

УДК 630\*561.24

## Дендрохронологическая оценка динамики продуктивности лесов Северо-Западного Кавказа

**Г.Е. Комин\***

*Научно-исследовательский институт  
горного лесоводства и экологии леса  
Россия 354002, Сочи, Курортный пр., 74<sup>1</sup>*

Received 2.03.2012, received in revised form 9.03.2012, accepted 17.03.2012

---

*Для оценки динамики запасов насаждений использованы древесно-кольцевые хронологии по дубу скальному (1850–2003 гг.), буку восточному (1700–2003 гг.) и пихте кавказской (1707–2001 гг.), рассчитанные с применением оригинальной методики. Во всех хронологиях выявлены положительные линейные тренды. Среднее увеличение индексов прироста у дуба и бука составило 0,23 % в год, а у пихты – 0,21 %. Поскольку динамика приростов и запасов насаждений идентична во времени, тренды прироста использовали для оценки динамики запасов. Реперами определения динамики запасов служили годы закладки пробных площадей или взятия буровых образцов. Оценка динамики запасов за прошедшее время осуществлялась по формуле сложных процентов. За анализируемые отрезки времени запасы спелых насаждений увеличились – в дубравах с 211 до 300 м<sup>3</sup> га<sup>-1</sup>, в букняках с 194 до 400 м<sup>3</sup> га<sup>-1</sup> и в пихтарниках с 480 до 775 м<sup>3</sup> га<sup>-1</sup>.*

*Ключевые слова: лесная растительность, динамика продуктивности лесных экосистем, дендрохронологический анализ роста древостоев, Северо-Западный Кавказ.*

---

### **Введение**

В настоящее время процессы, происходящие в биосфере Земли, выражающиеся в первую очередь в глобальном потеплении климата, приводят к значительным изменениям в условиях существования и развития лесной растительности. Поэтому перед лесной наукой возникают проблемы эффективной оценки

состояния и прогнозирования реакции лесов на изменения параметров природной среды (Комин, 1996). Парниковый эффект, безусловно, должен сказаться на увеличении скорости роста лесов. С начала прошлого столетия для оценки скорости роста лесов широко используют дендрохронологические методы исследования. В данной работе анализируется

---

\* Corresponding author E-mail address: niidsun@sochi.com

<sup>1</sup> © Siberian Federal University. All rights reserved

трехсотлетняя динамика роста основных лесобразующих видов и динамика продуктивности лесов Северо-Западного Кавказа.

Лесная растительность высокогорий Северного Кавказа характеризуются значительным разнообразием древесных и кустарниковых пород и образует три достаточно выраженных высотных пояса: дубравный, буковый и пихтовый.

Дубравы в предгорьях состоят в основном из дуба черешчатого (*Quercus robur* L.), иногда с примесью дуба Гартвиса (*Quercus hartwissiana* Stev.). В горном поясе господствует дуб скальный (*Quercus petraea* Liebl), где он приурочен к двум высотным поясам – предгорному (до 400 м) и нижнегорному (до 800 м). На перегнойно-карбонатных почвах он замещается дубом пушистым (*Quercus pubescens* Willd.).

Пояс буковых лесов представлен насаждениями с преобладанием в составе бука восточного (*Fagus orientalis* Lipsky). В России он больше нигде не произрастает. Бук – порода умеренно-тёплого, влажного горного и морского климата. Верхняя граница распространения бука совпадает с июньской изотермой 11 °С. Оптимальные условия для распространения бука находятся в пределах высот 700–1300 м, где в основном и произрастают чистые буковые насаждения (Мальцев, 1988). Естественные буковые насаждения, как правило, разновозрастные.

Пояс темнохвойных лесов образован насаждениями с преобладанием в составе пихты кавказской (*Abies nordmanniana* (Stev.) Spach.). Они расположены в основном в высокогорьях в пределах высот 1200–1600 м над ур. м. В среднегорном поясе (800–1200 м) пихта образует смешанные насаждения с буком восточным, а в субальпийском – с елью (*Picea orientalis* L.). Максимальная высота произрастания пихты составляет 2100 м над ур. м. Условия про-

израстания пихтарников характеризуются высокой влажностью. Здесь сформированы влажные и сырые условия местопроизрастания (Герасимов, 1948; Орлов, 1953).

Кавказские пихтарники, как чистые, так и смешанные с буком или елью, представлены обычно разновозрастными древостоями, что позволяет считать их насаждениями непрерывного развития. Одновозрастные пихтовые древостои образуются только на открытых пространствах, после уничтожения коренных лесов сплошными рубками, пожарами, ветровалами, снежными лавинами и т.п. (Веселов, 1973; Герасимов, 1948).

### Материалы и методы

Для оценки динамики продуктивности лесов использовали хронологии по ширине годичных колец, которые были рассчитаны по разработанной автором оригинальной методике (Комин, 2003). При расчете индексов прироста методика предусматривает совместное использование таксационного и хронологического принципов оценки скорости роста деревьев одного возраста, но росших в разное время. Норма прироста определяется как среднее значение всех анализируемых деревьев в возрастном порядке от 1 до «n» лет (таксационный принцип). Рассчитанные от этой нормы индексы прироста для каждого дерева относятся к календарным датам образования годичных колец (хронологический принцип). Полученные показатели индексов прироста позволяют установить разницу в скорости роста различных поколений деревьев, росших в разные календарные отрезки времени, что и фиксируется в итоговых дендрохронологических шкалах.

В хронологиях, рассчитанных таким способом, выявляются не только циклические колебания различной продолжительности и силы, но и многовековые направленные трен-

ды. Это позволяет давать оценку влияния меняющихся климатических и других природных факторов на динамику роста лесов (Колин, 2007, 2009, 2010).

Анализ динамики роста дуба скального выполнен на основе годового прироста по диаметру 39 деревьев разного возраста (60–155 лет), росших в свежих условиях. Сбор материала был проведен в 2005 г. на трех пробных площадях в Пшехском и Черниговском лесничествах Апшеронского лесхоза Краснодарского края (44°22' с.ш., 39°48' в.д. и 44°22' с.ш., 39°40' в.д. соответственно). Все они расположены в нижнегорном поясе и относятся к свежей группе типов леса.

Материалы для анализа прироста бука восточного были собраны в Псебайском лесхозе Краснодарского края (44°09' с.ш., 40°46' в.д.) в 1990 и 2003 гг. на высоте 1200 м. У 10 деревьев были взяты срезы на высоте 0,5 м, а у 15 – буровые образцы по двум радиусам.

Материалом для изучения динамики радиального прироста пихты послужили буровые образцы древесины, взятые у 30 деревьев разного возраста. Сбор образцов был проведен на двух пробных площадях, заложенных в Мезмайском лесничестве Апшеронского лесхоза Краснодарского края (44°12' с.ш., 39°58' в.д.).

## Результаты

На рисунках представлены обобщенные хронологии и линейные тренды индексов прироста по ширине годичных колец дуба скального с 1850 по 2003 гг. (рис. 1), бука восточного с 1700 по 2003 гг. (рис. 2) и пихты кавказской с 1707 по 2001 гг. (рис. 3). Анализ динамики индексов радиального прироста этих видов показывает, что на протяжении почти трех столетий скорость роста деревьев значительно менялась как в годичных, так и в более длительных отрезках времени. При этом всегда имеет место устойчивый положительный линейный тренд, указывающий на постоянное ускорение роста деревьев. Линейные тренды дендрохронологических рядов индексов радиального прироста обладают почти одинаковыми темпами ускорения. Это наглядно видно на рис. 4 при совмещенном изображении.

Представленные результаты говорят о том, что на протяжении трех столетий в лесах Северо-Западного Кавказа идет непрерывное улучшение условий роста лесов в горных районах, которое одинаково во всех высотных поясах. Пользуясь дендрохронологической информацией, решили выполнить оценку изменения запасов насаждений. Для

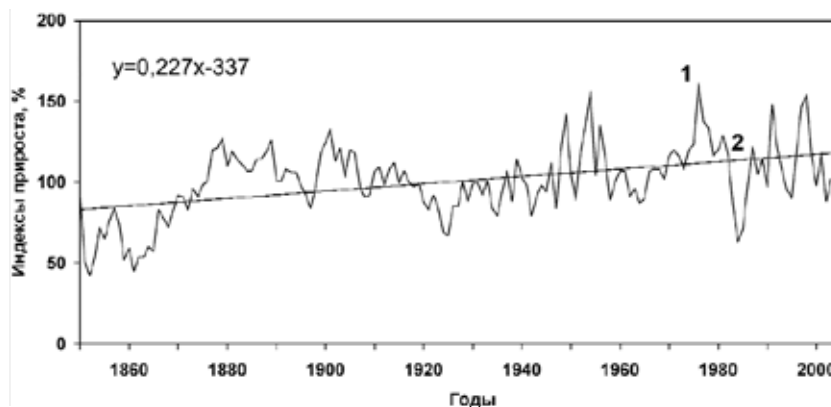


Рис. 1. Индексы прироста (1) и линейный тренд (2) дуба скального (Краснодарский край, Апшеронский лесхоз)

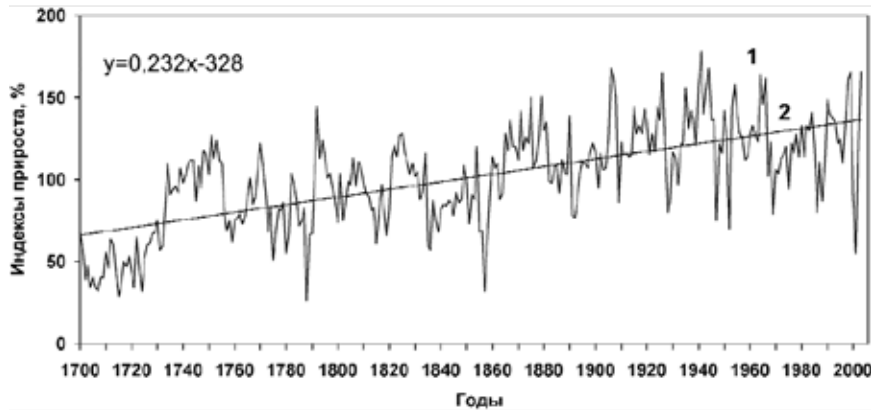


Рис. 2. Индексы прироста (1) и линейный тренд (2) бука восточного (Краснодарский край, Псебайский лесхоз)

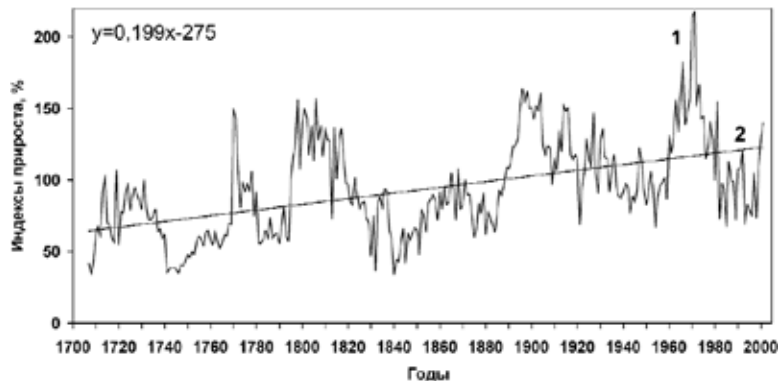


Рис. 3. Индексы прироста (1) и линейный тренд (2) пихты кавказской (Краснодарский край, Апшеронский лесхоз)

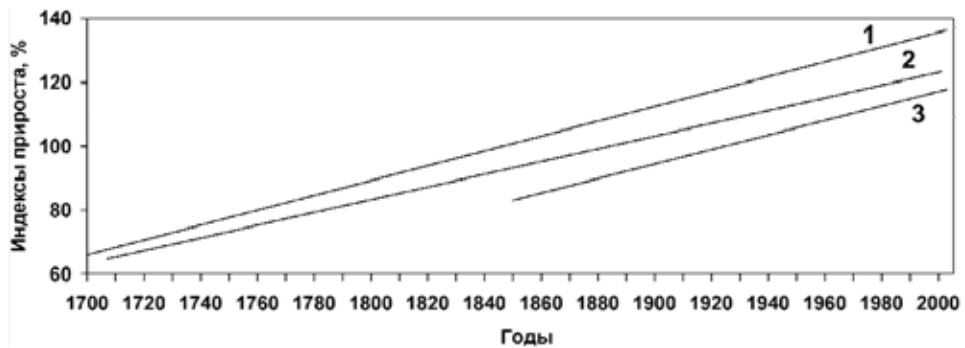


Рис. 4. Линейные тренды индексов прироста: 1 – бука восточного, 2 – пихты кавказской, 3 – дуба скального

установления общих тенденций увеличения скорости роста лесов Северо-Западного Кавказа деталями, связанными с изменениями состава, полноты и некоторых других характеристик насаждений, можно пренебречь. В рассматриваемом случае речь идет не о конкретных насаждениях, при анализе роста которых были получены фактические данные, а об общей тенденции развития лесообразовательного процесса в современных, быстро и направленно меняющихся условиях природной среды, вызываемых климатическими изменениями.

Поскольку тренд – усредненный показатель направления динамики какого-либо показателя, то два зависящих друг от друга процесса приблизительно выражаются одинаковыми трендами. Изменение прироста по диаметрам в насаждении почти аналогичным образом отражается на динамике прироста по запасу древостоя. Рядом исследований было установлено (Зябченко, 1972; Феклистов и др., 1997), что между приростом по диаметру и приростом по объему существует достаточно тесная корреляционная связь ( $r=0,80-0,98$ ). Это дает основание, используя показатели изменения скорости роста по диаметрам, получать оценочные данные по изменению запасов насаждений и, следовательно, определять их объемы как в прошлом, так и в прогнозном режиме.

Для расчёта трендов прироста пихты, бука и дуба в нашем распоряжении имелись данные по его динамике за довольно длительные отрезки времени, выраженные, как это принято в дендрохронологических исследованиях, в индексах. Для запасов насаждений имеется всего лишь одно определение, которое было получено в годы сбора исходных данных по приросту.

Запасы насаждений свежих пихтарников в момент закладки пробных площадей

(1990 г.) равнялись в среднем  $775 \text{ м}^3 \text{ га}^{-1}$ . По расчетам на основе тренда среднего радиального прироста запасы этих насаждений в 1720 г. составляли  $480 \text{ м}^3 \text{ га}^{-1}$ . За 270 лет средний периодический прирост пихтовых насаждений составлял  $1,09 \text{ м}^3 \text{ га}^{-1}$  в год. В 1720 г. запас пихтовых древостоев увеличился на  $0,94 \text{ м}^3 \text{ га}^{-1}$ , а в 1990 г. – уже  $1,53 \text{ м}^3 \text{ га}^{-1}$ . Увеличение запасов насаждений, как и индексов радиального прироста, идет по формуле сложных процентов.

Рассчитанный таким же способом начальный запас буковых насаждений в 1700 г. получился равным  $194 \text{ м}^3 \text{ га}^{-1}$ . За истекшие 300 с небольшим лет запас свежих букняков увеличился на  $206 \text{ м}^3 \text{ га}^{-1}$ , и в 2003 г. он равнялся  $400 \text{ м}^3 \text{ га}^{-1}$ . Из этого следует, что за анализируемое время продуктивность буковых лесов возросла более чем в два раза. В 1700 г. запас буковых насаждений увеличился на  $0,46 \text{ м}^3 \text{ га}^{-1}$ , а в 1990 г. это увеличение оказалось равным  $0,96 \text{ м}^3 \text{ га}^{-1}$ . Среднее увеличение продуктивности букняков составило  $0,68 \text{ м}^3 \text{ га}^{-1}$  в год.

Согласно таблицам хода роста, современные запасы модальных насаждений дуба скального в возрасте спелости равняются  $300 \text{ м}^3 \text{ га}^{-1}$  (Комин, 1990). Такие же запасы имели спелые насаждения, в которых брались буровые образцы радиального прироста для дендрохронологического анализа. С использованием формулы многолетнего тренда индексов прироста рассчитаны запасы насаждений дуба скального прошлых лет. Для начального периода анализа – 1850 г. – расчетный запас получился равным  $211 \text{ м}^3 \text{ га}^{-1}$ . Таким образом, запас насаждений дуба скального, растущих в свежих условиях, за прошедшие 155 лет увеличился с 211 до  $300 \text{ м}^3 \text{ га}^{-1}$ . Расчетный годичный прирост запаса дубовых насаждений в 1850 г. равнялся  $0,48 \text{ м}^3 \text{ га}^{-1}$ , а в 2005 г. –  $0,69 \text{ м}^3 \text{ га}^{-1}$ . В среднем увеличение за-

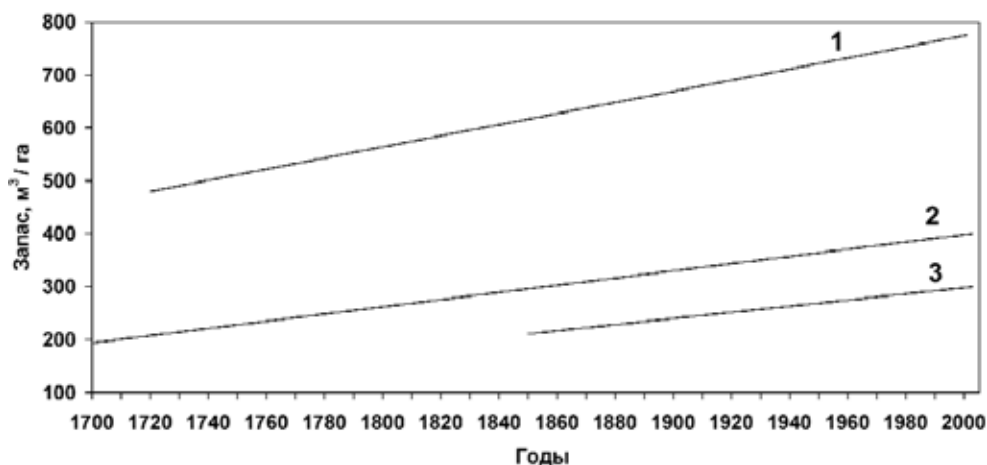


Рис. 5. Изменение запасов спелых насаждений: 1 – пихты кавказской; 2 – бука восточного, 3 – дуба скального

пасов спелых дубовых насаждений за 155 лет было  $0,58 \text{ м}^3 \text{ га}^{-1}$ . Общая тенденция изменения запасов насаждений рассматриваемых видов представлена на рис. 5.

### Обсуждение

С общебиологических позиций можно предположить, что продуктивность прогрессирующих экосистем, к которым относится лесная растительность, при эволюционном развитии биосферы постоянно увеличивается. Это увеличение имеет региональную специфику, на что указывают одинаковые темпы увеличения продуктивности лесов в одном районе. Дендрохронологический анализ скорости роста разновозрастных насаждений лиственницы на Полярном Урале, выполненный нами по той же методике, показал, что среднее увеличение радиального прироста за 280-летний период происходило значительно быстрее и равнялось в среднем  $0,33 \%$  в год (Комин, 2003).

Считается, что продуктивность лесов регулируется сложной системой иерархически соподчиненных факторов абиотической и биотической природы. Выделяют пять уров-

ней регулирования продуктивности лесов. По силе воздействия на продукционный процесс они располагаются в следующем порядке: климатический, эдафический, биоценотический, физиолого-биохимический и генетико-селекционный (Бузыкин, 2007).

С лесоводственной точки зрения наличие постоянных временных трендов в динамике прироста насаждений пихты, бука, дуба и повышение их продуктивности может быть объяснено такими факторами:

- а) изменение климата, приводящее в данном конкретном месте к оптимальному для лесной растительности соотношению тепла и влаги;
- б) постепенное повышение плодородия почвы в результате ежегодного биологического круговорота веществ;
- в) многолетняя адаптация лесной растительности к местным условиям существования за счет совершенствования фитоценотической структуры;
- г) увеличение содержания углерода в атмосфере, стимулирующее энергию фотосинтеза и, следовательно, продуктивность экосистем.

Генетико-селекционным фактором в естественных лесах можно пренебречь.

В одновозрастных насаждениях дуба, когда ведется совместный анализ прироста разных поколений деревьев, произраставших на разных участках, совершенствование структуры древостоев учесть вообще не представляется возможным. В одновозрастных древостоях дубрав, когда прямое или обратное воздействие друг на друга различных поколений деревьев практически отсутствует, ценотический фактор не является существенным, динамика годичного прироста в значительной степени определяется состоянием гидротермического режима. При оптимальном соотношении тепла и влаги прирост древостоя достигает максимально возможного уровня, при нарушении этого соотношения в любую сторону прирост существенно снижается.

Несмотря на то, что установленные тренды прироста насаждений разных пород вызваны несколькими причинами, в современных условиях особый интерес представляет вопрос о роли парникового эффекта, а точнее углекислоты в повышении продуктивности лесной растительности. Сам по себе парниковый эффект как природное явление, обеспечивающее возникновение и существование жизни на Земле, не может оцениваться негативно. Поэтому, говоря о парниковом эффекте, ученых в значительной степени волнует ответ на вопрос, как быстро и насколько долго будет идти повышение приземной температуры воздуха при современной скорости увеличения парниковых газов в атмосфере.

При прогнозировании скорости увеличения  $\text{CO}_2$  в атмосфере следует учитывать тот факт, что углекислота, способствующая увеличению скорости роста лесной растительности, тем самым в увеличенном размере изымается из атмосферы и депонируется в биомассе лесов. Наличие такой обратной связи является причиной, тормозящей скорость развития парникового эффекта (Писаренко, 1997). Возможно, благодаря этому самые неутешительные прогнозы по резкому повышению температуры на рубеже столетий не оправдались.

В ряде исследований установлено, что климатические факторы могут определять до 50 % величины годичного прироста лесной растительности (Шиятов и др., 1992), в то время как увеличение  $\text{CO}_2$  в атмосфере Земли влияет на скорость роста деревьев значительно слабее (Nicolussi, Bortenschlager, 1995; Huang et al., 2007). Результаты выполненных исследований позволяют утверждать, что ускорение роста лесов, в первую очередь, связано с глобальным потеплением климата при наличии ряда сопутствующих природных факторов.

Прогнозируемое дальнейшее изменение климатической ситуации на Земле в сторону потепления, а в районе Северо-Западного Кавказа и увеличения увлажненности будут способствовать улучшению условий и обеспечат ускорение роста лесов и повышения их устойчивости в будущем. Такой прогноз имеет несомненное лесохозяйственное значение. Кроме того, увеличение прироста от 2 до 3 % за десятилетие обеспечит значительное повышение объема депонирования углерода в биомассе лесов.

*Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 11-04-90301).*

## Список литературы

- Бузыкин А.И. (2007) Возможности регулирования продуктивности древостоев. Лесоведение 6: 65–71.
- Веселов И.В. (1973) Смешанные леса из пихты и бука на Северном Кавказе и их биологическая продуктивность. Краснодар: Краснодарское книжное издательство, 211 с.
- Герасимов М.В. (1948) Кавказская пихта. М.-Л.: Гослестехиздат, 176 с.
- Зябченко С.С. (1972) Применение упрощенных способов определения текущего прироста в сосняках Карелии. В: Текущий прирост древостоев и его применение в лесном хозяйстве (Доклады совещания 27-29 сентября 1972 г.). Рига, с. 33–36.
- Комин Г.Е. (1990) Ход роста модальных насаждений дуба скального в бассейне р. Псекупс. В: Экологические основы ведения лесного хозяйства в горных лесах. Сочи, НИИгорлесэкол, с. 60–67.
- Комин Г.Е. (1996) Возможная реакция лесообразовательного процесса на грядущие изменения климата. Лесоведение 5: 34–41.
- Комин Г.Е. (2003) Методика дендрохронологической оценки влияния парникового эффекта на рост леса. Лесоведение 1: 58–64.
- Комин Г.Е. (2007) Дендрохронологический анализ динамики радиального прироста пихты кавказской. В: Лесное хозяйство Северного Кавказа. Сб. научных трудов, вып. 25. Сочи, ФГУ «НИИгорлесэкол», с. 152–163.
- Комин Г.Е. (2009) Дендрохронологический анализ динамики радиального прироста бука восточного на Северо-Западном Кавказе. В: 65 лет Федеральному государственному учреждению «Научно-исследовательский институт горного лесоводства и экологии леса». Материалы конференции (9-14 ноября 2009 года). Сб. науч. трудов ФГУ «НИИгорлесэкол». Сочи, с. 264–269.
- Комин Г.Е. (2010) Дендрохронологический анализ роста дуба скального на Северо-Западном Кавказе. Лесоведение 4: 9–16.
- Мальцев М.П. (1988) Бук и его восстановление. Майкоп: Адыгейское отд. Краснодарского книжного издательства, 232 с.
- Орлов А.Я. (1951) Темнохвойные леса Северного Кавказа. М.: Изд. АН СССР, 256 с.
- Писаренко А.И. (1997) Глобальное управление бореальными лесами: целесообразность или неизбежность? В: Устойчивое развитие бореальных лесов. Тр. VII ежегодной конференции МАИБЛ. 19-23 августа 1996 г. Санкт-Петербург. М, с. 3–16.
- Феклисов П.А., Евдокимов В.Н., Барзут В.М. (1997) Биологические и экологические особенности роста сосны в северной подзоне Европейской тайги. Архангельск: ИПЦ АГТУ, 140 с.
- Шиятов С.Г., Мазепа В.С., Фриттс Г. (1992) Влияние климатических факторов на радиальный прирост деревьев в высокогорьях Урала. В: Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем, т. XIV. СПб., Гидрометеиздат, с. 125–134.
- Huang J.G., Bergeron Y., Denneler B., Berninger F., Tardif J. (2007) Response of forest trees to increased atmospheric CO<sub>2</sub>. Critical Reviews in Plant Sciences 26 (5-6): 265–283.
- Nicolussi K., Bortenschlager S. (1995) CO<sub>2</sub>-Anstieg und Jahringbreitentrends bei *Pinus cembra* in den westlichen Zentralalpen Tirols (Osterreich). Ber. Naturwiss.-med. Ver. Innsbruck. 82: 61–77.



## **Dendrochronological Assessment of Forest Productivity Dynamics in Northwest Caucasia**

**Gawriil E. Komin**

*Research Institute of Mountain Forestry and Forest Ecology  
74 Kurortny, Sochi, 354002 Russia*

---

*Timber stock dynamics during last 300 years have been assessed using ring-width chronologies for sessile oak (*Quercus petraea* Liebl), Oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) and Nordmann fir (*Abies nordmanniana* (Stev.) Spach.) processed by novel method. Positive linear trend has been shown in all chronologies. Average increase of growth indices has been determined as 0.23% per year for oak and beech and as 0.21 % for fir. Growth trends have been used for timber stock dynamics assessment. Years of sample plot description or dates of sampling have been used as a control points by stock dynamics assessment. Compound interest formula has been applied by wood reserves dynamics estimation. Mature oak forest reserves increased according this calculation from 211 up to 300 cubic meters per hectare since 1850, beech forest reserves increased from 194 up to 400 m<sup>3</sup>/ha since 1700 and fir forest reserves increased from 480 up to 775 m<sup>3</sup>/ha since 1720.*

*Keywords: tree vegetation, forest productivity dynamics, tree-ring analysis, northwest Caucasia.*

---