лесного фонда Республики Башкортостан (около 1,2 млн га) и имеют очень важное значение с экологической, лесоводственной, хозяйственной и ландшафтной точек зрения. Липа может быть ценной в изменяющемся климате породой за ее широкую экологическую амплитуду, устойчивость к засухе и многочисленные лесоводственные свойства [Pigott, 2012; Daugaviete et al., 2019]. Учитывая потенциальное изменение конкуренции между видами в одних регионах и необходимость существенной диверсификации в других, липа может играть важную роль в адаптации лесов к изменению климата [Latte et al., 2020]. Для этого необходимо расширить наши знания о регенерации и реакции на экологические и лесоводственные факторы, установить четкие рекомендации по ведению лесного хозяйства в насаждениях липы [Jaeger et al., 2016].

В связи с вышесказанным у исследования было три цели. Первая заключалась в оценке величины общего текущего прироста запаса древостоя на ППП. Вторая цель состояла в том, чтобы сравнить методы оценки текущего прироста по данным длительных наблюдений и по однократным измерениям. Третья цель заключалась в том, чтобы оценить, отклоняется ли текущий прирост исследуемого древостоя от данных существующих таблиц хода роста.

Материалы и методика исследования. Исследуемый лесной участок находится на территории Дмитриевского участкового лесничества, около деревни Ягодная Поляна, в 13 км на северо-запад от центра г. Уфы (Республика Башкортостан). Координаты участка 54.77855 с.ш. 55.77220 в.д., высота около 104 м н. у. м., почва темно-серая лесная суглинистая. Климат континентальный (среднегодовая температура воздуха +3 °С, средняя температура января – –15 °С, июля – +19 °С), среднегодовое количество осадков около 500 мм.

Наблюдаемый древостой липы мелколистной порослевого происхождения III класса бонитета расположен в равнинной местности, где на наиболее характерном по условиям участке автором статьи в 1990 г. была заложена

на постоянная пробная площадь (ППП) размером 0,3 га. Все деревья на ППП с диаметром на высоте 1,3 м (d) > 6 см были пронумерованы, была собрана информация об их состоянии (живые или сухостойные), видах, d и высотах (h). Дополнительно учитывалась валёжная древесина. Такое наблюдение на ППП проводилось в 1990, 1995, 2006, 2013, 2018 и 2023 гг., что позволило использовать для расчета текущего прироста древостоя как выжившие при смежных учетах деревья, так и ушедшие в отпад.

В 1990 г. на лесном участке (за пределами буферной зоны ППП) для полного анализа хода роста было срублено десять деревьев в зависимости от h и d : одно доминантное – лучшего роста и с развитой кроной в верхнем пологе, пять средних – хорошего роста из средней части полога, четыре подчиненных – с худшим ростом из нижней части полога (табл. 1). Анализ хода роста стволов произведен стандартным методом по замерам годичных колец и их ширины на каждом диске из середины 2-метровых секций. Процент объемного прироста (P_V) модельных деревьев найден по формуле М. Пресслера:

$$P_V = \frac{200}{t} \cdot \frac{V_a - V_{a-t}}{V_a + V_{a-t}}, \quad (1)$$

где V_a – объем ствола в возрасте A ; V_{a-t} – объем ствола в возрасте t лет назад; t – учетный период времени.

Таблица 1

Дендрометрические параметры модельных деревьев

Dendrometric parameters of model trees

Класс	A , лет	h , м	d , см	Длина кроны, м	Ширина кроны, м	Z_h , м·год ⁻¹	Z_d , см·год ⁻¹	Z_V , м ³ ·год ⁻¹	P_V , %
Доминантное	71	21,9	34,4	14,5	4,2	0,30	0,60	0,0200	4,4
Среднее	69	18,3	21,1	14,4	4,7	0,07	0,28	0,0090	4,1
Среднее	68	22,0	26,1	12,0	3,2	0,34	0,43	0,0200	5,3
Среднее	60	21,5	20,9	15,0	2,5	0,55	0,26	0,0074	3,9
Среднее	58	20,4	27,2	16,7	2,5	0,42	0,43	0,0216	5,7
Среднее	59	19,0	20,7	10,0	2,0	0,13	0,25	0,0105	4,2
Подчиненное	49	18,5	16,2	14,5	1,5	0,32	0,34	0,0080	6,6
Подчиненное	49	19,8	16,8	16,7	1,7	0,20	0,42	0,0079	5,7
Подчиненное	44	18,4	17,0	13,4	1,0	0,13	0,30	0,0063	5,0
Подчиненное	43	15,5	10,7	11,5	0,5	0,13	0,33	0,0055	10,3

Примечание: сокращения приведены в тексте статьи

Существуют различные методы нахождения текущего прироста древостоев [Верхунов, Черных, 2007]. В данной статье рассматриваются несколько способов, отличающихся по уровню организации во временном масштабе. Определение общего текущего прироста запаса древостоя (Z_{M_A}) на ППП произведено упрощенно а) с применением объемных таблиц [Сортиментные..., 2002] с двумя входами (d и h) как разница между запасами древостоя в настоящее время (M_A) и t лет назад (M_{A-t}) с учетом отпада за учетный период (M_t^o), соотношенная к t :

$$Z_{M_A} = \frac{M_A - M_{A-t} + M_t^o}{t}. \quad (2)$$

Кроме отпада между двумя периодами наблюдений, учитывался объем деревьев, перешедших из категории подроста в древостой (они превысили порог d в 6 см).

Для начального периода наблюдения (1990 г.) Z_{M_A} определен:

б) через проценты объемного прироста срубленных модельных деревьев (P_V) и запаса древостоя (M_A) без коры:

$$Z_{M_A} = 0,01 \cdot M_A^{\text{БК}} \cdot \bar{P}_{Z_M}, \quad (3)$$

где \bar{P}_{Z_M} – средний процент текущего годового прироста запаса древостоя:

$$\bar{P}_{Z_M} = \frac{\sum_{j=1}^m (P_{V_j} \cdot V_j \cdot n_j)}{\sum_{j=1}^m (V_j \cdot n_j)}, \quad (4)$$

где P_{V_j} – процент текущего годового прироста объема ствола, отнесенный к j -й ступени толщины; V_j – объем ствола, отнесенный к j -й ступени толщины; n – количество деревьев в j -й ступени толщины; m – количество ступеней толщины в древостое. Показатели P_{V_j} получены выравниванием данных модельных деревьев (табл. 1) функцией:

$$P_{V_j} = -4,144 \cdot \ln(d) + 17,966, \quad (5)$$

при коэффициенте детерминации $R^2 = 0,51$, среднеквадратической ошибке $RMSE = 2,139$ и значимости уравнения $F = 8$ с вероятностью $p = 0,02$;

в) по прямой текущего объемного прироста (Z_V). Находится линейная зависимость Z_V от площади сечения на высоте 1,3 м ($g_{1,3}$) модельных деревьев:

$$Z_{V_j} = 0,00002 \cdot g_{1,3_j} + 0,003, \quad (6)$$

с $R^2 = 0,75$, $RMSE = 0,007$, $F = 24$ при $p = 0,001$. Значения Z_V для j -го класса d снимают по $g_{1,3}$ соответствующей ступени толщины. Далее прирост запаса всего древостоя составит:

$$Z_{M_A} = \sum_{j=1}^m (Z_{V_j} \cdot n_j); \quad (7)$$

г) по элементарному приросту объема стволов проф. М.Л. Дворецкого:

$$Z_{V^{ei}} = Z_V \div Z_d \text{ от } d \text{ модельного дерева.} \quad (8)$$

где Z_d – текущий прирост по d . Для этого составляются модели зависимости $Z_{V^{ei}}$ от d и Z_d от d . В нашем случае применили следующие модели:

$$Z_{(V^{ei})} = -0,00005 \cdot d_j^2 + 0,0038 \cdot d_j - 0,0241, \quad (9)$$

с $R^2 = 0,79$, $RMSE = 0,014$, $F = 13$ при $p = 0,004$;

$$Z_{d_j} = 0,0057 \cdot d_j + 0,2284, \quad (10)$$

с $R^2 = 0,25$, $RMSE = 0,086$, $F = 3$ при $p = 0,14$.

Далее применяем формулу:

$$Z_{M_A} = \sum_{j=1}^m (Z_{V_j}^{ei} \cdot Z_{d_j} \cdot n_j). \quad (11)$$

Верификация Z_{M_A} в конце наблюдения проведена по способу д) простых процентов прироста площади сечений (P_g) и высоты (P_h) деревьев. С этой целью в конце вегетационного сезона 2023 г. в исследуемом насаждении в буферной зоне ППП заложены три круговые пробные площади, где путем случайной выборки по специально заданной схеме [Габделхаков и др., 2023] были отобраны 19 деревьев, на которых приростным буравом Пресслера взято 44 керна. На кернах произведено измерение ширины последних пяти годовичных колец ствола (r_5) с точностью до 0,01 мм. Это позволило рассчитать P_g :

$$P_g = 100 \cdot \frac{d^2 - (d - d_{t-1})^2}{(d - d_{t-1})^2}, \quad (12)$$

где $d_{t-1} = d - 2r_5/5$ – диаметр год назад, см.

Далее, используя модель

$$h = 1,3 + 1,427204 \cdot d - 0,036890 \cdot d^2 + 0,000457 \cdot d^3 - 0,000002 \cdot d^4, \quad (13)$$

с $R^2 = 0,99$, $RMSE = 0,038$, $F = 55602$ при $p < 0,001$, составленную по данным сортиментных таблиц для второго разряда высот, рассчитывается P_h :

$$P_h = 100 \cdot \frac{h^2 - (h - h_{t-1})^2}{(h - h_{t-1})^2}, \quad (14)$$

где h_{t-1} – высота год назад (м), также найденная по модели (12).

Учитывая короткий учетный период обследования, только 5 последних лет, игнорируется вариационная составляющая коэффициента формы, следовательно, процентный прирост объема деревьев будет примерно равным:

$$P_V = P_g + P_h. \quad (15)$$

Выравненные по d расчетные значения P_V учетных деревьев по ступеням толщины используются для нахождения общего текущего прироста древостоя по запасу:

$$Z_{M_A} = \sum_{j=1}^m (Z_{V_j} \cdot n_j) = \sum_{j=1}^m (0,01 \cdot P_{V_j} \cdot V_j \cdot n_j). \quad (16)$$

Сравнение расчетных значений Z_{M_A} проведено по данным таблиц хода роста, разработанных во второй половине прошлого столетия [Козьяков, 1963; Буховец, 1965; Мурахтанов, 1972; Böckmann, 1991].

Все расчеты выполнены в Microsoft Excel и Statistica.

Результаты исследования. На начальный период наблюдения (57 лет) Z_d модельных деревьев изменялся от $0,25 \text{ см} \cdot \text{год}^{-1}$ для дерева ступени толщины в 20 см до $0,60 \text{ см} \cdot \text{год}^{-1}$ для доминантной модели (ступень толщины 36 см), при этом наименьшая модель (12 см) имела Z_d , равный $0,33 \text{ см} \cdot \text{год}^{-1}$ (табл. 1). Период перехода дерева из одной ступени толщины в следующую варьировал от 8 до 15 лет соответственно для ступеней толщины от 8 до 36 см. К 90 годам этот период перехода, рассчитанный по кернам, составил, соответственно, 20 и 24 года.

Измеренные значения Z_h колеблутся от $0,07 \text{ м} \cdot \text{год}^{-1}$ до $0,55 \text{ м} \cdot \text{год}^{-1}$ для моделей ступени толщины 20 см, в то время как доминантная модель имела Z_h , равный $0,30 \text{ м} \cdot \text{год}^{-1}$, а модель с минимальным d имела значение $0,13 \text{ м} \cdot \text{год}^{-1}$.

Для P_V модельных деревьев наблюдается тенденция уменьшения с увеличением d – от 10,3% для модели самого меньшего размера до 4,4% для доминантной с некоторыми вариациями (средняя модель с $P_V = 3,9\%$).

Таблица 2

Динамика таксационных показателей исследуемого древостоя
Dynamics of inventory indicators of the studied tree stand

Возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Число стволов, экз.·га ⁻¹	Сумма площадей сечений, м ² ·га ⁻¹	Запас леса, м ³ ·га ⁻¹	
					сыро-растущего	сухостойного и валежного
57	18,8	20,6	867	30,90	281	12
62	19,1	21,6	864	33,09	296	19
73	19,2	22,9	855	36,71	335	43
80	19,3	24,1	825	40,33	380	14
85	19,8	25,8	749	40,81	389	4
90	20,1	27,2	708	43,23	418	18

Окончание таблицы 2

Возраст, лет	Текущий прирост запаса древостоя (м ³ ·га ⁻¹ ·год ⁻¹) по способам определения				
	(а)	(б)	(в)	(г)	(д)
57	–	9,86	8,63	9,47	–
62	6,80	–	–	–	–
73	7,45	–	–	–	–
80	8,43	–	–	–	–
85	2,60	–	–	–	–
90	9,40	–	–	–	6,21

На основе шести учетов получен набор данных, характеризующий динамику таксационных показателей древостоя (табл. 2). Древостой охвачен инвентаризацией в возрасте от 57 до 90 лет. За этот период времени состав древостоя изменился от 9ЛП1Б+Д+В до 10ЛП+Б+Д+Кл, общее количество деревьев сократилось с 867 до 708 экз.·га⁻¹. Присутствие березы уменьшилось с 13 особей на 1 га до 3, дуба – с 10 до 9. Три экземпляра вяза выпали к 73 годам. Количество деревьев клена, превысивших в процессе роста порог *d* в 6 см, к 90 годам составило 6 экз.·га⁻¹. Распределение деревьев липы по ступеням толщины показало соответствие их нормальному распределению на всех этапах наблюдения. Средняя высота древостоя за этот период

увеличилась с 18,8 м до 20,1 м, а запас растущего леса – с 281 до 418 $\text{м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$. За весь период наблюдения отпад составил 110 $\text{м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$, причем в возрасте 62, 73 и 90 лет он в среднем был выше (3,8, 3,9 и 3,6 $\text{м}^3 \cdot \text{га}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$ соответственно), чем в остальные периоды (0,8–2,4 $\text{м}^3 \cdot \text{га}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$).

Общий текущий прирост древостоя в возрасте 62–90 лет варьирует в пределах 2,6–9,4 $\text{м}^3 \cdot \text{га}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$ (табл. 2); в 57 лет, рассчитанный по данным одних и тех же модельных деревьев, но разными способами – 8,63–9,86 (в среднем 9,32) $\text{м}^3 \cdot \text{га}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$. Сравнение расчетных значений Z_{MA} с данными таблиц хода роста представлено на рис. 1.

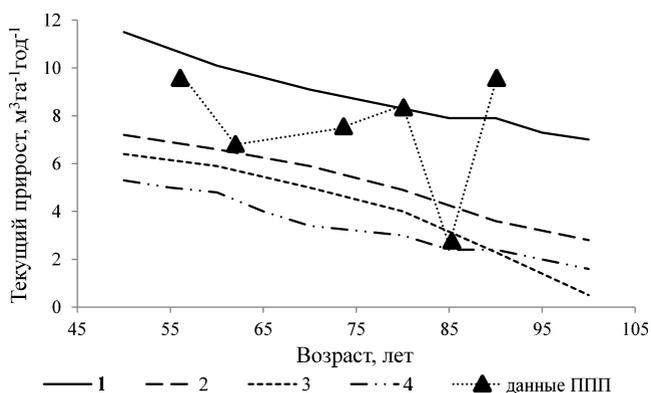


Рис. 1. Динамика Z_{MA} древостоя липы по сравнению с таблицами хода роста Вёckmann Т. [1991] (1), Буховец Г.М. [1965] (2), Козьякова С.И. [1963] (3), Мурахтанова Е.С. [1972] (4)

Fig. 1. Dynamics of Z_{MA} of linden tree stand in comparison with the courses of the yield tables made by Вёckmann Т. [1991] (1), Bukhovets G.M. [1965] (2), Koz'yakov S.I. [1963] (3), Murakhtanov E.S. [1972] (4)

Обсуждение. В данном исследовании на основе 33-летних наблюдений на ППП древостоя липы мелколистной показаны несколько упрощенных способов оценки Z_{MA} с результатом от 2,6 до 9,4 $\text{м}^3 \cdot \text{га}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$. Причем показатель прироста для 85-летнего периода в 2,6 $\text{м}^3 \cdot \text{га}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$ в два и более раза меньше, чем для остальных наблюдений. Можно предположить, что это реакция древостоя ППП на стрессовое воздействие повышения температуры при низких осадках в 2015–2016 гг. Точность определения прироста данным способом составляет в среднем $\pm 5\text{--}6\%$, отдельные погрешности могут достигать $\pm 8\text{--}10\%$ [Верхунов, Черных, 2007]. Для сравнения, в естественных лип-

ниях Латвии, произрастающих в более благоприятных условиях, текущий прирост древостоев в возрасте 57–186 лет составил 8,9–14,5 м³·га⁻¹·год⁻¹ [Šņepsts et al., 2021]. По данным другого исследования в чистых липняках 80 лет с единичным участием сосны Z_{M_A} составил 6,0 м³·га⁻¹·год⁻¹, в 90-летнем с примесью ели и ясеня – 4,85 м³·га⁻¹·год⁻¹, в смешанном липняке (6 единиц состава) с осиной, березой, ясенем и елью 115 лет – 10,65 м³·га⁻¹·год⁻¹ [Daugaviete et al., 2019]. В строго охраняемом заповеднике «Las lipowy Obrożyska» Польских Карпат реликтовые двухвековые липняки имели текущий прирост запаса от 6,30 до 9,58 м³·га⁻¹·год⁻¹ [Pach et al., 2013]. Данные Z_{M_A} исследованного древостоя заслуживают сравнения с текущим приростом липовых лесов Германии, где диапазоны продуктивности оцениваются в 8,8–5,0 м³·га⁻¹·год⁻¹ [Böckmann, 1990]. Таким образом, можно заключить, что исследованный липняк имеет прирост, сопоставимый с приростом европейских естественных древостоев липы.

Для начального периода наблюдения (57 лет) способы б), в) и г), основанные на применении данных анализа хода роста десяти модельных деревьев, дали близкие значения – в среднем 9,32 м³·га⁻¹·год⁻¹ (без учета отпада, который приближенно оценивается в размере 2,4 м³·га⁻¹·год⁻¹). Различия Z_{M_A} между этими способами (0,4–1,2 м³·га⁻¹·год⁻¹) обусловлены как методическим подходом, так и изменчивостью приростов модельных деревьев (Z_h , Z_d) и P_V , имеющим, независимо от возраста, тенденцию увеличения от толстых деревьев к тонким. По данным П.М. Верхунова и В.Л. Черных [2007] взятие 10–15 модельных деревьев обеспечивает определение прироста с точностью ± 8 –10%.

В 90 лет способ д) показал недооценку приращения запаса по сравнению с основным способом а) в 3,19 м³·га⁻¹·год⁻¹. Однако если учесть величину отпада в 18 м³·га⁻¹ за 5 лет, то получаются вполне сопоставимые результаты: 9,40 м³·га⁻¹·год⁻¹ по способу а) и 9,81 м³·га⁻¹·год⁻¹ – по способу д). Следовательно, способ д) для оценки Z_{M_A} на ВПП, основанный на использовании анализа прироста на ядрах и вероятностной скорости увеличения h по сортиментным таблицам, можно безопасно использовать при отсутствии возможности рубки модельных деревьев и замеров Z_h на растущих деревьях.

С дендрометрической точки зрения может показаться неправильным, что Z_h выводится не из реальных значений кривой h по A , а из вероятностной кривой h из сортиментных таблиц соответствующего разряда (h по d). Вероятностная кривая высот охватывает весь диапазон возможных расчетных проявлений диаметра, поэтому её можно отнести ко всему широкому диапазону индивидуальных возрастов. Кривые, выражающие изменения h ,

соответствующие изменениям d , в свою очередь подразумевают коррелированные изменения по A . Поэтому применение вероятностных кривых изменения h по сортиментным таблицам, соответствующее данному годовому изменению d , представляется правомерным [Scrinzi et al., 2011].

Анализ динамики Z_{M_A} исследуемого насаждения в сравнении с данными местных таблиц хода роста [Козьяков, 1963], соседней Республики Татарстан [Буховец, 1965] и региона Средней Волги [Мурахтанов, 1972] показывает значительную продуктивность (рис. 1). Это может свидетельствовать о благоприятных условиях произрастания данного древостоя и быть как единичным случаем, так и говорить об увеличении прироста древостоев в условиях меняющегося климата, которое отмечается в некоторых регионах Центральной Европы [Pretzsch et al., 2014, 2020; Hilmers et al., 2019]. Очевидно, что полученные данные не могут быть экстраполированы на длительные периоды и на другие насаждения. Несмотря на несопоставимые условия местопроизрастания, можно предположить, что отечественные таблицы хода роста липы (составлены в 60–70 гг.) и немецкие таблицы 90-х годов [Böckmann, 1991], где показатели Z_{M_A} в 1,5–2 раза превышают отечественные, отражают условия роста времени их составления. Более высокие, чем в прошлом, уровни прироста древостоев в настоящее время приводят к противоречивым оценкам продуктивности и жизнеспособности лесов [Pretzsch et al., 2022] и вызывают необходимость пересмотра существующих таблиц хода роста [Staupendahl et al., 2016; Albert et al., 2019].

Заключение. Наблюдаемый Z_{M_A} липы мелколистной на ППП высокий и значительно отклоняется от данных местных таблиц хода роста. В меняющихся климатических условиях для правильного принятия решений по рубкам и планированию лесного хозяйства в насаждениях липы необходима точная информация об их текущем приросте. Это вызывает необходимость как постоянных, так и краткосрочных исследований в этой области. В этих рамках оценки Z_{M_A} по способам а) и д) следует признать наиболее предпочтительными. Способ д) с учетом смертности деревьев позволяет получить достоверные результаты путем однократных наблюдений без рубки модельных деревьев.

Для получения статистически подтвержденных результатов влияния климата на Z_{M_A} насаждений липы в условиях Республики Башкортостан и необходимости корректировки местных таблиц хода роста необходимы дальнейшие исследования с использованием большего объема данных.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Библиографический список

Буховец Г.М. Рост и продуктивность липовых насаждений Татарской АССР: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Воронеж: Воронежский лесотехнический институт, 1965. 22 с.

Верхунов П.М., Черных В.Л. Таксация леса: учебное пособие. Йошкар-Ола: ПГТУ, 2007. 396 с.

Габделхаков А.К., Бикмухаметов А.А., Ахметкужин Д.И. Апробация методики измерения текущего прироста древостоя липы мелколистной // Наука молодых – инновационному развитию АПК : матер. XVI Национальной научно-практической конференции. Уфа. 2023. Ч. 1. С. 20–26.

Козьяков С.И. Ход роста липовых насаждений по типам леса Башкирской АССР // Труды Башкирского сельскохозяйственного института. 1963. Т. 11. Ч. 1. С. 64–67.

Мурахтанов Е.С. Основы организации комплексного хозяйства в липняках Средней Волги. Л.: Изд-во ЛГУ, 1972. 302 с.

Сортиментные и товарные таблицы для равнинных лесов Урала. М.: ВНИИЛМ, 2002. 488 с.

Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации / под ред. В.М. Катцова. СПб.: Научное издание, 2022. 676 с.

Albert M., Nagel R.-V., Nuske R.S., Suttmöller J., Spellmann H. Tree Species Selection in the Face of Drought Risk—Uncertainty in Forest Planning // Forests. 2017. Vol. 8, iss. 10. Art. no. 363. DOI: 10.3390/f8100363

Albert M., Nagel J., Nagel R.-V., Spellmann H. Eine neue Generation dynamischer Ertragstafeln für Nordwestdeutschland – erste Ergebnisse für die Baumart Buche // Tagungsband zur Jahrestagung der Sektion Ertragskunde im DVFFA vom 03.-05.06.2019 in Zwiesel/Bayern. 2019. S. 21–30.

Böckmann T. Wachstum und Ertrag der Winterlinde (*Tilia cordata* Mill.) in Niedersachsen und Nordhessen: Dissertation [Ph. D. Thesis] Forstl. Fak. Univ. Göttingen. 1990. 143 s.

Böckmann T. Ertragstafel für Winterlinde (*Tilia cordata* Mill.) in Niedersachsen und Nordhessen // Allg. Forst-Jagdztg. 1991. Band. 162. P. 28–34.

Dahlhausen J., Rötzer T., Biber P., Uhl E., Pretzsch H. Urban climate modifies tree growth in Berlin // Int. J. Biometeorol. 2018. Vol. 62. P. 795–808. DOI: 10.1007/s00484-017-1481-3

Daugaviete M., Lazdina D., Celma S., Daugavietis U. Characteristic growing parameters of small-leaved lime and Norway maple stands in the climatic conditions of Latvia // Acta Biol. Univ. Daugavp. 2019. Vol. 19, iss. 2. P. 115–128.

Hemery G.E., Clark J.R., Aldinger E., Claessens H., Malvolti M.E., O'Connor E., Raftoyannis Y., Savill P.S., Brus P. Growing scattered broadleaved tree species in Europe in a changing climate: a review of risks and opportunities // Forestry: An Int. J. of Forest Research. 2010. Vol. 83, iss. 1. P. 65–81. DOI: 10.1093/forestry/cpp034

Heym M., Bielak K., Wellhausen K., Uhl E., Biber P., Perkins D., Steckel M., Thurm E.A., Rais A., Pretzsch A. A New Method to Reconstruct Recent Tree and Stand Attributes of Temporary Research Plots: New Opportunity to Analyse Mixed Forest Stands // *Conifers*. IntechOpen, 2018. P. 25–46. DOI: 10.5772/intechopen.79682

Hilmers T., Avdagić A., Bartkowicz L., Bielak K., Binder F., Bončina A., Dobor L., Forrester D.I., Hobi M.L., Ibrahimspahić A., Jaworski A., Klopčič M., Matović B., Nagel T.A., Petráš R., Rio M. del, Stajić B., Uhl E., Zlatanov T., Tognetti R., Pretzsch H. The productivity of mixed mountain forests comprised of *Fagus sylvatica*, *Picea abies*, and *Abies alba* across Europe // *Forestry: An Int. J. of Forest Research*. 2019. Vol. 92, iss. 5. P. 512–522. DOI: 10.1093/forestry/cpz035

Jaegere T. de, Hein S., Claessens H. A Review of the Characteristics of Small-Leaved Lime (*Tilia cordata* Mill.) and Their Implications for Silviculture in a Changing Climate // *Forests*. 2016. Vol. 7, iss. 3. Art. no. 56. DOI: 10.3390/f7030056

Juknys R., Sujetoviene G., Zeimavicius K., Gustainyte J. Effects of climate warming on timing of lime (*Tilia cordata* L.) phenology // 8th International Conference on Environmental Engineering. Vilnius. 2011. Vol. 1. P. 139–143.

Kohnle U., Albrecht A., Lenk E., Ohnemus K., Yue C. Zuwachstrends im Spiegel langfristiger Versuchsflächen in Südwestdeutschland // *Allgemeine Forst und Jagdzeitung*. 2014. Band 185, Heft 5/6. P. 97–117.

Latte N., Taverniers P., de Jaegere T., Claessens H. Dendroecological assessment of climate resilience of the rare and scattered forest tree species *Tilia cordata* Mill. in northwestern Europe // *Forestry: An Int. J. of Forest Research*. 2020. Vol. 93, iss. 5. P. 675–684. DOI: 10.1093/forestry/cpaa011

Martinez Del Castillo E., Zang C.S., Buras A., Hacket-Pain A., Esper J., Serrano-Notivol R., Hartl C., Weigel R., Klesse S., Resco de Dios V., Scharnweber T., Dorado-Liñán I., Maaten-Theunissen M. van der, Maaten E. van der, Jump A., Mikac S., Banzagch B.-E., Beck W., Cavin L., Claessens H., Čada V., Čufar K., Dulamsuren C., Gričar J., Gil-Pelegrin E., Janda P., Kazimirovic M., Kreyling J., Latte N., Leuschner C., Longares L.A., Menzel A., Merela M., Motta R., Muffler L., Nola P., Petritan A.M., Petritan J.C., Prislan P., Rubio-Cuadrado A., Rydval M., Stajić B., Svoboda M., Toromani E., Trotsiuk V., Wilmking M., Zlatanov T., Luis M. de Climate-change-driven growth decline of European beech forests // *Communications biology*. 2022. Vol. 5. Art. no. 163. DOI: 10.1038/s42003-022-03107-3

Muffler L., Weigel R., Hacket-Pain A.J., Klisz M., Maaten E. van der, Wilmking M., Kreyling J., Maaten-Theunissen M. van der Lowest drought sensitivity and decreasing growth synchrony towards the dry distribution margin of European beech // *J. Biogeogr.* 2020. Vol. 47. P. 1910–1921. DOI: 10.1111/jbi.13884

Pach M., Jaworski A., Skrzyszewski J. *Acer Pseudoplatanus* L., *Tilia Cordata* Mill. and *Pinus Sylvestris* L. as Valuable Tree Species in the Carpathian Forests // *The Carpathians: Integrating Nature and Society Towards Sustainability*. 2013. P. 285–300. DOI: 10.1007/978-3-642-12725-0_21

Pigott D. Lime-trees and Basswoods: A Biological Monograph of the Genus Tilia. 1st ed. New York: Cambridge University Press, 2012. 405 p.

Pretzsch H. Forest dynamics, growth and yield. Springer, Berlin, 2009. 664 p. DOI: 10.1007/978-3-540-88307-4

Pretzsch H., Hilmers T., Uhl E., Río M. del, Avdagić A., Bielak K., Bončina A., Coll L., Giammarchi F., Stimm K., Tonon G., M. Höhn, Kašanin-Grubin M., Tognetti R. Efficacy of Trans-geographic Observational Network Design for Revelation of Growth Pattern in Mountain Forests Across Europe // Managing Forest Ecosystems. Springer, 2022. Vol. 40: Climate-Smart Forestry in Mountain Regions. P. 141–187. DOI: 10.1007/978-3-030-80767-2_5

Pretzsch H., Ammer C., Wolff B., Steckel M., Rukh S., Heym M. Zuwachsniveau, Zuwachstrend und episodische Zuwachseinbrüche. Ein zusammenfassendes Bild vom aktuellen Zuwachsgang in Rein- und Mischbeständen aus Fichte, Kiefer, Buche und Eiche // Allgemeine Forst- und Jagdzeitung. 2020. Band 191. P. 1–21. DOI: 10.23765/afjz0002055.

Pretzsch H., Biber P., Schütze G., Uhl E., Rötzer T. Forest stand growth dynamics in Central Europe have accelerated since 1870 // Nat. Commun. 2014. Vol. 5. Art. no. 4967. DOI: 10.1038/ncomms5967

Pretzsch H., Río M. del, Biber P., Arcangeli C., Bielak K., Brang P., Dudzinska M., Forrester D.I., Kladtke J., Kohnle U., Ledermann T., Matthews R., Nagel J., Nagel R., Nilsson U., Ningre F., Nord-Larsen T., Wernsdorfer H., Sycheva E. Maintenance of long-term experiments for unique insights into forest growth dynamics and trends: review and perspectives // Eur. J. Forest Res. 2019. Vol. 138. P. 165–185. DOI: 10.1007/s10342-018-1151-y

Scrinzi G., Clementel F., Colle G., Farruggia C., Floris A., Torresan C. L'inventario dendrometrico nella nuova pianificazione forestale aziendale trentina (NPFAT). Provincia Autonoma di Trento – Servizio Foreste e Fauna, Consiglio per la Ricerca e la Sperimentazione in Agricoltura. 2011. 105 p.

Šņepsts G., Donis J., Kaupe D., Laiviņš M. Deciduous Broad-Leaved Species (*Quercus Robur*, *Tilia Cordata*, *Acer Platanoides* and *Ulmus Laevis*) Forest Stand Productivity in Latvia // Proceedings of the Latvian Academy of Sciences. Section B. Natural, Exact, and Applied Sciences. 2021. Vol. 75, iss. 4. P. 239–247. DOI: 10.2478/prolas-2021-0036.

State of the Global Climate 2020. WMO. 2021. № 1264. 56 p.

Staupendahl K., Schmidt M. Kalibrierung der Ertragstafeln für die Hauptbaumarten in Hessen mithilfe der Daten der Bundeswaldinventur // Allgemeine Forst und Jagdzeitung. 2016. Band 187. P. 197–216.

References

Albert M., Nagel R.-V., Nuske R.S., Suttmöller J., Spellmann H. Tree Species Selection in the Face of Drought Risk—Uncertainty in Forest Planning. *Forests*, 2017, vol. 8, iss. 10, art. no. 363. DOI: 10.3390/f8100363

Albert M., Nagel J., Nagel R.-V., Spellmann H. Eine neue Generation dynamischer Ertragstafeln für Nordwestdeutschland – erste Ergebnisse für die Baumart Buche. *Tagungsband zur Jahrestagung der Sektion Ertragskunde im DVFFA vom 03.-05.06.2019 in Zwiesel/Bayern*, 2019, pp. 21–30.

Böckmann T. Wachstum und Ertrag der Winterlinde (*Tilia cordata* Mill.) in Niedersachsen und Nordhessen. Dissertation [Ph. D. Thesis] Forstl. Fak. Univ. Göttingen. 1990. 143 p.

Böckmann T. Ertragstafel für Winterlinde (*Tilia cordata* Mill.) in Niedersachsen und Nordhessen. *Allg. Forst-Jagdztg*, 1991, vol. 162, pp. 28–34.

Bukhovets G.M. Rost i produktivnost' lipovykh nasazhdenii Tatarskoi ASSR: author's abstract. Diss... Candidate of Agricultural Sciences. Voronezh: Voronezhskiy lesotekhnicheskii institut, 1965. 22 p. (In Russ.)

Dahlhausen J., Rötzer T., Biber P., Uhl E., Pretzsch H. Urban climate modifies tree growth in Berlin. *Int. J. Biometeorol*, 2018, vol. 62, pp. 795–808. DOI: 10.1007/s00484-017-1481-3

Daugaviete M., Lazdina D., Celma S., Daugavietis U. Characteristic growing parameters of small-leaved lime and Norway maple stands in the climatic conditions of Latvia. *Acta Biol. Univ. Daugavp*, 2019, vol. 19, iss. 2, pp. 115–128.

Gabdelkhalov A.K., Bikmukhametov A.A., Akhmetkuzhin D.I. Aprobatsiya metodiki izmereniya tekushchego prirosta drevostoya lipy melkolistnoi. *Materialy XVI Natsional'noy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Nauka molodykh – innovatsionnomu razvitiyu APK»*. Ufa, 2023, part 1, pp. 20–26. (In Russ.)

Hemery G.E., Clark J.R., Aldinger E., Claessens H., Malvolti M.E., O'Connor E., Raftoyannis Y., Savill P.S., Brus P. Growing scattered broadleaved tree species in Europe in a changing climate: a review of risks and opportunities. *Forestry: An Int. J. of Forest Research*, 2010, vol. 83, iss. 1, pp. 65–81. DOI: 10.1093/forestry/cpp034

Heym M., Bielak K., Wellhausen K., Uhl E., Biber P., Perkins D., Steckel M., Thurm E.A., Rais A., Pretzsch A. A New Method to Reconstruct Recent Tree and Stand Attributes of Temporary Research Plots: New Opportunity to Analyse Mixed Forest Stands. *Conifers*, IntechOpen, 2018, pp. 25–46. DOI: 10.5772/intechopen.79682

Hilmers T., Avdagić A., Bartkowiec L., Bielak K., Binder F., Bončina A., Dobor L., Forrester D.I., Hobi M.L., Ibrahimspahić A., Jaworski A., Klopčič M., Matović B., Nagel T.A., Petráš R., Rio M. del, Stajić B., Uhl E., Zlatanov T., Tognetti R., Pretzsch H. The productivity of mixed mountain forests comprised of *Fagus sylvatica*, *Picea abies*, and *Abies alba* across Europe. *Forestry: An Int. J. of Forest Research*, 2019, vol. 92, iss. 5, pp. 512–522. DOI: 10.1093/forestry/cpz035

Jaegere T. de, Hein S., Claessens H. A Review of the Characteristics of Small-Leaved Lime (*Tilia cordata* Mill.) and Their Implications for Silviculture in a Changing Climate. *Forests*, 2016, vol. 7, iss. 3, art. no. 56. DOI: 10.3390/f7030056

Juknys R., Sujetoviene G., Zeimavicius K., Gustainyte J. Effects of climate warming on timing of lime (*Tilia cordata* L.) phenology. *8th International Conference on Environmental Engineering*, 2011, vol. 1, pp. 139–143.

Kohnle U., Albrecht A., Lenk E., Ohnemus K., Yue C. Zuwachstrends im Spiegel langfristiger Versuchsflächen in Südwestdeutschland. *Allgemeine Forst und Jagdzeitung*, 2014, vol. 185, iss. 5/6, pp. 97–117.

Koz'yakov S.I. Khod rosta lipovykh nasazhdenii po tipam lesa Bashkirskoi ASSR. *Trudy Bashkirskogo sel'skokhozyaistvennogo instituta*, 1963, t. 11, part 1, pp. 64–67. (In Russ.)

Latte N., Taverniers P., Jaegere T. de, Claessens H. Dendroecological assessment of climate resilience of the rare and scattered forest tree species *Tilia cordata* Mill. in northwestern Europe. *Forestry: An Int. J. of Forest Research*, 2020, vol. 93, iss. 5, pp. 675–684. DOI: 10.1093/forestry/cpaa011

Martinez Del Castillo E., Zang C.S., Buras A., Hacket-Pain A., Esper J., Serrano-Notivoli R., Hartl C., Weigel R., Klesse S., Resco de Dios V., Scharnweber T., Dorado-Liñán I., Maaten-Theunissen M. van der, Maaten E. van der, Jump A., Mikac S., Banzragch B.-E., Beck W., Cavin L., Claessens H., Čada V., Čufar K., Dulamsuren C., Gričar J., Gil-Pelegrin E., Janda P., Kazimirovic M., Kreyling J., Latte N., Leuschner C., Longares L.A., Menzel A., Merela M., Motta R., Muffler L., Nola P., Petritan A.M., Petritan J.C., Prislan P., Rubio-Cuadrado A., Rydval M., Stajić B., Svoboda M., Toromani E., Trotsiuk V., Wilmking M., Zlatanov T., Luis M. de Climate-change-driven growth decline of European beech forests. *Communications biology*, 2022, vol. 5, art. no. 163. DOI: 10.1038/s42003-022-03107-3

Muffler L., Weigel R., Hacket-Pain A.J., Klisz M., Maaten E. van der, Wilmking M., Kreyling J., Maaten-Theunissen M. van der Lowest drought sensitivity and decreasing growth synchrony towards the dry distribution margin of European beech. *J. Biogeogr.*, 2020, vol. 47, pp. 1910–1921. DOI: 10.1111/jbi.13884

Murakhtanov E.S. Osnovy organizatsii kompleksnogo khozyaistva v lipnyakakh Srednei Volgi. L.: Izd-vo LGU, 1972. 302 p. (In Russ.)

Pach M., Jaworski A., Skrzyszewski J. *Acer Pseudoplatanus* L., *Tilia Cordata* Mill. and *Pinus Sylvestris* L. as Valuable Tree Species in the Carpathian Forests. *The Carpathians: Integrating Nature and Society Towards Sustainability*, 2013, pp. 285–300. DOI: 10.1007/978-3-642-12725-0_21.

Pigott D. Lime-trees and Basswoods: A Biological Monograph of the Genus *Tilia*. 1st ed. New York: Cambridge University Press, 2012. 405 p.

Pretsch H. Forest dynamics, growth and yield. Springer, Berlin, 2009. 664 p. DOI: 10.1007/978-3-540-88307-4

Pretsch H., Hilmers T., Uhl E., Río M. del, Avdagić A., Bielak K., Bončina A., Coll L., Giammarchi F., Stimm K., Tonon G., M. Höhn, Kašanin-Grubin M., Tognetti R. Efficacy of Trans-geographic Observational Network Design for Revelation of Growth Pattern in Mountain Forests Across Europe. *Managing Forest Ecosystems*, 2022, vol. 40: Climate-Smart Forestry in Mountain Regions, pp. 141–187. DOI: 10.1007/978-3-030-80767-2_5

Pretsch H., Ammer C., Wolff B., Steckel M., Rukh S., Heym M. Zuwachsniveau, Zuwachstrend und episodische Zuwachseinbrüche. Ein zusammenfassendes Bild vom

aktuellen Zuwachsgang in Rein- und Mischbeständen aus Fichte, Kiefer, Buche und Eiche. *Allgemeine Forst und Jagdzeitung*, 2020, vol. 191, pp. 1–21. DOI: 10.23765/afjz0002055.

Pretzsch H., Biber P., Schütze G., Uhl E., Rötzer T. Forest stand growth dynamics in Central Europe have accelerated since 1870. *Nat. Commun.*, 2014, vol. 5, art. no. 4967. DOI: 10.1038/ncomms5967

Pretzsch H., Rio M. del, Biber P., Arcangeli C., Bielak K., Brang P., Dudzinska M., Forrester D.I., Kladtke J., Kohnle U., Ledermann T., Matthews R., Nagel J., Nagel R., Nilsson U., Ningre F., Nord-Larsen T., Wernsdorfer H., Sycheva E. Maintenance of long-term experiments for unique insights into forest growth dynamics and trends: review and perspectives. *Eur. J. Forest Res.*, 2019, vol. 138, pp. 165–185. DOI: 10.1007/s10342-018-1151-y

Scrini G., Clementel F., Colle G., Farruggia C., Floris A., Torresan C. L'inventario dendrometrico nella nuova pianificazione forestale aziendale trentina (NPFAT). Provincia Autonoma di Trento – Servizio Foreste e Fauna, Consiglio per la Ricerca e la Sperimentazione in Agricoltura. 2011. 105 p.

Šņepsts G., Donis J., Kaupe D., Laiviņš M. Deciduous Broad-Leaved Species (*Quercus Robur*, *Tilia Cordata*, *Acer Platanoides* and *Ulmus Laevis*) Forest Stand Productivity in Latvia. *Proceedings of the Latvian Academy of Sciences. Section B. Natural, Exact, and Applied Sciences*, 2021, vol. 75, iss. 4, pp. 239–247. DOI: 10.2478/prolas-2021-0036.

Sortimentnye i tovarnye tablitsy dlya ravninnykh lesov Urala. M.: VNIILM, 2002. 488 p. (In Russ.)

State of the Global Climate 2020. WMO. 2021. 1264. 56 p.

Staupendahl K., Schmidt M. Kalibrierung der Ertragstafeln für die Hauptbaumarten in Hessen mithilfe der Daten der Bundeswaldinventur. *Allgemeine Forst und Jagdzeitung*, 2016, vol. 187, pp. 197–216.

Tretiy otsenochny doklad ob izmeneniyakh klimata i ikh posledstviyakh na territorii Rossiiskoy Federatsii. St. Petersburg: Naukoemkie tekhnologii, 2022. 676 p. (In Russ.)

Verkhunov P.M., Chernykh V.L. Taksatsiya lesa: uchebnoe posobie. Ioshkar-Ola, 2007. 396 p. (In Russ.)

Материал поступил в редакцию 27.02.2024

Габделхаков А.К. Динамика текущего прироста древостоя липы мелколистной (*Tilia cordata* Mill.) // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2025. Вып. 252. С. 211–228. DOI: 10.21266/2079-4304.2025.252.211-228

Исследование текущего среднепериодического прироста запаса (Z_{M_A}) древостоя липы на постоянной пробной площади в Республике Башкортостан

преследовало три цели: 1) оценить величину Z_{M_A} ; 2) сравнить методы оценки Z_{M_A} по данным длительных наблюдений и по однократным измерениям; 3) сопоставить Z_{M_A} исследуемого древостоя с данными существующих таблиц хода роста. Оценка Z_{M_A} выполнена несколькими способами: а) путем повторных измерений запаса древостоя с учетом смертности и роста деревьев, превысивших порог d в 6 см, за 33-летний период; б) через проценты объемного прироста десяти срубленных модельных деревьев и запаса древостоя без коры; в) по прямой текущего объемного прироста модельных деревьев; г) по элементарному приросту объема стволов проф. М.Л. Дворецкого; д) по способу простых процентов прироста площади сечения с использованием информации за последние 5 лет из ядер и высоты деревьев. Полученные данные показали, что Z_{M_A} древостоя в возрасте 57 лет, рассчитанные по модельным деревьям, (способы б), в) и г)) составили 9,86, 8,63 и 9,47 $\text{м}^3 \cdot \text{га}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$ соответственно. В возрасте 62–90 лет они варьируют от 2,6 до 9,4 $\text{м}^3 \cdot \text{га}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$. Способ д) для оценки Z_{M_A} , основанный на использовании анализа прироста на кернах и вероятностной скорости увеличения высоты по сортиментным таблицам с учетом смертности деревьев в древостое, можно безопасно использовать при отсутствии возможности рубки модельных деревьев и замеров прироста по высоте на растущих деревьях. Значения Z_{M_A} исследованного древостоя превосходят данные местных таблиц хода роста и сопоставимы по своей величине с немецкими таблицами. Необходимы дальнейшие исследования с использованием большего объема данных для получения статистически подтвержденных результатов влияния климата на текущий прирост насаждений липы и корректировки местных таблиц хода роста.

Ключевые слова: липа мелколистная, постоянная пробная площадь, текущий среднепериодический прирост, процент текущего годового прироста, приростные керна, текущий годовой прирост, таблица хода роста, Республика Башкортостан.

Gabdelkhakov A.K. Dynamics of the current growth of the small-leaved linden tree stand (*Tilia cordata* Mill.). *Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotekhniceskaj Akademii*, 2025, iss. 252, pp. 211–228 (in Russian with English summary). DOI: 10.21266/2079-4304.2025.252.211-228

Investigation of the periodic annual increment volume (PAIV) linden stand on a permanent research plot in the Republic of Bashkortostan, pursued three goals: 1) to evaluate the PAIV; 2) comparison of methods for estimating PAIV based on long-term observations and by single measurement; 3) to compare the PAIV of the studied stand with the data of existing yield tables. PAIV assessment is performed in several ways: i) by repeated measurements of the volume of the stand, taking into account mortality and ingrowth of trees over a 33-year period; ii) through of the percentage PAIV of ten

felleed model trees and the volume of stand without bark; ii) along the straight line of the PAIV of model trees; iv) according to the elementary PAIV of trees of Prof. M.L. Dvoretzky; v) according to the method of simple percent increment of basal area, using information for the last 5 years from cores, and of simple percent increment of height of trees. The data obtained showed that P of the tree stand at the age of 57 years calculated using model trees (methods ii), iii) and iv)) were 9.86, 8.63 и 9.47 $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{year}^{-1}$ accordingly. At the age of 62-90 years they vary between 2.6 and 9.4 $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{year}^{-1}$. Method v) for estimating PAIV, based on the use of growth analysis on cores and the probabilistic rate of increase in height according to assortment tables taking into account the mortality of trees in the forest stand, can be safely used in the absence of the possibility of cutting down model trees and measuring height gain on growing trees. The PAIV values of the studied tree stand exceed the data from local yield tables and are comparable in value to German tables. It is concluded that further research is necessary using a larger volume of data to obtain statistically confirmed results of the influence of climate on the PAIV of linden plantings and adjustments to local yield tables.

Keywords: small-leaved lime, permanent research plot, periodic annual volume increment, percentage current annual increment, increment cores, current annual increment, yield table, Republic of Bashkortostan.

ГАБДЕЛХАКОВ Айдар Кавилович – доцент кафедры лесоводства и ландшафтного дизайна Башкирского государственного аграрного университета, кандидат сельскохозяйственных наук. SPIN-код: 1210-5914. ResearcherID: G-3023-2018. ORCID: 0000-0001-7129-880X. Scopus AuthorID: 57203967642.

450001, ул. 50-летия Октября, д. 34, г. Уфа, Россия. E-mail: aliya201199@mail.ru

GABDELKHAQOV Aydar K. – PhD (Agriculture), Associate Professor of the Department of Forestry and landscape design, Bashkir State Agrarian University. SPIN-code: 1210-5914. ResearcherID: G-3023-2018. ORCID: 0000-0001-7129-880X. Scopus AuthorID: 57203967642.

450001. 50-letia Ocyabrya str. 34. Ufa. Russian Federation. E-mail: aliya201199@mail.ru