

УДК 630*182

DOI: 10.37482/0536-1036-2020-3-72-82

ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА СЕЗОННОЕ РАЗВИТИЕ ХВОЙНЫХ ЛЕСООБРАЗУЮЩИХ ВИДОВ В ТАЕЖНОЙ ЗОНЕ (КАРЕЛИЯ)

*И.Т. Кищенко, д-р биол. наук, проф., чл.-кор. РАН; ResearcherID: AAC-1083-2019,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1039-1020>*

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

Наблюдения за сезонным развитием сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), елей сибирской (*Picea obovata* Ledeb.) и европейской (*Picea abies* (L.) Karst.) и лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ledeb.) проводили в течение 15 лет в Южной Карелии (средняя подзона тайги). Фенологические наблюдения выполняли через каждые 2-3 дня. Фиксировали время прохождения таких фенофаз, как набухание и распускание вегетативных почек, начало и окончание роста побегов, обособление на побегах зимующих почек, распускание, завершение роста, расцветивание и опадение листьев, опробковение побегов. Цель исследования – изучение сходства и различий в сезонном развитии лесобразующих видов Карелии под влиянием главных климатических факторов. Для установления искомым связей использовали методы элементарной статистики, корреляционный и регрессионный анализ. Обнаружено, что сроки наступления большей части фенофаз у изученных видов в значительной мере зависят от температуры воздуха, в меньшей – от влажности воздуха, атмосферных осадков и солнечной радиации. Зависимость между сроками наступления фенофаз и изучаемыми климатическими факторами носит прямолинейный характер, а ее сила зависит от биологии вида и специфики самой фенофазы. Особенности развития хвойных растений во многом определяются состоянием среды не только текущего года, но и предшествующего. Повышение температуры и влажности воздуха, а также усиление солнечной радиации в июле предшествующего года заметно ускоряют фенологическое развитие деревьев. По возрастанию степени устойчивости к климатическим условиям таежной зоны изученные виды можно расположить в следующем порядке: *Picea abies*, *Picea obovata*, *Pinus sylvestris* и *Larix sibirica*. Установлено, что в процессе сезонного развития наименее требовательна к температурному режиму воздуха *Larix sibirica*, наиболее требовательна – *Picea abies*.

Для цитирования: Кищенко И.Т. Влияние климатических факторов на сезонное развитие хвойных лесобразующих видов в таежной зоне (Карелия) // Изв. вузов. Лесн. журн. 2020. № 3. С. 72–82. DOI: 10.37482/0536-1036-2020-3-72-82

Ключевые слова: таежная зона, хвойные растения, сосна, ель, лиственница, климатические факторы, сезонное развитие, фенология.

Введение

Изучению сезонного развития лесобразующих видов уделяется большое внимание учеными как нашей страны [2, 6, 8, 11, 18], так и зарубежными [19, 21, 23, 24, 28]. Теоретическая ценность таких исследований заключается в познании закономерностей сезонных изменений растений, влияния экологических факторов на сроки протекания фенофаз, в выяснении экстремальных и оптимальных значений факторов для конкретного вида. Сравнивая особенности развития аборигенных и интродуцированных видов, можно объективно оценить

перспективность последних [9, 13, 14]. В практике лесосеменного дела необходимы данные о сроках пыления и цветения деревьев, созревания их семян и плодов для выяснения периодичности семенных годов в разных районах у различных видов, учета урожая семян и плодов по отдельным годам, установления оптимальных сроков их заготовки. В лесокультурном деле на основе фенологических исследований планируются наиболее благоприятные сроки посева и посадки. В лесоводстве фенологическая информация используется для определения сроков рубок ухода, при проведении противопожарных мероприятий и лесоустроительных работ, в лесной таксации – для эффективной организации борьбы с вредителями растений и болезнями. Между тем многолетние исследования сезонного развития лесообразующих видов в Карелии ранее не проводились.

Цель исследования – изучение особенностей сезонного развития елей сибирской и европейской, сосны обыкновенной, лиственницы сибирской, а также влияния на этот процесс температуры воздуха в условиях Южной Карелии.

Объекты и методы исследования

Наблюдения за сезонным развитием елей сибирской (*Picea obovata* Ledeb.) и европейской (*Picea abies* (L.) Karst.), сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) и лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ledeb.) проводили в Южной Карелии (средняя подзона тайги) на протяжении 15 лет. Средние возраст и высота деревьев *Picea obovata* – соответственно 32 года и 9,2 м, *Picea abies* – 31 год и 8,4 м, *Pinus sylvestris* – 26 лет и 8,8 м, *Larix sibirica* – 44 года и 14,0 м.

Фенологические наблюдения осуществляли ежегодно в течение вегетационного периода через каждые 2-3 дня, используя методические указания Н.Е. Булыгина [1]. Фиксировали время прохождения следующих фенофаз: набухание и распускание вегетативных почек; начало и окончание роста побегов; обследование на побегах зимующих почек; их распускание; завершение роста; расцветивание и опадение листьев; опробковение побегов. Фенофаза считалась наступившей, если она отмечалась не менее чем у 30 % побегов всех особей исследуемого вида. Среднесуточные показатели изучаемых фенофаз установлены за 15 лет и оценены на значимость различий между видами по критерию Стьюдента.

Метеорологические данные (среднесуточные параметры температуры воздуха, относительной влажности воздуха, количества атмосферных осадков и суммарной солнечной радиации) получены на Сулажгорской метеостанции (Карельская гидрометобсерватория), расположенной в 3 км к юго-западу от Ботанического сада Петрозаводского государственного университета.

Результаты наблюдений обработаны с помощью рекомендуемых для этих целей методов корреляционного (достоверность оценена по критерию Стьюдента) и регрессионного (по критерию Фишера) анализа [4].

Результаты исследования и их обсуждение

В ходе анализа данных статистической обработки фенодат видов за 15-летний период наблюдений установлено, что ошибка их среднемноголетней величины, как правило, весьма незначительна и составляет около 2 сут.

Лишь у деревьев видов *Picea* для некоторых фенофаз ее значения увеличиваются до 5-6 сут. Вариабельность фенодат большей части фенофаз также не велика: среднеквадратическое отклонение не превышает 3–10 сут. Для немногих фенофаз этот показатель у деревьев видов *Picea* возрастает до 14–20 сут. Изучая развитие различных видов древесных растений в Белоруссии, Н.В. Шкутко [17] обнаружил, что погодичная изменчивость сроков начала тех или иных фенофаз может варьировать даже в гораздо больших пределах – от 12 до 27 сут.

Проведенные исследования показали, что ритмика сезонного развития изученных видов имеет свои специфические особенности (табл. 1).

Таблица 1

Среднемноголетние данные сезонного развития хвойных лесобразователей

Фенофаза	Статистический показатель	<i>Pinus sylvestris</i>	<i>Picea obovata</i>	<i>Picea abies</i>	<i>Larix sibirica</i>
Набухание вегетативных почек	M±m _M	4 V±1,2	15 V±1,9	15 V±1,9	31 IV±1,4
	σ	4,7	7,1	7,3	5,6
Разверзание вегетативных почек	M±m _M	24 V±1,2	28 V±1,4	25 V±2,0	7 V±1,7
	σ	4,7	5,2	7,9	6,5
Начало линейного роста побегов	M±m _M	9 V±1,2	28 V±1,4	25 V±2,0	25 V±2,5
	σ	4,7	5,2	7,9	9,8
Окончание линейного роста побегов	M±m _M	27 VII±1,1	2 VIII±3,8	27 VII±5,0	14 VII±2,3
	σ	4,2	13,8	19,4	9,0
Опробковение оснований побегов	M±m _M	22 VII±0,9	20 VII±2,1	19 VII±0,6	13 VI±0,8
	σ	3,4	7,9	2,3	3,3
Опробковение побегов по всей длине	M±m _M	8 VIII±1,8	24 VII±1,0	11 VII±5,0	20 VII±0,8
	σ	7,0	3,8	19,3	3,0
Обособление хвои на побегах	M±m _M	9 VI±1,3	6 VI±1,5	3 VI±1,4	13 V±1,7
	σ	5,1	5,4	5,4	6,6
Завершение роста и вызревание хвои	M±m _M	14 VII±2,9	14 VI±1,6	13 VI±6,4	21 V±1,7
	σ	11,3	6,1	6,1	6,6
Расцветивание отмирающей хвои	M±m _M	24 X±0,8	24 X±4,8	24 X±1,0	22 IX±7,9
	σ	3,1	4,5	3,8	20,6
Опадение хвои	M±m _M	25 XI±1,8	16 XI±1,2	15 XI±2,6	11 X±1,5
	σ	6,9	4,6	9,4	5,7
Обособление на побегах почек	M±m _M	25 VII±1,1	28 VII±5,0	29 VII±5,4	13 VIII±1,3
	σ	4,3	18,7	20,1	5,2

По среднемноголетним данным скорее всего (31 IV–4 V) набухание вегетативных почек начинается у деревьев *Larix sibirica* и *Pinus sylvestris*, у деревьев вида *Picea* – лишь 15 V. Раньше всех (7 V) происходит разверзание почек у деревьев *Larix sibirica*, у деревьев других видов – на 3 недели позже.

Линейный рост побегов ранее всего (9 V) начинается у деревьев *Pinus sylvestris*, у деревьев других видов он отмечается лишь в последней декаде мая.

Обособление на побегах почек быстрее наступает у деревьев *Larix sibirica* (13 VII), у других видов – на 2 недели позже.

Заканчивается рост побегов ранее всего у деревьев *Larix sibirica* (14 VII), у деревьев остальных видов – только через 2–3 недели.

Наиболее ранние сроки (13 VI) опробковения оснований побегов отмечены у деревьев *Larix sibirica*, для деревьев других видов – 20–22 VII. Процесс опробковения побегов по всей длине у деревьев *Pinus sylvestris* и *Picea abies* заканчивается 8–11 VIII, у деревьев других видов – гораздо позже (20–24 VIII).

Ранее всего (3–6 VI) обособление листьев начинается у деревьев *Picea*, у деревьев других видов – на 7–10 суток позже.

Быстрее всех рост хвои завершается у деревьев *Larix sibirica* (1 VI), у деревьев видов *Picea* – в середине VI, а у деревьев *Pinus sylvestris* – даже в середине VII.

Первыми (22 IX) в фазу расцветивания отмирающих листьев вступают деревья *Larix sibirica*, другие виды – только через месяц. Раньше всего (11 X) опадение хвои (всей) начинается у *Larix sibirica*, спустя месяц опадает хвоя (старая) у деревьев видов *Picea* и только 25 XI – у деревьев *Pinus sylvestris*.

Полученные нами результаты свидетельствуют, что очередность прохождения фенофаз у изучаемых видов из года в год остается неизменной.

Как показали исследования ряда авторов [5, 7, 10, 13, 14], наиболее адаптированными в умеренной зоне России являются растения, которые рано начинают и рано заканчивают сезонное развитие. Согласно этому и исходя из наших данных, изученные виды по возрастанию степени устойчивости к условиям таежной зоны можно расположить в следующем порядке: *Picea abies*, *Picea obovate*, *Pinus sylvestris*, *Larix sibirica*.

Другие исследователи [20, 25, 27, 28] убедительно доказали, что особенности развития различных видов растений обусловлены их неодинаковой требовательностью к экологическим факторам. Поэтому, определив диапазон толерантности основных фенофаз к экологическим факторам, можно судить о степени адаптации данного вида растений к условиям местообитания.

Проведенные исследования позволили установить, что температурный режим воздуха в момент наступления очередной фенофазы заметно отличается у изученных видов деревьев. Обнаружено, что набухание вегетативных почек у деревьев *Larix sibirica* и *Picea abies* начинается при самой прохладной погоде (температура воздуха – всего 5,3...6,6 °С, сумма положительных температур (далее – теплообеспеченность) – 74 и 106 °С соответственно). Эта фенофаза у деревьев других видов начинается при температуре 8,3...10,2 °С и 193...231 °С соответственно (табл. 2).

Таблица 2

**Среднемноголетние суточные значения экологических факторов
во время прохождения фенофаз хвойных лесобразователей**

Фенофаза	Фактор	<i>Pinus sylvestris</i>	<i>Picea obovata</i>	<i>Picea abies</i>	<i>Larix sibirica</i>
Набухание вегетативных почек	T	6,6	8,3	10,2	5,3
	СПТ	106	193	231	74
	B	65	67	66	66
	O	1,6	2,2	1,9	1,0
	P	338	380	397	359

Продолжение табл. 2

Фенофаза	Фактор	<i>Pinus sylvestris</i>	<i>Picea obovata</i>	<i>Picea abies</i>	<i>Larix sibirica</i>
Разверзание вегетативных почек	Т	8,0	10,0	13,1	7,0
	СПТ	274	301	386	123
	В	72	71	69	65
	О	1,9	1,4	2,2	1,6
	Р	318	416	411	390
Начало линейного роста побегов	Т	7,3	10,1	10,9	12,1
	СПТ	143	303	391	360
	В	66	72	66	64
	О	1,6	1,4	1,6	1,6
	Р	331	415	506	397
Окончание линейного роста побегов	Т	16,4	16,0	17,0	14,3
	СПТ	985	1178	1152	1466
	В	77	77	72	81
	О	3,6	0,7	0,5	1,7
	Р	435	419	431	266
Опробковение основания побегов	Т	16,2	15,9	15,9	16,3
	СПТ	1112	1058	1085	966
	В	80	79	77	75
	О	3,8	1,0	1,7	1,1
	Р	369	412	456	409
Опробковение побегов по всей длине	Т	16,2	12,6	10,6	12,6
	СПТ	1395	1429	156	1561
	В	15	81	86	85
	О	1,5	1,9	5,2	2,6
	Р	393	181	205	240
Обособление хвои на побегах	Т	12,5	11,9	14,3	7,0
	СПТ	471	402	426	172
	В	70	67	72	61
	О	2,0	1,6	2,5	0,2
	Р	370	470	353	452
Завершение роста и вызревание хвои	Т	14,5	13,0	15,3	9,5
	СПТ	829	529	573	250
	В	76	70	75	69
	О	3,1	1,0	2,2	3,2
	Р	428	396	341	349
Расцветивание отмирающей хвои	Т	3,1	3,0	3,4	5,4
	СПТ	1952	1952	1952	1823
	В	83	83	83	81
	О	8,4	8,4	8,4	1,9
	Р	2152	2152	1948	1075
Опадение хвои	Т	-2,2	1,5	2,4	3,4
	СПТ	1928	1917	1883	1932
	В	81	88	82	82
	О	0,2	8,0	5,0	8,4
	Р	489	2070	2262	1956

Окончание табл. 2

Фенофаза	Фактор	<i>Pinus sylvestris</i>	<i>Picea obovata</i>	<i>Picea abies</i>	<i>Larix sibirica</i>
Обособление на побегах почек	T	13,0	15,8	15,8	14,5
	СПТ	1612	1200	1155	1454
	B	81	75	76	77
	O	1,5	1,2	2,5	0,4
	P	225	381	322	372

Примечание. T – среднесуточная температура воздуха, °C; СПТ – сумма положительных температур, °C; B – относительная влажность воздуха, %; O – количество атмосферных осадков, мм; P – солнечная радиация, кал/см².

Подобная закономерность прослеживается и в отношении фенофазы разverzания вегетативных почек. У деревьев *Larix sibirica* и *Picea abies* она начинается при температуре воздуха и сумме положительных температур 7,0...8,0 °C и 123...274 °C соответственно, у других видов – при 10,0...13,1 °C и 301...386 °C.

Начало линейного роста побегов при самых низких показателях теплообеспеченности (7,3 и 143 °C) отмечено у деревьев *Picea abies*, у остальных видов – при 10,1...12,1 °C и 303...391 °C соответственно.

Во время обособления на побегах почек у разных видов температура воздуха мало различается, достигая 13,0...15,0 °C. При этом теплообеспеченность у деревьев *Larix sibirica* по сравнению с другими видами меньше на 300 °C.

Рост побегов у деревьев *Larix sibirica* прекращается при понижении температуры воздуха до 14,3 °C и повышении теплообеспеченности до 766 °C, у других видов – при 16,0...17,0 °C и 985...1178 °C соответственно.

Опробковение оснований побегов у изученных видов начинается при одинаковых температуре воздуха и теплообеспеченности – 15,9...16,3 °C и 966...1112 °C. Опробковение побегов по всей длине заканчивается у деревьев *Pinus sylvestris* при самой низкой температуре (10,6 °C), а у *Picea abies* – при самой высокой (16,2 °C).

Начало обособления хвои на побегах у *Larix sibirica* отмечается при наиболее низких значениях температуры (7,0 °C) и теплообеспеченности (172 °C). У деревьев вида *Picea* эта фенофаза начинается только при 11,9...12,5 °C и 402...425 °C, у деревьев *Pinus sylvestris* – при 14,3 °C и 471 °C.

Завершение роста и вызревание хвои у деревьев *Larix sibirica* также наблюдается при наиболее прохладном температурном режиме – 9,5 °C и 250 °C, у других видов – соответственно при 13,0...15,3 °C и 529...629 °C.

Расцветивание отмирающей хвои у изученных видов начинается при близких значениях температурного режима – около 3,0...5,0 °C и 2000 °C.

Опадение хвои при наиболее теплой погоде отмечается у деревьев *Larix sibirica* (3,4 °C), а при наиболее холодной – у *Picea abies* (-2,2 °C), у остальных видов – при 1,5...2,4 °C. Теплообеспеченность при этом у разных видов одинакова и составляет около 2000 °C.

Определяющее влияние температуры воздуха текущей вегетации на сезонное развитие хвойных растений обнаружено ранее многими исследователями [3, 12, 16, 20, 28].

В отличие от температурного режима воздуха значения относительной влажности воздуха, количества атмосферных осадков и суммарной солнечной

радиации во время прохождения различных фенофаз у изученных видов мало различаются, потому делать вывод об их конкретном влиянии не представляется возможным.

Ранее установлено [15, 21, 23, 26], что особенности развития хвойных растений во многом определяются состоянием среды не только текущего, но и предшествующего года. Особенно заметно влияние июльской температуры воздуха, предшествующей развитию вегетации.

Для того, чтобы судить о степени влияния экологических факторов июля предшествующего года на сроки наступления фенофаз текущей вегетации был проведен корреляционный анализ. Оказалось, что направление и сила искомых связей могут существенно изменяться в зависимости от биологии вида, специфики фенофазы и конкретного фактора.

Результаты корреляционного анализа наших исследований свидетельствуют о том, что повышение температуры воздуха июля предшествующего года заметно ускоряет наступление фазы набухания вегетативных почек у деревьев *Picea obovata*, *Picea abies* и *Pinus* ($r = 0,4 \dots 0,9$). Степень влияния на *Larix sibirica* гораздо менее выражена ($r = 0,2 \dots 0,7$).

Исследования показали, что повышение относительной влажности воздуха благоприятствует более раннему наступлению большей части фенофаз у всех изученных видов деревьев ($r = 0,6 \dots 0,9$). Такое же положительное, но гораздо более слабое влияние на развитие деревьев оказывают и атмосферные осадки ($r = 0,1 \dots 0,5$).

Усиление солнечной радиации заметно ускоряет прохождение фенофаз у деревьев изученных видов, за исключением фазы расцветивания отмирающей хвои ($r = 0,3 \dots 0,9$). Кроме того, обнаружена недостоверная корреляция этого фактора у деревьев *Larix sibirica* в отношении таких фенофаз, как окончание линейного роста побегов, опробкование побегов, обособление хвои на побегах и завершение роста хвои.

Таким образом, температурный режим воздуха текущей и предшествующей вегетации в значительной степени влияет на особенности сезонного развития изученных хвойных лесобразующих видов в таежной зоне (Карелия).

В процессе регрессионного анализа апробированы 5 видов уравнений: гипербола, логарифмическая кривая, прямая, парабола 2-го и 3-го порядков. Установлено, что кривая, отображающая влияние температуры воздуха на наступление тех или иных фенофаз, может быть описана линейным уравнением:

$$y = Ax_1 + Bx_2 + C,$$

где y – дата наступления фенофазы; x_1 – дата перехода среднесуточной температуры воздуха через 0°C ; x_2 – среднесуточная температура воздуха, $^\circ\text{C}$; A , B и C – коэффициенты и свободный член уравнения.

Например, для фенофаз деревьев *Picea abies* эти уравнения имеют следующий вид:

набухание почек..... $y = 61,99 + 0,04x_1 + 1,68x_2$;

разверзание почек..... $y = 78,43 + 0,12x_1 + 0,29x_2$;

начало линейного роста побегов..... $y = 79,29 + 0,14x_1 + 0,06x_2$;

окончание линейного роста побегов..... $y = 105,99 + 0,16x_1 + 2,78x_2$;

опробкование оснований побегов..... $y = 138,35 + 0,13x_1 - 0,43x_2$;

опробкование побегов по всей длине..... $y = 2,36 + 0,12x_1 + 6,71x_2$;

обособление хвои на побегах..... $y = 81,64 + 0,23x_1 + 0,02x_2$;
завершение роста хвои..... $y = 86,51 + 0,26x_1 + 0,36x_2$;
опадение хвои..... $y = 250,04 + 0,28x_1 + 1,68x_2$;
обособление почек возобновления..... $y = 84,79 + 0,10x_1 + 4,70x_2$.

Приведенные уравнения можно рассматривать в качестве моделей, описывающих зависимость сроков наступления фенофаз под влиянием температуры воздуха и позволяющих прогнозировать процессы развития деревьев.

Выводы

1. Сроки наступления большей части фенофаз у изученных видов в значительной мере зависят от температуры воздуха, в меньшей – от влажности воздуха, количества атмосферных осадков и солнечной радиации. Зависимость между сроками наступления фенофаз и климатическими факторами носит прямолинейный характер, а ее сила определяется биологией вида и спецификой самой фенофазы. Кривая, отображающая влияние температуры воздуха на наступление тех или иных фенофаз, может быть описана линейным уравнением.

2. Особенности развития хвойных растений во многом определяются состоянием среды не только текущего года, но и предшествующего. Повышение температуры и влажности воздуха, а также усиление солнечной радиации в июле предшествующего вегетационного периода заметно ускоряют фенологическое развитие изученных деревьев.

3. Наименее требовательными к температурному режиму воздуха в процессе сезонного развития являются деревья *Larix sibirica*, наиболее требовательны – *Picea abies*.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Булыгин Н.Е. Фенологические наблюдения над древесными растениями. Л.: Изд-во ЛТА, 1979. 79 с. [Bulygin N.E. *Phenological Observations on Woody Plants*. Leningrad, LTA Publ., 1979. 79 p.].

2. Елагин И.Н. Сезонное развитие сосновых лесов. Новосибирск: Наука, 1976. 432 с. [Elagin I.N. *Seasonal Development of Pine Forests*. Novosibirsk, Nauka Publ., 1976. 432 p.].

3. Забуга В.Ф., Забуга Г.А. Особенности роста вегетативных органов сосны обыкновенной в лесостепном Предбайкалье // Экология. 2007. № 6. С. 409–416. [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](https://doi.org/10.1134/S1067413607060021)

4. Зайцев Г.Н. Фенология древесных растений. М.: Наука, 1981. 278 с. [Zaytsev G.N. *Phenology of Woody Plants*. Moscow, Nauka Publ., 1981. 278 p.].

5. Кищенко И.Т. Влияние экологических факторов на развитие представителей рода *Picea* (*Pinaceae*) в условиях интродукции // Ботан. журн. 1995. № 8. С. 11–18. [Kishchenko I.T. Effect of Ecological Factors on the Development of Some Representatives of the Genus *Picea* (*Pinaceae*) under Introduction Conditions. *Botanicheskiy Zhurnal*, 1995, no. 8, pp. 11–18].

6. Кищенко И.Т. Рост и развитие аборигенных и интродуцированных видов семейства *Pinaceae* Lindl. в условиях Карелии. Петрозаводск: ПетрГУ, 2000. 214 с. [Kishchenko I.T. *Growth and Development of Aboriginal and Introduced Species of the Family Pinaceae Lindl. in the Conditions of Karelia*. Petrozavodsk, PetrSU Publ., 2000. 214 p.].

7. Лазарева С.М. Рост боковых побегов и продолжительность жизни хвои видов *Picea* в Левобережном Заволжье // Хвойные бореальной зоны. 2014. Т. XXXII, № 5-6. С. 44–49. [Lazareva S.M. Growth of Side Shoots and Life of Needles on the Left Bank of *Picea* in the Middle Volga. *Hvojnye boreal'noj zony* [Conifers of the boreal area], 2014, vol. 32, no. 5-6, pp. 44–49].

8. Лапин П.И. Сезонный ритм развития древесных растений и его значение для интродукции // Бюллетень ГБС АН СССР. 1987. Вып. 65. С. 12–18. [Lapin P.I. Seasonal Rhythm of the Development of Woody Plants and Its Importance for Introduction. *Byulleten' Glavnogo botanicheskogo sada AN SSSR* [Bulletin of the Central Botanical Garden], 1987, vol. 65, pp. 12–18].

9. Мамаев С.А., Махиев А.К. Проблемы биологического разнообразия и его поддержания в лесных экосистемах // Лесоведение. 1996. № 5. С. 3–10. [Mamayev S.A., Makhiyev A.K. Problems of Biological Diversity and Its Maintenance in Forest Ecosystems. *Lesovedenie* [Russian Journal of Forest Science], 1996, no. 5, pp. 3–10].

10. Мухина Л.Н., Александрова М.С., Каушанова О.А. Комплексная оценка состояния лиственницы (*Larix* Mill.) в дендрарии ГБС РАН // Бюллетень ГБС. 2014. Вып. 3. С. 39–47. [Mukhina L.N., Alexandrova M.S., Kashtanova O.A. Integrated Assessment of Larch (*Larix* Mill.) in the Arboretum of Main Botanical Garden RAS. *Byulleten' Glavnogo botanicheskogo sada* [Bulletin of the Central Botanical Garden], 2014, iss. 3, pp. 39–47].

11. Наполков Н.В. Фенология главнейших древесно-кустарниковых пород в Раифской лесной даче Волжско-Камского госзаповедника ТАССР // Сб. тр. по лесн. хоз-ву Татар. лесн. опыт. станции. Тарту, 1964. № 16. С. 243–271. [Napolkov N.V. Phenology of the Most Important Tree-Shrubby Species in the Raifskaya Forest Dacha of the Volga-Kama State Reserve of the Tatar ASSR. *Collection of Papers on Forestry of the Tatar Forest Experimental Station*. Tartu, 1964, no. 16, pp. 243–271].

12. Паутова Н.В. Особенности фенологического развития и адаптации лиственницы сибирской в условиях Европейского Северо-Востока // Изв. Самар. НЦ РАН. 2011. Т. 13, № 1(4). С. 1020–1023. [Pautova N.V. Features of Phenological Development and Adaptation of Siberian Larch in the Conditions of European Northeast. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk* [Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences], 2011, vol. 13, no. 1(4), pp. 1020–1023].

13. Плотникова Л.С. Научные основы интродукции и охраны древесных растений флоры СССР. М.: Наука, 1988. 263 с. [Plotnikova L.S. *Scientific Basis for Introduction and Protection of Woody Plants of the Flora of the USSR*. Moscow, Nauka Publ., 1988. 263 p.].

14. Термена Б.К., Выклюдок М.И., Горук О.И. О сезонном развитии древесных растений в связи с их адаптационными возможностями // Бюл. ГБС АН СССР. 1984. Вып. 130. С. 23–29. [Termena B.K., Vyklyuk M.I., Goruk O.I. Seasonal Development of Woody Plants Due to Their Adaptation Ability. *Byulleten' Glavnogo botanicheskogo sada AN SSSR* [Bulletin of the Central Botanical Garden], 1984, iss. 130, pp. 23–29].

15. Филатова О.В. Влияние экологических и наследственных факторов на формирование побегов сосны в культурах южной лесостепи УССР: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Харьков, 1989. 24 с. [Filatova O.V. *The Influence of Environmental and Genetic Factors on the Formation of Pine Shoots in the Cultures of the Southern Forest-Steppe of the Ukrainian SSR*: Cand. Biol. Sci. Diss. Abs. Kharkov, 1989. 24 p.].

16. Фролова Л.А. Термический фактор и фазы сезонного развития представителей рода Ель различных географических зон // Термический фактор в развитии растений в разных географических зонах: материалы всесоюз. конф. М., 1979. С. 32–34. [Frolova L.A. Thermal Factor and Phases of Seasonal Development of the Spruce Genus Representatives of Different Geographical Zones. *Thermal Factor in the Plant Development in Different Geographical Zones: Proceedings of the All-Union Conference*. Moscow, 1979, pp. 32–34].

17. Шкутко Н.В. Биологические основы интродукции хвойных растений в Белоруссии: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. М., 1984. 48 с. [Shkutko N.V. *Biological Bases of the Introduction of Conifers in Belarus*: Dr. Biol. Sci. Diss. Abs. Moscow, 1984. 48 p.].

18. Шкутко Н.В., Александрова М.С., Фролова Л.А. К методике фенологических наблюдений над хвойными растениями в ботанических садах // Бюл. ГБС АН СССР. 1974. Вып. 91. С. 8–14. [Shkutko N.V., Aleksandrova M.S., Frolova L.A. To the Method of Phenological Observations on Conifers in Botanical Gardens. *Byulleten' Glavnogo botanicheskogo sada AN SSSR* [Bulletin of the Central Botanical Garden], 1974, vol. 91, pp. 8–14].

19. Bradshaw W.R.H. The Origins and Dynamics of Native Forest Ecosystems: Background the Use of Exotic Species in Forestry. *Pap. 9th Annu. Meet. Nord. Group Forest Genet. and Free Breed., Hallormsstadur (June 12–16, 96)*. Buvisindi, 1995, no. 9, pp. 7–115.

20. Damian I., Negrutiu F., Florescu Gh. Dinamica cresterii molidului in perioada de vegetatie. *Nout. econ. forest. Univ. Brasov*, 1978, vol. 12, pp. 55–60.

21. Hirvelä H., Hynynen J. Lannoituksen vaikutus männikön kasvuun, latvavanriolhin ja fuu lituhoalittiuteen Lapissa. *Folia Forestalia*, 1990, no. 764, pp. 1–16.

22. Junttila O., Hiede O.M. Shoot and Needle Growth in *Pinus sylvestris* as Related to Temperature in Northern Fennoscandia. *Forest Science*, 1981, vol. 27, iss. 3, pp. 423–430. DOI: [10.1093/forestsience/27.3.423](https://doi.org/10.1093/forestsience/27.3.423)

23. Kellimäki S. A Model for the Relationship between Branch Number and Biomass in *Pinus sylvestris* Crowns and the Effect of Crown Shape and Stand Density on Branch and Stem Biomass. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 1986, vol. 1, iss. 1–4, pp. 455–472. DOI: [10.1080/02827588609382437](https://doi.org/10.1080/02827588609382437)

24. Leikola M. The Influence of Factors on the Diameter Growth of Forest Trees: Auxanometric Study. *Acta Forestalia Fennica*, 1969, vol. 92, art. 7610. DOI: [10.14214/aff.7610](https://doi.org/10.14214/aff.7610)

25. Linderholm H.W. Climatic Influence on Scots Pine Growth on Dry and Wet Soils in the Central Scandinavian Mountains, Interpreted from Tree-Ring Widths. *Silva Fennica*, 2001, vol. 35, no. 4, art. 574, pp. 415–424. DOI: [10.14214/sf.574](https://doi.org/10.14214/sf.574)

26. Micola P. On Variation in Tree Growth and There Significance to Growth Studies. *Comm. Inst. For. Fenn.*, 1950, no. 38, pp. 126–131.

27. Owens J.N., Molder M., Langer H. Bud Development in *Picea glauca* I. Annual Growth Cycle of Vegetative Buds and Shoot Elongation as They Relate to Date and Temperature Sums. *Canadian Journal of Botany*, 1977, no. 55(21), pp. 2728–2745. DOI: [10.1139/b77-312](https://doi.org/10.1139/b77-312)

28. Strimbeck G.R., Schaberg P.G., Fossdal C.G., Schröder W.P., Kjellsen T.D. Extreme Low Temperature Tolerance in Woody Plants. *Frontiers in Plant Science*, 2015, vol. 6, art. 884. DOI: [10.3389/fpls.2015.00884](https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00884)

THE EFFECT OF CLIMATIC FACTORS ON THE SEASONAL DEVELOPMENT OF CONIFEROUS FOREST-FORMING SPECIES IN THE TAIGA ZONE (KARELIA)

I.T. Kishchenko, Doctor of Biology, Prof., Corresp. Member of RANH; ResearcherID: [AAC-1083-2019](https://orcid.org/0000-0002-1039-1020), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1039-1020>

Petrozavodsk State University, prosp. Lenina, 33, Petrozavodsk, Republic of Karelia, 185910, Russian Federation; e-mail: ivanki@karelia.ru

Observations over the seasonal development of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.), Siberian spruce (*Picea obovata* Ledeb.), Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) and Siberian larch (*Larix sibirica* Ledeb.) had been carried out for 15 years in South Karelia (taiga middle sub-zone). Phenological observations were taken after every 2–3 days. We recorded the time of such phenophases as swelling and bursting of vegetative buds, beginning and ending of shoot

growth, isolation of wintering buds on the shoots, blooming, completion of growth, flowering and defoliation, corking of shoots. The research purpose is to study the similarities and differences in the seasonal development of the forest-forming species of Karelia affected by the main climatic factors. In order to establish the desired correlation we used methods of elementary statistics, correlation and regression analyzes. It was found that the starting dates of the majority of phenophases in the studied species largely depend on air temperature, and to a lesser extent on humidity, precipitation and solar radiation. The relationship between the starting dates of phenophases and the studied climatic factors is straightforward, and its strength depends on the biology of species and specificity of the phenophase itself. Features of development of conifers are largely determined by the state of the environment not only of the current year, but also the previous one. The increase in temperature and humidity, as well as in solar radiation in July of the previous year, significantly accelerate the phenological development of trees of the species studied. The studied species can be arranged according to the degree of resistance to climatic conditions of the taiga zone in the following order: *Picea abies*, *Picea obovata*, *Pinus sylvestris*, and *Larix sibirica*. It has been found that during the seasonal development *Larix sibirica* is the least demanding of air temperature, and the most demanding is *Picea abies*.

For citation: Kishchenko I.T. The Effect of Climatic Factors on the Seasonal Development of Coniferous Forest-Forming Species in the Taiga Zone (Karelia). *Lesnoy Zhurnal* [Russian Forestry Journal], 2020, no. 3, pp. 72–82. DOI: 10.37482/0536-1036-2020-3-72-82

Keywords: taiga zone, conifers, spruce, pine, larch, climatic factors, seasonal development, phenology.

Поступила 20.02.19 / Received on February 20, 2019
