

УДК 582.475.2:581.522.68

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2019.4.84

## ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА НА СЕЗОННЫЙ РОСТ ХВОЙНЫХ ЛЕСООБРАЗУЮЩИХ ВИДОВ В ТАЕЖНОЙ ЗОНЕ (РЕСПУБЛИКА КАРЕЛИЯ)

*И.Т. Кищенко, д-р биол. наук, проф., чл.-кор. РАН; ORCID: 0000-0002-1039-1020*

Петрозаводский государственный университет, просп. Ленина, д. 33, г. Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185035; e-mail: ivanki@karelia.ru

Сезонный рост лесобразующих видов широко изучается отечественными и зарубежными учеными. Цель исследования – анализ особенностей роста вегетативных органов хвойных лесобразующих видов в таежной зоне. Объектами исследования служили деревья сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), ели европейской (*Picea abies* (L.) Karst.) и лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ledeb.). Сроки начала, кульминации и прекращения роста вегетативных органов определяются как биологией вида, так и погодными условиями. У деревьев *Larix sibirica* хвоя появляется в конце апреля, у *Pinus sylvestris* – в конце мая, у *Picea abies* – в начале июня. В середине мая начинается рост побегов у деревьев *Pinus sylvestris*, в конце мая – у *Picea abies* и *Larix sibirica*. В начале июня у сосны обыкновенной и в середине июня у ели европейской происходит рост древесины ствола. Максимальная интенсивность прироста: побегов у сосны обыкновенной и лиственницы сибирской приурочена к середине – концу июня, а у ели европейской – к середине июля; хвои у лиственницы – к концу мая, у сосны и ели – к середине – концу июля; стволов у деревьев *Pinus sylvestris* и *Picea abies* – к середине июня. Рост хвои у деревьев *Larix sibirica* заканчивается в середине июня, а у *Pinus sylvestris* и *Picea abies* – в конце августа; побегов у *Larix sibirica* – в конце июня, у *Pinus sylvestris* и *Picea abies* – в конце июля; стволов – в конце августа. У деревьев *Pinus sylvestris*, *Picea abies* и *Larix sibirica* продолжительность формирования побегов составляет соответственно 77, 57 и 48 сут, хвои – 98, 78 и 45 сут, стволов – 72 и 74 сут. Скорость роста побегов и хвои у деревьев изученных видов главным образом зависит от температуры воздуха в период усиленного их роста (июль). Наименее требовательным (для ростовых процессов) к температурному режиму воздуха видом является *Larix sibirica*, далее *Pinus sylvestris* и *Picea abies*.

**Для цитирования:** Кищенко И.Т. Влияние температуры воздуха на сезонный рост хвойных лесобразующих видов в таежной зоне (Республика Карелия) // Лесн. журн. 2019. № 4. С. 84–93. (Изв. высш. учеб. заведений). DOI: 10.17238/issn0536-1036.2019.4.84

**Финансирование:** Исследование выполнено при поддержке РФФИ (проект 18-44-100002 p\_a).

**Ключевые слова:** тайга, сосна обыкновенная, ель европейская, лиственница сибирская, побеги, хвоя, ствол, рост вегетативных органов, температура воздуха.

### Введение

Сезонный рост лесобразующих видов широко изучается отечественными и зарубежными учеными [1–4, 8–11, 19, 23–25, 27, 28]. Теоретическая ценность таких исследований заключается в познании закономерностей ритмики ростовых процессов растений, влияния на интенсивность и продолжительность роста экологических факторов, в выяснении экстремальных и оптимальных значений факторов для конкретного вида. Сравнивая особенности роста аборигенных и интродуцированных видов, можно объективно оценить и

перспективность последних [1–4]. В лесоводстве фенологическая информация используется для определения сроков рубок ухода и внесения удобрений, при проведении противопожарных мероприятий, для эффективной организации борьбы с вредителями растений и болезнями. Многолетние исследования сезонного роста лесообразующих видов в Карелии ранее не проводились.

Целью данного исследования являлось изучение особенностей сезонной ритмики роста вегетативных органов сосны обыкновенной, ели европейской и лиственницы сибирской в таежной зоне.

#### *Объекты и методы исследования*

Рост вегетативных органов трех лесообразующих видов (сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.), ель европейская (*Picea abies* (L.) Karst.), лиственница сибирская (*Larix sibirica* Ledeb.)), произрастающих в таежной зоне, изучали в течение трех вегетационных периодов. Средний возраст деревьев сосны – 60 лет, средняя высота – 15,9 м, средний диаметр стволов – 18 см; деревьев ели – соответственно 78 лет, 17,0 м и 22 см; лиственницы – 54 года, 16,5 м и 20 см). Тип леса – черничный.

По общепринятым методикам [17] закладывали пробные площади прямоугольной формы (0,25 га), на которых выбирали по 20 учетных деревьев (II–III классов роста и развития по Крафту).

Длину стеблей второго порядка ветвления (далее – побегов) измеряли в юго-западной части кроны на высоте около 2 м с момента набухания вегетативных почек до заложения зимующих почек через каждые 3 сут по методике А.А. Молчанова и В.В. Смирнова [13], длину хвои на тех же побегах – с момента ее появления до полного прекращения роста также через каждые 3 сут.

Изучение роста древесины стволов проводили по методике А.А. Молчанова и В.В. Смирнова [13]. Для этого отбирали образцы древесины через каждые 5 сут после активизации камбия ствола. Препараты древесины для исследования готовили при помощи микротомы GRANUM-202 [20]. Ширину растущего слоя древесины измеряли в 3 местах с точностью до  $\pm 1$  мкм, используя микроскоп МБМ с микрометром МОВ, ширину растущей древесины нового годовичного кольца – в радиальном направлении. Деревья лиственницы сибирской произрастают на территории Ботанического сада Петрозаводского государственного университета, потому не должны быть повреждены взятием высечек.

Всего за каждый вегетационный период было осуществлено по 20 сроков наблюдений за ростом деревьев. В каждый срок наблюдений (по каждому виду) измеряли по 20 побегов, хвоинок и препаратов ствола.

Данные о динамике температуры воздуха за вегетационные периоды предоставлены Петрозаводской гидрометеообсерваторией (Сулажгорская метеостанция).

Результаты исследования проанализированы методами вариационной статистики [5]. Статистическая обработка материалов наблюдений показала, что при определении среднеарифметической величины прироста побегов точность опыта составила в среднем 5 %, коэффициент вариации – 18 %, для хвои и ствола – соответственно 4 и 15 %, 7 и 22 %.

## Результаты исследования и их обсуждение

При изучении температурного режима воздуха в период роста деревьев установлено, что у деревьев *Pinus sylvestris* рост побегов начинается раньше (15.V) других изученных видов – при среднесуточной температуре воздуха 5,2 °С (табл. 1).

Таблица 1

## Температурный режим (°С) воздуха в период роста деревьев\*

Вид	Начало роста			Кульминация прироста			Окончание роста		
	Дата	Средне-суточная температура	Сумма положительных температур	Дата	Средне-суточная температура	Сумма положительных температур	Дата	Средне-суточная температура	Сумма положительных температур
<i>Побеги</i>									
<i>Pinus sylvestris</i> L.	15.V	5,2	510	18.VI	14,2	929	21.VII	17,0	1854
<i>Picea abies</i> (L.) Karst	27.V	9,2	530	15.VII	19,1	1889	23.VII	17,3	1900
<i>Larix sibirica</i> Ledeb.	28.V	9,8	551	24.VI	15,0	1087	16.VII	16,1	1780
<i>Хвоя</i>									
<i>Pinus sylvestris</i> L.	25.V	10,9	503	26.VII	18,6	1933	31.VIII	12,0	2404
<i>Picea abies</i> (L.) Karst	02.VI	11,3	674	12.VII	17,8	1854	19.VIII	11,0	2349
<i>Larix sibirica</i> Ledeb.	30.IV	5,9	89	29.V	10,6	569	14.VI	12,6	892
<i>Стволы</i>									
<i>Pinus sylvestris</i> L.	08.VI	11,2	777	12.VI	13,8	820	19.VIII	9,2	1320
<i>Picea abies</i> (L.) Karst	12.VI	12,1	832	20.VI	17,3	990	25.VIII	9,5	1446

\*Здесь и далее, в табл. 2, приводятся данные, усредненные за 3 года.

У деревьев *Picea abies* и *Larix sibirica* эта фенофаза отмечается на две недели позже при температуре 9,2...9,8 °С. Сумма положительных температур (далее – теплообеспеченность) к этому времени примерно одинаковая – 510...551 °С.

В дальнейшем скорость деятельности апикальной меристемы продолжает зависеть от температурного режима воздуха: с ее повышением прирост заметно возрастает. Максимальный прирост побегов быстрее всего наступает у деревьев *Pinus sylvestris* и *Larix sibirica* (18–24.VI) при температуре 14,2 и 15,0 °С соответственно. У *Picea abies* эта фенофаза отмечается на три недели позже и при значительно более высокой температуре воздуха (19,1 °С). В это время суточный прирост побегов достигает наибольших значений (12,7 мм) у деревьев *Pinus sylvestris*, у других изученных видов – всего 3,4...5,1 мм (табл. 2).

Таблица 2

## Некоторые характеристики прироста вегетативных органов

Вид	Максимальный суточный прирост, мм			Годичный прирост, мм			Продолжительность роста, сут		
	Побеги	Хвоя	Стволы	Побеги	Хвоя	Стволы	Побеги	Хвоя	Стволы
<i>Pinus sylvestris</i>	12,7±0,4	3,4±0,1	0,07±0,005	422±32	52±3	1,7±0,2	77	98	72
<i>Picea abies</i>	3,4±0,2	1,7±0,1	0,04±0,002	65±4	23±1	3,3±0,3	57	78	74
<i>Larix sibirica</i>	5,1±0,2	2,3±0,1	Не опр.	115±7	42±2	Не опр.	48	45	Не опр.

К моменту кульминации прироста побегов у деревьев *Pinus sylvestris* и *Larix sibirica* теплообеспеченность повышалась до 929...1087 °С, у *Picea abies* – до 1889 °С. В период от начала до кульминации прироста побегов между интенсивностью их роста и температурой воздуха установлена довольно сильная прямолинейная зависимость ( $r = +0,62...+0,80$ ). После кульминации прироста побегов эта зависимость перестает прослеживаться. Наличие подобной связи на протяжении всего периода роста побегов отмечали С.А. Николаева и Д.А. Савчук [15], Е.А. Робакидзе и А.И. Патов [19], Е.Н. Репин [18].

Рост побегов у изученных видов прекращается почти одновременно (16.VII–23.VII). В этот период времени температура воздуха и их теплообеспеченность мало отличаются: соответственно 16,1 и 17,3, 1780 и 1900 °С.

Самый продолжительный период формирования побегов установлен для деревьев *Pinus sylvestris* – 77 сут, у деревьев *Picea abies* и *Larix sibirica* он соответственно на 3 и 4 недели меньше (табл. 2). Годичный прирост двух последних видов составляет всего 65...115 мм, наибольшие значения отмечены у деревьев *Pinus sylvestris* – 422 мм.

Проведенные исследования показали, что время появления молодой хвои в значительной степени обусловлено видовой принадлежностью. Ее рост раньше начинается у лиственницы (30.IV), затем у деревьев сосны (25.V) и ели (02.VI). Температура воздуха и теплообеспеченность в этот период достигают для лиственницы соответственно 5,9 и 89 °С, для сосны – 10,9 и 503 °С, для ели – 11,3 и 674 °С (см. табл. 1).

На интенсивность роста хвои среднесуточная температура воздуха оказывает влияние на протяжении всего периода ее формирования ( $r = 0,49...0,79$ ). Максимальная интенсивность роста хвои у *Larix sibirica* отмечена всего при 10,6 °С, у *Pinus sylvestris* и *Picea abies* – при самой высокой за вегетацию температуре воздуха – соответственно 17,8 и 18,6 °С. В таежной зоне зависимость скорости роста хвои *Picea abies* и *Pinus sylvestris* от температуры воздуха на протяжении всего ее ростового периода обнаружена и другими исследователями [6–13, 19].

Самые ранние сроки кульминации прироста хвои имеют деревья *Larix sibirica* (29.V) при температуре воздуха и теплообеспеченности 10,6 и 569 °С, далее *Picea abies* (12.VII) – соответственно при 17,8 и 1854 °С и *Pinus sylvestris* (26.VII) – при 18,6 и 1933 °С. В это время суточный прирост хвои у деревьев *Pinus sylvestris* достигает 3,4 мм, у *Larix sibirica* и *Picea abies* – соответственно в 1,5 и 2 раза меньше (табл. 2).

Самые ранние сроки прекращения роста хвои отмечены у деревьев *Larix sibirica* (14.VI) при температуре воздуха 12,6 °С и теплообеспеченности 892 °С. У двух других изученных видов эта фенофаза заканчивается на 1,5 месяца позже (19.VIII–31.VIII) при такой же температуре, но значительно большей теплообеспеченности – 2349...2404 °С. Зависимость сроков прекращения роста листового аппарата хвойных лесообразователей от температуры воздуха в таежной зоне отмечается и другими учеными [6–12, 16].

Самый продолжительный период формирования хвои зафиксирован для деревьев *Pinus sylvestris* – 98 сут. Рост хвои у деревьев *Picea abies* и *Larix sibirica* длится в 1,5–2 раза меньше (табл. 2). Самая длинная хвоя формируется у деревьев *Pinus sylvestris* – 52 мм, у *Picea abies* она более чем в 2 раза короче.

Деятельность камбия ствола у деревьев *Pinus sylvestris* и *Picea abies* начинается почти в одно время – 8–12.VI при температуре (11,2...12,1 °С) и теплообеспеченности (777...832 °С). Многочисленными исследованиями [2–4, 6, 10–12, 14, 16, 21, 26, 27] установлено, что в таежной зоне температура воздуха оказывает решающее влияние на сроки начала образования древесины ствола хвойных видов. В дальнейшем температура воздуха продолжает обуславливать интенсивность деятельности камбия стволов. Результаты корреляционного анализа свидетельствуют об этом ( $r = +0,51...+0,58$ ). Многочисленные исследования [3, 6, 8, 10, 11, 22, 27, 28], проведенные ранее в лесной и лесостепной зонах, также выявили заметное влияние температуры воздуха на интенсивность формирования древесины ствола деревьев *Pinus sylvestris* и *Picea abies*.

Наибольшей величины радиальный суточный прирост ствола у деревьев *Pinus sylvestris* достигает 12.VI при температуре воздуха 13,8 °С, у деревьев *Picea abies* – лишь через неделю при температуре 17,3 °С. Сумма положительных температур к этому времени составляет 820...990 °С (табл. 2). Максимальный суточный радиальный прирост у деревьев *Pinus sylvestris* – 70 мкм, что в 1,5 больше, чем у *Picea abies*.

Радиальный рост древесины ствола у деревьев *Pinus sylvestris* и *Picea abies* заканчивается почти одновременно (в конце августа) при понижении среднесуточной температуры до 9,2...9,5 °С и повышении суммы положительных температур почти до 1500 °С. Ранее В.В. Острошенко [16] обнаружил прекращение деятельности камбия ствола у деревьев *Picea abies* при снижении среднесуточной температуры воздуха до 10...11 °С.

Продолжительность формирования камбием древесины у деревьев *Pinus sylvestris* и *Picea abies* почти не различается – 72 и 74 сут (табл. 2). Годичный радиальный прирост стволов у деревьев *Pinus sylvestris* (1,7 мм) в 2 раза превышает таковой у *Picea abies*.

#### Выводы

1. Сроки начала, кульминации и прекращения роста вегетативных органов определяются как биологией вида, так и погодными условиями.

2. В конце апреля у деревьев *Larix sibirica* появляется хвоя, в конце мая – у *Pinus sylvestris*, в начале июня – у *Picea abies*. В середине мая начинается рост побегов у *Pinus sylvestris*, в конце мая – у *Picea abies* и *Larix sibirica*. В начале июня у деревьев *Pinus sylvestris* и в середине июня у деревьев *Picea abies* происходит рост древесины ствола.

3. Максимальная интенсивность прироста побегов у деревьев *Pinus sylvestris* и *Larix sibirica* приурочена к середине – концу июня, у *Picea abies* к середине июля; хвои у деревьев *Larix sibirica* начинается в конце мая, у *Pinus sylvestris* и *Picea abies* – в середине – конце июля; стволов у деревьев *Pinus sylvestris* и *Picea abies* – в середине июня.

4. Рост хвои у деревьев *Larix sibirica* заканчивается в середине июня, у *Pinus sylvestris* и *Picea abies* – в конце августа; рост побегов у *Larix sibirica* – в конце июня, у *Pinus sylvestris* и *Picea abies* – в конце июля; рост стволов – в конце августа.

5. Рост побегов у деревьев *Pinus sylvestris*, *Picea abies* и *Larix sibirica* длится соответственно 77, 57 и 48 сут, хвои – 98, 78 и 45 сут, стволов – 72 и 74 сут.

6. Рост побегов у деревьев *Pinus sylvestris* начинается при температуре воздуха 5,2 °С, у *Picea abies* и *Larix sibirica* – при 9,2 и 9,8 °С; хвои у деревьев *Larix sibirica* – при 5,9 °С, у деревьев *Pinus sylvestris* и *Picea abies* – при 10,9 и 11,3 °С; стволов у деревьев *Pinus sylvestris* и *Picea abies* – при 11,2 и 12,1 °С.

7. Наиболее интенсивный рост побегов у деревьев *Pinus sylvestris*, *Larix sibirica* и *Picea abies* отмечается при среднесуточной температуре воздуха 14,2; 15,0 и 19,1 °С соответственно; хвои у деревьев изученных видов – при 10,6; 17,8 и 18,6 °С; стволов у деревьев *Pinus sylvestris* и *Picea abies* – при 13,8 и 17,3 °С.

8. Прекращение роста вегетативных органов у изученных видов имеет место при близких значениях температуры воздуха. Формирование побегов заканчивается при температуре 16,1...17,3 °С, хвои – при 11,0...12,6 °С, стволов – при 9,2...9,5 °С.

9. Наименее требовательным (для ростовых процессов) к температурному режиму воздуха видом является *Larix sibirica*, далее следуют *Pinus sylvestris* и *Picea abies*.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабушкина Е.А., Белокопытова Л.В. Климатический сигнал в радиальном приросте хвойных в лесостепи юга Сибири и его зависимость от локальных условий произрастания // Экология. 2014. № 5. С. 323–331. DOI: 10.7868/S0367059714050035
2. Забуга В.Ф., Забуга Г.А. Зависимость радиального прироста сосны обыкновенной от факторов внешней среды в лесостепи Предбайкалья // Лесоведение. 2003. № 5. С. 30–37.
3. Забуга В.Ф., Забуга Г.А. Влияние факторов внешней среды на рост ствола сосны обыкновенной в лесостепном Предбайкалье // Хвойные бореальной зоны. 2006. Т. XXIII, № 3. С. 86–95.
4. Забуга В.Ф., Забуга Г.А. Особенности роста вегетативных органов сосны обыкновенной в лесостепном Предбайкалье // Экология. 2007. № 6. С. 409–416. DOI: 10.1134/S1067413607060021
5. Зайцев Г.Н. Математическая статистика в экспериментальной ботанике. М.: Наука, 1984. 424 с.
6. Кищенко И.Т. Сезонный рост хвои представителей рода *Picea* (*Pinaceae*) в условиях интродукции // Ботан. журн. 1998. № 1. С. 103–109.
7. Кищенко И.Т. Влияние климатических факторов на сезонное развитие трех видов рода *Larix* Mill., интродуцированных в Южную Карелию // Растительные ресурсы. 2000. Т. 36, вып. 2. С. 44–53.

8. *Кищенко И.Т.* Рост и развитие аборигенных и интродуцированных видов семейства *Pinaceae* Lindl. в условиях Карелии. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2000. 214 с.
9. *Кищенко И.Т.* Сезонный рост хвой некоторых видов *Pinus* L., интродуцированных в Южную Карелию // Растительные ресурсы. 2000. Т. 36, вып. 2. С. 53–61.
10. *Кищенко И.Т.* Влияние климатических факторов на рост представителей рода *Pinus* (*Pinaceae*) в условиях интродукции // Экология. 2004. № 4. С. 249–254.
11. *Кищенко И.Т., Вантенкова И.В.* Влияние экологических факторов на сезонный рост *Picea abies* L. Karst. в Северной Карелии // Экология. 2007. № 2. С. 111–116. DOI: 10.1134/S1067413607020063
12. *Кищенко И.Т., Вантенкова И.В.* Сезонный рост вегетативных органов ели европейской в разных типах леса Северной Карелии // Лесоведение. 2009. № 1. С. 63–69.
13. *Молчанов А.А., Смирнов В.В.* Методика изучения прироста древесных растений. М.: Наука, 1967. 95 с.
14. *Николаев А.Н., Исаев А.П., Федоров П.П.* Радиальный прирост лиственницы и сосны в Центральной Якутии в связи с изменением климата за последние 120 лет // Экология. 2011. № 4. С. 243–250. DOI: 10.1134/S1067413611040114
15. *Николаева С.А., Савчук Д.А.* Рост и развитие деревьев и древостоев сосны на юге Томской области // Вестн. Томск. гос. ун-та. Биология. 2009. № 4(8). С. 66–78.
16. *Острошенко В.В.* Сезонный рост ели аянской // Лесн. хоз-во. 1982. № 4. С. 52–55.
17. Программа и методы биогеоэкологических исследований. М.: Изд-во АН СССР, 1974. 404 с.
18. *Репин Е.Н.* Рост сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в условиях южной части Приморского края // Перспективы науки. 2014. № 8(59). С. 7–9.
19. *Робакидзе Е.А., Патов А.И.* Рост хвой ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb.) в зависимости от экологических факторов // Лесн. журн. 2011. № 3. С. 7–14. (Изв. высш. учеб. заведений).
20. *Яценко-Хмелевский А.А.* Основы и методы анатомического исследования древесины. М.: Наука, 1954. 338 с.
21. *Bengtsson L., Semenov V.A., Johannessen O.M.* The Early Twentieth-Century Warming in the Arctic – A Possible Mechanism // Journal of Climate. 2004. Vol. 17, no. 20. Pp. 4045–4057.
22. *Borowski M., Dziekonski H.* Rozklad przyrostu grubosci wzdluz srezal sosen w zaltznosci od stanowiska socjalnego drzew // Sylwan. 1974. Vol. 118, iss. 11. Pp. 8–15.
23. *Briffa K.J., Jones Ph.D., Schweingruber F.H., Shiyatov S.G., Cook E.R.* Unusual Twentieth-Century Summer Warmth in a 1,000-Year Temperature Record from Siberia // Nature. 1995. Vol. 376, iss. 6536. Pp. 156–159. DOI: 10.1038/376156a0
24. *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 // Canadian Journal of Forest Research. 1992. Vol. 22, iss. 9. Pp. 1290–1296. DOI: 10.1139/x92-171
25. *Esper J., Frank D., Büntgen U., Verstege A., Hantemirov R.M., Kirilyanov A.V.* Trends and Uncertainties in Siberian Indicators of 20th Century Warming // Global Change Biology. 2010. Vol. 16, iss. 1. Pp. 386–398. DOI: 10.1111/j.1365-2486.2009.01913.x
26. *Lanner R.M.* Temperature and the Diurnal Rhythm of Height Growth in Pines // Journal of Forestry. 1964. Vol. 62, iss. 7. Pp. 493–495. DOI: 10.1093/jof/62.7.493
27. *Larson P.R.* Effect of Temperature on the Growth and Wood Formation of Ten *Pinus resinosa* Sources // Silvae Genetica. 1967. Vol. 16, iss. 2. Pp. 58–65.
28. *Leikola M.* The Influence of Environmental Factors on the Diameter Growth of Forest Trees. Auxanometric Study // Acta Forestalia Fennica. 1969. Vol. 92. 144 p.

UDC 582.475.2:581.522.68

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2019.4.84

### The Influence of Air Temperature on Seasonal Growth of Coniferous Forest-Forming Species in the Taiga Zone (Republic of Karelia)

**I.T. Kishchenko**, Doctor of Biology, Prof., Corresponding Member of RAS;

ORCID: 0000-0002-1039-1020

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

Seasonal growth of forest-forming species is widely studied by Russian and foreign scientists. The research purpose is to analyse the growth features of vegetative organs of coniferous forest-forming species in the taiga zone. The study objects were Scots pine (*Pinus sylvestris*), Norway spruce (*Picea abies*) and Siberian larch (*Larix sibirica*). The time frames of beginning, culmination and cessation of growth of vegetative organs are determined by both species biology and weather conditions. In late April, needles appear at *Larix sibirica* trees; in late May – at *Pinus sylvestris* trees; in early June – at *Picea abies* trees. In mid-May, shoots start growing at *Pinus sylvestris* trees; in late May – at *Picea abies* and *Larix sibirica* trees. Wood trunk grows in early June in Scots pine and in mid-June in Norway spruce. The maximum intensity of increment of Scots pine and Siberian larch shoots is timed to mid-late June, and European spruce shoots – mid-July; larch needles – in late May, pine and spruce needles – in mid-late July; Scots pine and Norway spruce trunks – in mid-June. Needles growth at *Larix sibirica* trees ends in mid-June, and at *Pinus sylvestris* and *Picea abies* trees – in late August; shoots growth at *Larix sibirica* trees – in late June, at *Pinus sylvestris* and *Picea abies* – in late July; trunks growth – in late August. The duration of shoots formation at *Pinus sylvestris*, *Picea abies* and *Larix sibirica* trees is 77, 57 and 48 days, respectively; needles formation – 98, 78 and 45 days; trunks formation – 72 and 74 days. The growth intensity of shoots and needles at the trees of studied species is mainly determined by the air temperature during the period of their enhanced growth (July). The least fastidious (for growth processes) to the air temperature regime is *Larix sibirica*, than *Pinus sylvestris*, and finally *Picea abies*.

**For citation:** Kishchenko I.T. The Influence of Air Temperature on Seasonal Growth of Coniferous Forest-Forming Species in the Taiga Zone (Republic of Karelia). *Lesnoy Zhurnal* [Forestry Journal], 2019, no. 4, pp. 84–93. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2019.4.84

**Funding:** The research was carried out with the financial support of the RFBR (project no. 18-44-100002 p\_a).

**Keywords:** taiga, Scots pine (*Pinus sylvestris*), Norway spruce (*Picea abies*), Siberian larch (*Larix sibirica*), shoots, needles, trunk, growth of vegetative organs, air temperature.

#### REFERENCES

1. Babushkina E.A., Belokopytova L.V. Climatic Signal in Radial Increment of Conifers in Forest-Steppe of Southern Siberia and Its Dependence on Local Growing Conditions. *Ekologiya* [Russian Journal of Ecology], 2014, no. 5, pp. 323–331. DOI: 10.7868/S0367059714050035
2. Zabuga V.F., Zabuga G.A. Dependence of Radial Increment of Scots Pine on Environmental Factors in Forest-Steppe of the Cisbaikalia. *Lesovedenie* [Russian Journal of Forest Science], 2003, no. 5, pp. 30–37.
3. Zabuga V.F., Zabuga G.A. Influence of Environmental Factors on Growth of the Scots Pine Trunk in the Forest-Steppe Pre-Baikal Region. *Khvoynye boreal'noy zony* [Conifers of the Boreal Area], 2006, vol. XXIII, no. 3, pp. 86–95.



4. Zabuga V.F., Zabuga G.A. Specific Features of the Growth of Scots Pine Vegetative Organs in the Forest-Steppe Zone of Cisbaikalia. *Ekologiya* [Russian Journal of Ecology], 2007, no. 6, pp. 409–416. DOI: 10.1134/S1067413607060021
5. Zaytsev G.N. *Mathematical Statistics in Experimental Botany*. Moscow, Nauka Publ., 1984. 424 p.
6. Kishchenko I.T. Needle Seasonal Growth of the Genus *Picea* (Pinaceae) Representatives under the Conditions of Introduction. *Botanicheskii Zhurnal*, 1998, no. 1, pp. 103–109.
7. Kishchenko I.T. Influence of Climatic Factors on Seasonal Development of Three Species of the Genus *Larix* Mill. Introduced into Southern Karelia. *Rastitelnye resursy*, 2000, vol. 36, iss. 2, pp. 44–53.
8. Kishchenko I.T. *Growth and Development of Native and Introduced Species of the Pinaceae Lindl. Family in the Conditions of Karelia*. Petrozavodsk, PetrSU Publ., 2000. 214 p.
9. Kishchenko I.T. Needle Seasonal Growth of Some *Pinus* L. Species Introduced into South Karelia. *Rastitelnye resursy*, 2000, vol. 36, iss. 2, pp. 53–61.
10. Kishchenko I.T. Effect of Climatic Factors on the Growth of Representatives of the Genus *Pinus* (Pinaceae) under Conditions of Introduction. *Ekologiya* [Russian Journal of Ecology], 2004, no. 4, pp. 249–254.
11. Kishchenko I.T., Vantenkova I.V. Effects of Environmental Factors on the Seasonal Growth of *Picea abies* L. (Karst.) in Northern Karelia. *Ekologiya* [Russian Journal of Ecology], 2007, no. 2, pp. 111–116. DOI: 10.1134/S1067413607020063
12. Kishchenko I.T., Vantenkova I.V. Seasonal Growth of Vegetative Organs of European Spruce in Different Forest Types of Northern Karelia. *Lesovedenie* [Russian Journal of Forest Science], 2009, no. 1, pp. 63–69.
13. Molchanov A.A., Smirnov V.V. *Methods of Studying Woody Plants Increment*. Moscow, Nauka Publ., 1967. 95 p.
14. Nikolaev A.N., Isaev A.P., Fedorov P.P. Radial Increment of Larch and Pine in Central Yakutia as Dependent on Climate Change over the Past 120 Years. *Ekologiya* [Russian Journal of Ecology], 2011, no. 4, pp. 243–250. DOI: 10.1134/S1067413611040114
15. Nikolaeva S.A., Savchuk D.A. Pine Tree and Stand Growth and Development in the Southern Tomsk Oblast. *Vestnik Tomskogo Gosudarstvennogo Universiteta. Biologiya* [Tomsk State University Journal of Biology], 2009, no. 4(8), pp. 66–78.
16. Ostroshenko V.V. Seasonal Growth of Ajan Spruce. *Lesnoe khozyaystvo*, 1982, no. 4, pp. 52–55.
17. *Program and Methods of Biogeocoenological Research*. Moscow, AN SSSR Publ., 1974. 404 p.
18. Repin E.N. Growth of Scotch Pine (*Pinus Silvestris* L.) in Conditions of Southern Primorye. *Perspektivy nauki* [Science Prospects]. 2014, no. 8(59), pp. 7–9.
19. Robakidze E.A., Patov A.I. Needles Growth of Siberian Spruce Depending on Environmental Factors. *Lesnoy Zhurnal* [Forestry Journal], 2011, no. 3, pp. 7–14.
20. Yatsenko-Khmelevskiy A.A. *Fundamentals and Methods of Anatomical Study of Wood*. Moscow, AN SSSR Publ., 1954. 338 p.
21. Bengtsson L., Semenov V.A., Johannessen O.M. The Early Twentieth-Century Warming in the Arctic – A Possible Mechanism. *Journal of Climate*, 2004, vol. 17, no. 20, pp. 4045–4057.
22. Borowski M., Dziekonski H. Rozklad przyrostu grubosci wzdluz srezal sosn w zaltznosci od stanowiska socjalnego drzew. *Sylwan*. 1974, vol. 118, iss. 11, pp. 8–15.
23. Briffa K.J., Jones Ph.D., Schweingruber F.H., Shiyatov S.G., Cook E.R. Unusual Twentieth-Century Summer Warmth in a 1,000-Year Temperature Record from Siberia. *Nature*, 1995, vol. 376, iss. 6536, pp. 156–159. DOI: 10.1038/376156a0

---

24. 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. *Canadian Journal of Forest Research*, 1992, vol. 22, iss. 9, pp. 1290–1296. DOI: 10.1139/x92-171

25. Esper J., Frank D., Büntgen U., Verstege A., Hantemirov R.M., Kirilyanov A.V. Trends and Uncertainties in Siberian Indicators of 20th Century Warming. *Global Change Biology*, 2010, vol. 16, iss. 1, pp. 386–398. DOI: 10.1111/j.1365-2486.2009.01913.x

26. Lanner R.M. Temperature and the Diurnal Rhythm of Height Growth in Pines. *Journal of Forestry*, 1964, vol. 62, iss. 7, pp. 493–495. DOI: 10.1093/jof/62.7.493

27. Larson P.R. Effect of Temperature on the Growth and Wood Formation of Ten *Pinus resinosa* Sources. *Silvae Genetica*, 1967, vol. 16, iss. 2, pp. 58–65.

28. Leikola M. The Influence of Environmental Factors on the Diameter Growth of Forest Trees. Auxanometric Study. *Acta Forestalia Fennica*, 1969, vol. 92. 144 p.

Received on April 18, 2018

---