

УДК 582.475.2:581.522.68

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2017.1.51

ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА СЕЗОННЫЙ РОСТ ДЕРЕВЬЕВ ЛИСТВЕННЫХ ЛЕСООБРАЗУЮЩИХ ВИДОВ В ТАЕЖНОЙ ЗОНЕ*

И.Т. Кищенко, д-р биол. наук, проф.

Петрозаводский государственный университет, просп. Ленина, д. 33,
г. Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910; e-mail: ivanki@karelia.ru

Биологическая продуктивность лиственных пород напрямую зависит от продолжительности роста всех органов дерева. В 2002–2006 гг. изучены продолжительность и интенсивность сезонного роста побегов, листьев и стволов березы пушистой (*Betula pubescens* Ehrh.), тополя дрожащего (*Populus tremula* L.) и ольхи серой (*Alnus incana* (L.) Moench) в Средней Карелии (подзона северной тайги). Исследования показали, что начало роста вегетативных органов у этих видов деревьев происходит в следующей последовательности. В конце мая начинается рост побегов у деревьев *Betula pubescens* и *Alnus incana*, в начале июня – у *Populus tremula*. У первых двух видов листья появляются через 4...5 сут после начала этой фенофазы, у деревьев тополя дрожащего – всего через 1 сут. У деревьев *Populus tremula* и *Alnus incana* формирование древесины ствола начинается в середине июня, у деревьев *Betula pubescens* – спустя 5 сут. Кульминация прироста побегов отмечается у деревьев *Alnus incana* и *Populus tremula* в конце июня, у *Betula pubescens* – в середине июля; листьев у деревьев *Alnus incana* – в самом начале июля, у других видов деревьев – спустя неделю; стволов у деревьев *Populus tremula* – в первой декаде июля, у других видов – через 4...7 сут. Рост побегов у деревьев *Alnus incana* прекращается в середине июля, у деревьев *Betula pubescens* и *Populus tremula* – через 5...9 сут; рост стволов – в конце августа, причем у деревьев *Alnus incana* раньше. Продолжительность формирования побегов у деревьев *Populus tremula*, *Alnus incana* и *Betula pubescens* составляет соответственно 43, 51 и 62 дн., листьев – 70, 79 и 78 сут, стволов – 66, 60 и 72 дн. Рост побегов у изученных видов деревьев начинается при одинаковом температурном режиме воздуха: 12,2...13,4 °С; листьев у деревьев *Alnus incana* и *Betula pubescens* – соответственно при 9,6 и 11,8 °С, у деревьев *Populus tremula* – при 15,0 °С; стволов у деревьев всех видов – при 14,5...15,7 °С. Максимальный прирост побегов у деревьев всех видов имеет место при температуре воздуха 18,3...19,2 °С; листьев – при 18,2...19,4 °С; стволов – при 18,0...19,0 °С. Рост вегетативных органов у этих видов заканчивается при одинаковом температурном режиме воздуха: побеги – 18,3...17,3 °С, листья – при 12,8...13,5 °С, стволы – при 13,3...14,3 °С. Из изученных видов наименее требовательной к температурному режиму воздуха является *Betula pubescens*, у которой все

*Работа выполнена при финансовой поддержке программы стратегического развития ПетрГУ в рамках реализации комплекса мероприятий по развитию научно-исследовательской деятельности.

Для цитирования: Кищенко И.Т. Влияние климатических факторов на сезонный рост деревьев лиственных лесобразующих видов в таежной зоне // Лесн. журн. 2017. № 1. С. 51–63. (Изв. высш. учеб. заведений). DOI: 10.17238/issn0536-1036.2017.1.51

фазы роста вегетативных органов протекают при самых низких значениях температуры и теплообеспеченности.

Ключевые слова: *Betula*, *Populus*, *Alnus*, побеги, листья, стволы, экологические факторы, рост.

Введение

Изучению сезонного роста и развития растений, в том числе древесных видов, уделяется большое внимание как в России, так и за рубежом. Познание этих важнейших биологических процессов имеет решающее значение в теории и практике выращивания растений. При этом объектами исследований служат в основном хвойные виды растений.

Многие исследователи считают, что без знания ритмики сезонных изменений невозможно раскрыть существенные стороны биологии и экологии аборигенных лесообразующих видов, а также жизни лесных биоценозов, образуемых ими [4, 5, 17, 21, 28, 30, 32].

Биологическая продуктивность и устойчивость древостоев в конечном итоге зависит от продолжительности и интенсивности роста всех органов дерева. При этом динамика формирования древостоем органического вещества определяется целым рядом экологических факторов. Поэтому выявление особенностей в реакциях различных меристем на изменение климатических и эдафических факторов в разных частях ареала того или иного вида лесообразователя представляет большой интерес в фундаментальных исследованиях.

Знание сезонной ритмики роста и развития лесных деревьев особенно важно для эффективной борьбы с энтомо- и фитовредителями [14], при аэрофотосъемке и аэротаксации лесов [13, 24]. Результаты этих исследований необходимы и для рационального проведения многих лесохозяйственных мероприятий (заготовка семян, посев и посадка древесных растений, внесение удобрений, проведение рубок ухода) [6, 16].

Анализ литературных источников позволил установить, что многие стороны формирования вегетативных органов у лиственных лесообразующих видов в сезонной динамике изучены слабо и нуждаются в дальнейшем уточнении. В частности, отсутствуют сведения об оптимальных значениях факторов среды, при которых рост деревьев происходит наиболее интенсивно; нет достаточной ясности в вопросе о ведущих факторах, определяющих рост деревьев во второй половине вегетационного периода; слабо изучены динамика и сроки реактивации камбия ствола у деревьев в связи с условиями местопрорастания, возрастом и положением в пологе леса.

Работы, посвященные изучению влияния экологических факторов на рост лиственных лесообразующих видов крайне малочисленны [9, 11, 12, 20, 22].

В Карелии формации лиственных лесов представлены березняками, осинниками и ольшаниками. В связи с этим главной целью настоящей работы являлось определение особенностей роста березы пушистой (*Betula pubescens*

Ehrn.), тополя дрожащего (*Populus tremula* (L.)) и ольхи серой (*Alnus incana* (L.) Moench)* под влиянием главнейших климатических факторов.

Объекты и методы исследований

Продолжительность и интенсивность сезонного роста побегов, листьев и стволов березы пушистой, тополя дрожащего и ольхи серой исследовали в 2004–2006 гг. в Средней Карелии (подзона северной тайги, Муезерский муниципальный район (63°50' N, 30°45' E)). Деревья березы пушистой произрастают в условиях березняка чернично-разнотравного (средний возраст – 67 лет, средняя высота – 18 м, средний диаметр стволов – 16 см), деревья тополя дрожащего – в условиях осинника злаково-черничного (средний возраст деревьев – 41 год, средняя высота – 18 м, средний диаметр стволов – 14 см), деревья ольхи серой – в условиях сероольшаника злаково-разнотравного (средний возраст деревьев – 60 лет, средняя высота – 12 м, средний диаметр стволов – 18 см).

Закладку пробных площадей и геоботаническое описание лесных фитоценозов проводили по общепринятым методикам [18, 19]. На каждой из трех пробных площадей выбирали по 10 учетных деревьев исследуемого вида (II–III классов роста и развития по Крафту).

За ростом побегов (без их срезания) наблюдали, используя методику А.А. Молчанова и В.В. Смирнова [15]. Площадь листьев (в основании молодых ауксибластов) оценивали с момента распускания вегетативных почек до полного прекращения роста через каждые 3 дн. Для этого листовые пластинки оконтуривали карандашом на белой бумаге, после чего площадь оконтуренных участков (т. е. площадь листьев на определенную дату) измеряли планиметром. Длину стеблей у побегов второго порядка ветвления с юго-западной части кроны измеряли на высоте около 2 м от поверхности почвы с момента набухания вегетативных почек.

Методика [15] также предусматривает возможность исследования роста побегов и листового аппарата (с их срезанием) по массе. Однако в наших условиях точность определения этих показателей оказалась крайне низкой (более 10 %), что и обусловило отказ от этой процедуры.

Для изучения сезонного радиального прироста древесины ствола у каждого учетного дерева отбирали образцы древесины через каждые 5 сут после начала деятельности камбия по методике [15]. Начиная с западной стороны ствола, на высоте 1,3 м вырезали фрагмент тканей, включающий кору и древесину. Для этого на исследуемой части ствола при помощи струга снимали пробку, стараясь не повредить лежащие ниже ткани коры. Скальпелем делали два параллельных надреза длиной 1,5 см на расстоянии около 0,5 см друг от друга на глубину не менее двух годичных слоев. Затем участки коры между ними перерезали сверху и снизу двумя параллельными надрезами через 2 мм и вынимали кусочки коры. После этого стамеской с шириной лезвия 5 мм делали зарубки на этих местах на глубину, чуть меньшую, чем два первых параллельных надреза. При помощи стамески вынимали образец (15×5×5 мм), стараясь не отделять кору от древесины. Образцы тканей ствола отбирали

*Названия типов леса даны по классификации В.Н. Сукачева.

вдоль воображаемой спирали – снизу вверх и слева направо. Между углублениями от взятых участков древесины должны оставаться ненарушенные участки ствола шириной около 1 см. Препараты древесины готовили для просмотра при помощи микротомы GRANUM-202 [25]. Ширину слоя древесины текущего года измеряли в трех местах (начиная от камбиальной зоны до зоны поздней древесины прошлого года) с точностью до 1 мкм, используя микроскоп МБМ с микрометром МОВ.

Объем выборки по каждому периоду (по каждому виду) наблюдений составил по 25 побегов и листьев и по 10 образцов тканей ствола. Суточный прирост определяли как разницу в показателях между последующим и предшествующим наблюдениями, отнесенную к числу суток этого периода.

Метеорологические данные получены от Ребольской метеостанции (Петрозаводская гидрометеобсерватория).

При обработке экспериментального материала применяли статистические методы [3]. Математический анализ экспериментальных данных осуществляли в четыре этапа. Вначале проводили статистический анализ в целях определения среднего арифметического значения варьирующего признака, степени его варьирования и показателя точности. Затем, исходя из поставленных задач, оценивали достоверность различия однородных признаков. После этого, если распределение вариантов в вариационном ряду отвечало закону нормального распределения случайных величин, проводили корреляционный анализ. Результаты математических анализов оценивали по 5-процентному уровню значимости, используя для этого табличные значения соответствующего критерия достоверности. Из полученных элементарных статистик следует, что при определении среднеарифметического значения прироста побегов показатель точности опыта составляет 4...6 %, коэффициент вариации – 15...26 %, листьев – соответственно 3...5 и 11...22 %, ствола – 6...8 и 17...30 %.

Результаты исследований и их обсуждение

Результаты исследований показали, что раньше всего (24. V) рост побегов начинается у деревьев *Betula pubescens*, через неделю – у деревьев *Populus tremula*, у деревьев *Alnus incana* – только 4. VI. Температура воздуха и сумма положительных температур (далее теплообеспеченность) при этом почти не различаются, составляя соответственно 12,2...13,4 и 521...544 °С (табл. 1). В Архангельской области, по данным А.В. Тимофеевой [22], рост побегов *Alnus incana* начинается при среднесуточной температуре воздуха 14,4 °С.

В дальнейшем темпы роста побегов продолжают испытывать влияние температуры воздуха. Максимальный прирост побегов быстрее всего наступает у деревьев *Alnus incana* и *Populus tremula* (22–27. VI), у деревьев *Betula pubescens* – лишь 16. VII. Температура воздуха при этом почти не различается, составляя 8,3...9,5 °С. Однако теплообеспеченность для деревьев первых двух видов во время этой фенофазы составляет всего 994...1030 °С, для последнего вида – 1354 °С. Суточный прирост побегов в это время наибольших значений достигает у деревьев *Betula pubescens* и *Populus tremula* (11,4 и 12,0 мм), тогда как у деревьев *Alnus incana* – всего 3,2 мм (табл. 2). По данным [1] в Архангельской области максимальный суточный прирост побегов *Alnus incana* – 3,0 мм.

В это время между интенсивностью роста побегов и температурой воздуха отмечается прямолинейная зависимость средней силы (коэффициент корреляции $r = +0,57...+0,66$) (табл. 3). Заметное влияние температуры воздуха на рост побегов лиственных деревьев в лесостепной и таежной зонах установлено ранее [8, 10, 12, 20, 22].

Таблица 3

Коэффициент корреляции между интенсивностью роста вегетативных органов у деревьев и факторами среды (среднеарифметические показатели за 3 года)

Вид	Среднесуточная температура воздуха	Влажность воздуха	Атмосферные осадки	Суммарная солнечная радиация
<i>Побеги</i>				
<i>Betula pubescens</i>	0,57	0,27	0,44	0,23
<i>Populus tremula</i>	0,66	0,32	0,36	0,15
<i>Alnus incana</i>	0,66	0,61	0,44	0,29
<i>Листья</i>				
<i>Betula pubescens</i>	0,45	-0,19	-0,27	0,12
<i>Populus tremula</i>	0,59	-0,45	-0,28	0,18
<i>Alnus incana</i>	0,50	-0,32	-0,29	0,14
<i>Стволы</i>				
<i>Betula pubescens</i>	0,29	-0,17	-0,18	0,18
<i>Populus tremula</i>	0,30	-0,11	-0,18	0,17
<i>Alnus incana</i>	0,34	-0,12	-0,12	0,29

Примечание. Коэффициент корреляции достоверен на 5 %-м уровне значимости, если его абс. значение превышает 0,30.

После кульминации прироста побегов зависимость между интенсивностью их роста и температурой воздуха уже не прослеживается.

Рост побегов у изученных видов прекращается во второй половине июля, причем у деревьев *Alnus incana* (16. VII) на 10 сут раньше, чем у деревьев *Populus tremula*. Температура воздуха и теплообеспеченность в это время также почти не различаются, составляя соответственно 18,3...19,0 и 1471...1645 °С.

Наибольшая продолжительность роста побегов характерна для деревьев *Betula pubescens* – 62 дн., наименьшая – для деревьев *Populus tremula* – 43 дн. (см. табл. 2). Годичный прирост этих видов достигает почти 10 см, у *Alnus incana* – в 10 раз меньше.

Как показали результаты исследований, время появления листьев у изученных видов существенно различается. Их рост раньше всех начинается у деревьев *Betula pubescens* (28. V) при температуре воздуха и теплообеспеченности соответственно 11,8 и 472 °С, у деревьев *Alnus incana* (1. VI) – соответственно при 9,6 и 559 °С. Отсюда можно сделать вывод, что температурный режим в период, предшествующий этой фенофазе, вместе с текущей температурой

определяют ее начало. У деревьев *Populus tremula* рост листьев начинается 9. VI при значительно больших значениях этих параметров – соответственно 15,0 и 559 °С (см. табл. 1).

Интенсивность роста листьев, как и побегов, также зависит от динамики среднесуточной температуры воздуха ($r = +0,45...+0,59$) (табл. 3). Наступление кульминации прироста листьев у изученных видов совпадает с повышенной температурой воздуха (до 18,2...9,4 °С) и теплообеспеченностью (1234...2563 °С). Влияние температуры воздуха на интенсивность роста листьев *Betula pubescens*, *Alnus incana* и *Populus tremula* в таежной и лесостепной зонах выявлено рядом авторов [7, 8, 10–12, 22]. Быстрее всего кульминация прироста листьев наступает у деревьев *Alnus incana* (2. VII), у других видов – 8-9. VII. В это время наибольшее значение суточного прироста листьев отмечено у деревьев *Betula pubescens* (4,2 мм²), у деревьев *Populus tremula* и *Alnus incana* он меньше соответственно в 2 и 4 раза (см. табл. 2).

Ранее всего рост листьев прекращается у деревьев *Alnus incana* и *Populus tremula* (18-19. VIII), у деревьев *Betula pubescens* – спустя неделю. Температура воздуха к этому времени существенно понижается (до 12,8...13,5 °С), теплообеспеченность повышается до 2139...2243 °С. Зависимость сроков прекращения роста листьев лесобразующих лиственных видов от температуры воздуха в средней таежной зоне отмечена и другими исследователями [7–10, 12, 22].

Наименьшая продолжительность роста листьев характерна для деревьев *Populus tremula* (70 сут), у других изучаемых видов она на 8...9 сут длиннее. Годичный прирост листьев также максимален у деревьев *Populus tremula* (61,0 см²), у других видов он на 10...20 см² меньше (табл. 2).

Рост древесины ствола у деревьев *Betula pubescens* начинается 15. VI, у двух других изученных видов – через 4...5 сут при близких значениях температуры (14,5...15,7 °С). Сумма положительных температур в момент начала данной фенофазы у деревьев *Betula pubescens* (798 °С) на 125 °С меньше, чем у двух других видов. Зависимость сроков начала образования древесины ствола от температуры воздуха в подзоне тайги установлена многими авторами как для хвойных [2, 23, 26, 27, 29, 31], так и для лиственных [7, 8, 10–12, 20, 22] видов деревьев.

Изменения в температурном режиме воздуха гораздо менее заметно сказываются на интенсивности деятельности камбия стволов, чем на приросте побегов и листьев ($r = +0,29...+0,34$) (табл. 3). Колебания температуры воздуха также отражаются на интенсивности роста древесины ствола как хвойных [2, 23, 26, 27, 29, 31], так и лиственных [7, 8, 10–12, 20, 22] видов деревьев.

Максимальный радиальный суточный прирост ствола у деревьев *Populus tremula* имеет место уже 8. VII, у *Populus tremula* и *Alnus incana* – соответственно через 4 и 10 сут. В это время температура воздуха достигает максимальных значений (18,0...19,0 °С), теплообеспеченность – 1362...1520 °С.

Деление камбиальных клеток ствола у деревьев *Alnus incana* прекращается 20. VIII, у других видов – на неделю позже. У изученных видов в момент прекращения роста древесины ствола температура воздуха и теплообеспеченность почти не различаются, составляя соответственно 13,3...14,3 и 2110...2139 °С.

Наименьшая продолжительность формирования древесины отмечена у деревьев *Alnus incana* (60 сут), у деревьев *Populus tremula* и *Betula pubescens* – соответственно на 1 и 2 нед. больше (см. табл. 2). Годичный радиальный прирост стволов у деревьев *Populus tremula* и *Alnus incana* (6,3...6,6 мкм) в 2,5 раза превышает этот показатель у деревьев *Betula pubescens*.

Выяснилось, что особенности роста вегетативных органов деревьев изученных видов определяются не только температурой воздуха, но также и другими факторами среды. Направление и сила этого влияния также зависят от биологии вида. Установлено, что на темпы роста побегов влажность воздуха и атмосферные осадки влияют положительно ($r = +0,27... +0,61$) (табл. 3). Между тем на динамику роста листьев и древесины ствола эти факторы оказывают слабое отрицательное влияние ($r = -0,11...-0,45$). Зависимость динамики прироста побегов и древесины стволов *Betula pubescens*, *Populus tremula* и *Alnus incana* от влажности воздуха и суммы осадков за период роста установлена ранее А.А. Козьминым [12], И.Т. Кищенко и И.В. Вантенковой [8], М.В. Скомарковой и др. [20] и А.В. Тимофеевой [22].

Суммарная солнечная радиация слабо отражается ($r = +0,12- +0,29$) на интенсивности роста вегетативных органов изученных видов (табл. 3).

Заключение

Исследования, проведенные в средней подзоне тайги, показали, что начало роста вегетативных органов у лесообразующих лиственных видов деревьев обусловлено влиянием главных климатических факторов и происходит в одинаковой последовательности. Установлено, что раньше всех рост начинается и заканчивается у деревьев *Alnus incana* и *Betula pubescens*, что является признаком более высокой степени адаптации этих видов по сравнению с деревьями *Populus tremula*.

Рост побегов у изученных видов деревьев начинается при одинаковом температурном режиме воздуха – 12,2...13,4 °С; листьев у деревьев *Alnus incana* и *Betula pubescens* – соответственно при температуре 9,6 и 11,8 °С, у деревьев *Populus tremula* – при 15 °С; стволов у деревьев всех видов – при одинаковой температуре – 14,5...15,7 °С.

Рост вегетативных органов у изученных видов заканчивается при одинаковом температурном режиме воздуха: побеги – при 18,3...17,3 °С, листья – при 12,8...13,5 °С, стволы – при 13,3...14,3 °С. Установлено, что интенсивность роста вегетативных органов у деревьев изученных видов в основном определяется температурой воздуха, причем в период усиленного их роста. На темпы роста побегов слабое положительное, как и на темпы роста листьев, слабое отрицательное влияние оказывают атмосферные осадки и влажность воздуха. Интенсивность роста вегетативных органов деревьев изученных видов в незначительной мере определяется и динамикой суммарной солнечной радиации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабич Н.А. Интродуценты в зеленом строительстве северных городов. Архангельск: АГТУ, 2008. 144 с.
2. Ваганов Е.А., Шиятов С.Г., Мазена В.С. Дендроклиматические исследования в Урало-Сибирской Субарктике. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1996. 244 с.
3. Зайцев Г.Н. Математическая статистика в экспериментальной ботанике. М.: Наука, 1984. 424 с.
4. Елагин И.Н. Сезонное развитие сосняков европейской части СССР и Сибири // Фенология. 1969. Вып. 1, № 3. С. 7–9.
5. Елагина В.А. Сезонный рост сибирских хвойных пород: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Омск, 1969. 27 с.
6. Иваненко Б.И. Фенология древесных и кустарниковых пород. М.: Наука, 1962. 183 с.
7. Кищенко И.Т., Вантенкова И.В. Влияние погодных условий на сезонный рост осины в Северной Карелии // Лесоведение. 2014. № 6. С. 11–16.
8. Кищенко И.Т., Вантенкова И.В. Влияние экологических факторов на сезонный рост деревьев *Alnus incana* Moench. в Северной Карелии // Экология. 2013. № 4. С. 263–267.
9. Кищенко И.Т., Вантенкова И.В. Динамика сезонного роста *Betula pubescens* (*Betulaceae*) разного возраста в Северной Карелии // Растит. ресурсы. 2010. Т. 52, вып. 3. С. 27–32.
10. Кищенко И.Т., Вантенкова И.В. Сезонный рост березы пушистой в Северной Карелии // Лесоведение. 2011. № 4. С. 48–52.
11. Кищенко И.Т., Потапова М.Н. Сезонный рост побегов представителей *Betula* (*Betulaceae*) в условиях интродукции // Ученые записки ПетрГУ. 2012. Т. 2, № 8. (129). С. 7–10.
12. Козьмин А.А. Сезонная динамика роста березы повислой разного географического происхождения // Лесоведение. 2002. № 5. С. 78–80.
13. Мажугин И.Н. Сезонное фенологическое состояние насаждений лесного массива и его роль для аэросъемки лесов и дешифрирования аэроснимков // Сб. науч.-исслед. работ по лесн. хоз-ву. Л.: Наука, 1969. Вып. № 2. С. 324–326.
14. Мелехов И.С. Влияние пожаров на лес. М.; Л.: Гослестехиздат, 1948. 124 с.
15. Молчанов А.А., Смирнов В.В. Методика изучения прироста древесных растений. М.: Наука, 1967. 95 с.
16. Некрасова Т.П. Влияние температуры воздуха на формирование пыльцы хвойных древесных пород // Лесоведение. 1970. № 6. С. 37–43.
17. Острошенко В.В. Сезонный рост ели аянской // Лесн. хоз-во. 1982. № 4. С. 52–55.
18. Полевая геоботаника. М.: АН СССР, 1964. Т. 3. 530 с.
19. Программа и методы биогеоценологических исследований. М.: АН СССР, 1974. 404 с.
20. Скомаркова М.В., Ваганов Е.А., Вирт К., Кирдянов А.В. Климатическая обусловленность радиального прироста хвойных и лиственных пород в подзоне средней тайги Центральной Сибири // География и природные ресурсы. 2009. № 2. С. 80–85.
21. Сукачев В.Н. Стационарное изучение растительности. Землеведение // Бюлл. Моск. общ-ва испытателей природы. Новая сер. 1950. Т. III (XLIII). С. 219–225.

22. Тимофеева А.В. Изучение сезонного роста ольхи серой (*Alnus incana* (L.) Moench) в Архангельской области // Лесохозяйств. инф. 2015. № 4. С. 17–22.
23. Шиятов С.Г. Дендрохронология верхней границы леса на Урале. М.: Наука, 1986. 136 с.
24. Харин Н.Г. Сроки аэрофотосъемки лесов в различных районах СССР // Организация лесн. хоз-ва и инвентаризация лесов. М.: Наука, 1963. С. 43–50.
25. Яценко-Хмелевский А.А. Основы и методы анатомического исследования древесины. М.: Наука, 1954. 338 с.
26. D'Arrigo R.D., Jacoby G.C., Free R.M. Tree-Ring Width and Maximum Latewood Density at the North American Tree Line: Parameters of Climatic Change. *Canad. J. For. Res.*, 1992, vol. 22, pp. 1290–1296.
27. Briffa K.R., Jones P.D. Basic Chronology Statistics and Assessment. *Methods of Dendrochronology: Applications in the Environmental Sciences*. Ed. by E.R. Cook, L.A. Kairiukstis. Boston, 1990, pp. 137–152.
28. Borowski M., Dziekonski H. Rozklad przyrostu grubosci wzdluz stral sosen w zalezności od stanowiska socjalnego drzew. *Sylvan*, 1974, vol. 118, no. 11, pp. 8–15.
29. Dietrichson J. Proveniensproblemat belyst ved studies av vekstrytme og klima. *Meddelelser fra det Norske skogforsvesen*, 1964, bd. 19, no. 5, pp. 23–32.
30. Fiedler F., Wenk G. Der jahreszeitliche Ablauf des Dickenzuwachses von Fichten und Kiefern und seine Abhängigkeit von meteorologischen Faktoren. *Wiss. Z. Techn. Univ. Dresden*, 1973. Bd. 22. Nu. 3. Ss. 531–535.
31. Kozłowski T.T. Growth Characteristics of Forest Trees. *J. Forest.*, 1963, vol. 61, no. 9, pp. 655–662.
32. Leikola M. The Influence of Environmental Factors on the Diameter Growth of Forest Trees: Axonometric Study. *Acta For. Fen.*, 1969, vol. 92, pp. 1–144.
33. Mikola P. Puiden kasvun vaihteluista ja niiden merkityksestä kasvututkimuksissa [On Variations in Tree Growth and Their Significance to Growth Studies]. *Comm. Inst. For. Fenn.*, 1950, no. 38(5), pp. 1–131.

Поступила 30.09.15

UDC 582.475.2:581.522.68

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2017.1.51

The Impact of Climatic Factors on the Seasonal Growth of Deciduous Trees of the Forest-Forming Species in the Taiga Zone

I.T. Kishchenko, Doctor of Biological Sciences, Professor

Petrozavodsk State University, Lenina pr., 33, Petrozavodsk, Republic of Karelia, 185640, Russian Federation; e-mail: ivanki@karelia.ru

The biological productivity of hardwood depends on the growth duration of all tree organs. The duration and intensity of the seasonal growth of shoots, leaves and stems of white birch

For citation: Kishchenko I.T. The Impact of Climatic Factors on the Seasonal Growth of Deciduous Trees of the Forest-Forming Species in the Taiga Zone. *Lesnoy zhurnal*, 2017, no. 1, pp. 51–63. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2017.1.51

(*Betula pubescens* Ehrn.), *Populus tremula* L. and grey alder (*Alnus incana* (L.) Moench) were investigated in 2002–2006 in the Middle of Karelia (the northern taiga subzone). The growth of vegetative organs of the studied trees species occurs in the following sequence. The shoots of *Betula pubescens* and *Alnus incana* start to grow in late May, of *Populus tremula* – in early June. We observed new leaves of the first two types in 4–5 days after the beginning of this phenophase; of *Populus tremula* – in 1 day. *Populus tremula* and *Alnus incana* started to form stem wood in mid-June, *Betula pubescens* – in 5 days. The culmination of the *Alnus incana* and *Populus tremula* shoots growth was marked in late June, of *Betula pubescens* – in mid-July; of leaves of *Alnus incana* – in early July, of trees of other species – a week later; stems of *Populus tremula* – in early July, and of other species – in 4...7 days. The growth of shoots in *Alnus incana* trees stops in mid-July, in *Betula pubescens* and *Populus tremula* trees – in 5...9 days; the stem growth – in late August, firstly in *Alnus incana* trees. The shoots formation period of *Populus tremula*, *Alnus incana* and *Betula pubescens* trees is 43, 51 and 62 days, respectively; the leaves formation period is 70, 79 and 78 days; the stem formation period is – 66, 60 and 72 days. The shoot growth in the studied species of trees begins at the same air temperature: 12.2...13.4 °C; the leaves growth of *Alnus incana* and *Betula pubescens* trees – at 9.6 and 11.8 °C, respectively, and of *Populus tremula* trees – at 15 °C. The stems of all species start to grow at 14.5...15.7 °C. The maximum growth of tree shoots of all species takes place at an air temperature of 18.3...19.2 °C; of leaves – at 18.2...19.4 °C; of stems – at 18.0...19.0 °C. The growth of vegetative organs of the studied species stops at the same air temperature conditions: shoots – at 18.3...17.3 °C, leaves – at 12.8...13.5 °C, stems – at 13.3...14.3 °C. *Betula pubescens* is the least demanding tree to the air temperature regime among the studied species; all phases of growth of vegetative organs occur at the lowest temperatures and heat supply.

Keywords: *Betula*, *Populus*, *Alnus*, shoot, leave, stem, environmental factor, growth.

REFERENCES

1. Babich N.A. *Introdutsenty v zelenom stroitel'stve severnykh gorodov* [Exotic Species in Green Building in the Northern Cities]. Arkhangelsk, 2008. 144 p.
2. Vaganov E.A., Shiyatov S.G., Mazepa V.S. *Dendroklimaticheskie issledovaniya v Uralo-Sibirskoy Subarktike* [Dendroclimatic Studies in the Ural-Siberian Subarctic]. Novosibirsk, 1996. 244 p.
3. Zaytsev G.N. *Matematicheskaya statistika v eksperimental'noy botanike* [Mathematical Statistics in Experimental Botany]. Moscow, 1984. 424 p.
4. Elagin I.N. Sezonnoe razvitiye sosnyakov evropeyskoy chasti SSSR i Sibiri [Seasonal Development of Pine Forests of the European Part of the USSR and Siberia]. *Fenologiya*, 1969, vol. 1, no. 3, pp. 7–9.
5. Elagina V.A. *Sezonnyy rost sibirskikh khvoynykh porod: avtoref. dis. ... kand. s.-kh. nauk* [Seasonal Growth of Siberian Conifers: Cand. Agric. Sci. Diss. Abs.]. Omsk, 1969. 27 p.
6. Ivanenko B.I. *Fenologiya drevesnykh i kustarnikovykh porod* [Phenology of Trees and Shrubs]. Moscow, 1962. 183 p.
7. Kishchenko I.T., Vantenkova I.V. Vliyanie pogodnykh usloviy na sezonnyy rost osiny v Severnoy Karelii [Influence of Weather Conditions on the Seasonal Growth of Aspen in North Karelia]. *Lesovedenie* [Russian Journal of Forest Science], 2014, no. 6, pp. 11–16.
8. Kishchenko I.T., Vantenkova I.V. Vliyanie ekologicheskikh faktorov na sezonnyy rost dere'vev *Alnus incana* Moench. v Severnoy Karelii [The Effect of Environmental

Factors on the Seasonal Growth of Trees of *Alnus incana* Moench in North Karelia]. *Ekologiya* [Russian Journal of Ecology], 2013, no. 4, pp. 263–267.

9. Kishchenko I.T., Vantenkova I.V. Dinamika sezonnogo rosta *Betula pubescens* (*Betulaceae*) raznogo vozrasta v Severnoy Karelii [The Dynamics of the Seasonal Growth of *Betula pubescens* (*Betulaceae*) of All Ages in North Karelia]. *Rastitel'nye resursy*, 2010, vol. 52, no. 3, pp. 27–32.

10. Kishchenko I.T., Vantenkova I.V. Sezonnny rost berezy pushistoy v Severnoy Karelii [Seasonal Growth of White Birch in North Karelia]. *Lesovedenie* [Russian Journal of Forest Science], 2011, no. 4, pp. 48–52.

11. Kishchenko I.T., Potapova M.N. Sezonnny rost pobegov predstaviteley *Betula* (*Betulaceae*) v usloviyakh introduktsii [Seasonal Growth of Shoots of the Representatives of *Betula* (*Betulaceae*) in the Introduction Conditions]. *Uchenye zapiski Petrozavodskogo gosudarstvennogo universiteta* [Proceedings of Petrozavodsk State University], 2012, vol. 2, no. 8(129), pp. 7–10.

12. Koz'min A.A. Sezonnaya dinamika rosta berezy povisloy raznogo geograficheskogo proiskhozhdeniya [Seasonal Growth Dynamics of European White Birch of Different Geographical Origin]. *Lesovedenie* [Russian Journal of Forest Science], 2002, no. 5, pp. 78–80.

13. Mazhugin I.N. Sezonnnoe fenologicheskoe sostoyanie nasazhdeniy lesnogo mas-siva i ego rol' dlya aeras"emki lesov i deshifirovaniya aerosnimkov [Seasonal Phenological State of the Forestland Plants and Its Role for the Aerial Survey of Forests and Aerial Photo-interpretation]. *Sb. nauch.-issled. rabot po lesn. khoz-vu* [Coll. Sci. and Research Works on Forest Management]. Leningrad, 1969, no. 2, pp. 324–326.

14. Melekhov I.S. *Vliyanie pozharov na les* [The Influence of Fires on the Forest]. Moscow; Leningrad, 1948. 124 p.

15. Molchanov A.A., Smirnov V.V. *Metodika izucheniya prirosta drevesnykh ras-teniy* [The Studying Technique of Woody Plants Growth]. Moscow, 1967. 95 p.

16. Nekrasova T.P. Vliyanie temperatury vozdukha na formirovanie pyl'tsy khvoynykh drevesnykh porod [The Air Temperature Effect on the Pollen Formation of Coniferous Trees]. *Lesovedenie* [Russian Journal of Forest Science], 1970, no. 6, pp. 37–43.

17. Ostroshenko V.V. Sezonnny rost eli ayanskoy [Seasonal Growth of Ajan Spruce]. *Lesnoe khozyaystvo*, 1982, no. 4, pp. 52–55.

18. *Polevaya geobotanika* [Field Geobotany]. Moscow, 1964, vol. 3. 530 p.

19. *Programma i metody biogeotsenologicheskikh issledovaniy* [The Program and Methods of Biogeocoenological Research]. Moscow, 1974. 404 p.

20. Skomarkova M.V., Vaganov E.A., Virt K., Kirryanov A.V. Klimaticheskaya obuslovlennost' radial'nogo prirosta khvoynykh i listvennykh porod v podzone sredney taygi Tsentral'noy Sibiri [Climatic Conditionality of Radial Increment of Coniferous and Broad-leaved Species in the Middle Taiga Subzone of Central Siberia]. *Geografiya i prirodnye resursy* [Geography and Natural Resources], 2009, no. 2, pp. 80–85.

21. Sukachev V.N. Statsionarnoe izuchenie rastitel'nosti. Zemlevedenie [Stationary Study of Vegetation. Physical Geography]. *Byullyuten' Moskovskogo obshchestva ispytateley prirody. Novaya Seriya* [Bulletin of Moscow Society of Naturalists. New Series], 1950, vol. III(XLIII), pp. 219–225.

22. Timofeeva A.V. Izuchenie sezonnogo rosta ol'khi seroy (*Alnus incana* (L.) Moench) v Arkhangel'skoy oblasti [The Study of the Seasonal Growth of Grey Alder (*Alnus incana* (L.) Moench) in the Arkhangelsk Region]. *Lesokhozyaystvennaya informatsiya* [Forestry Information], 2015, no. 4, pp. 17–22.

23. Shiyatov S.G. *Dendrokronologiya verkhney granitsy lesa na Urale* [Dendrochronology of the Upper Forest Border in the Urals]. Moscow, 1986. 136 p.
24. Kharin N.G. Sroki aerofotos"emki lesov v razlichnykh rayonakh SSSR [Dates of Aerial Survey of Forests in Various Parts of the USSR]. *Organizatsiya lesnogo khozyaystva i inventarizatsiya lesov* [Forest Management and Forest Inventory]. Moscow, 1963, pp. 43–50.
25. Yatsenko-Khmelevskiy A.A. *Osnovy i metody anatomicheskogo issledovaniya drevesiny* [Fundamentals and Methods of Anatomical Study of Wood]. Moscow, 1954. 338 p.
26. D'Arrigo R.D., Jacoby G.C., Free R.M. Tree-Ring Width and Maximum Late-wood Density at the North American Tree Line: Parameters of Climatic Change. *Canad. J. For. Res.*, 1992, vol. 22, pp. 1290–1296.
27. Briffa K.R., Jones P.D. Basic Chronology Statistics and Assessment. *Methods of Dendrochronology: Applications in the Environmental Sciences*. Ed. by E.R. Cook, L.A. Kairiukstis. Boston, 1990, pp. 137–152.
28. Borowski M., Dziekonski H. Rozklad przyrostu grubosci wzdluz stral sosen w zaleznosci od stanowiska socjalnego drzew. *Sylwan*, 1974, vol. 118, no. 11, pp. 8–15.
29. Dietrichson J. Proveniensproblemat belyst ved studies av vekstrytme og klima. *Meddeletser fra det Norske skogsforssvesen*, 1964, bd. 19, no. 5, pp. 23–32.
30. Fiedler F., Wenk G. Der jahreszeitliche Ablauf des Dickenzuwachses von Fichten und Kiefern und seine Abhängigkeit von meteorologischen Faktoren. *Wiss. Z. Techn. Univ. Dresden*, 1973. Bd. 22. Nu. 3. Ss. 531–535.
31. Kozlowski T.T. Growth Characteristics of Forest Trees. *J. Forest.*, 1963, vol. 61, no. 9, pp. 655–662.
32. Leikola M. The Influence of Environmental Factors on the Diameter Growth of Forest Trees: Axonometric Study. *Acta For. Fenn.*, 1969, vol. 92, pp. 1–144.
33. Mikola P. Puiden kasvun vaihteluista ja niiden merkityksestä kasvututkimuksissa [On Variations in Tree Growth and Their Significance to Growth Studies]. *Comm. Inst. For. Fenn.*, 1950, no. 38(5), pp. 1–131.

Received on September 30, 2015
