

УДК 581.543:582.475.2(470.21)

*Влияние климатических факторов на развитие *Abies sibirica* Ledeb. в Полярно-альпийском ботаническом саду-институте*

Гончарова Оксана Александровна

Аннотация:

Изучено фенологическое развитие *Abies sibirica* в условиях Кольской Субарктики. У растений пихты сибирской в г. Апатиты и г. Кировск наблюдается неоднородная реакция на воздействие метеопараметров.

Ключевые слова: интродукция, *Abies sibirica*, Кольская Субарктика, климатические факторы, фенологическое развитие

*Influence of climatic factors on the development of *Abies sibirica* Ledeb. in the Polar-Alpine botanical garden-institute*

Goncharova Oksana Alexandrovna

Abstract:

A phenological development of *Abies sibirica* has been studied in the conditions of the Kola Subarctic region. At plants of a fir siberian to Apatity and Kirovsk the nonuniform reaction to influence of meteoroparameters is observed.

Key words: introduction, *Abies sibirica*, Kola Subarctic region, climatic factors, phenological development

Введение Определение фенологических характеристик интродуцированных растений является одной из центральных проблем биологии и имеет теоретическое и прикладное значение. Фенологические данные несут информацию об экологической реакции растительного организма на изменения факторов среды. Правильный подбор новых видов древесных растений позволит эффективно проводить озеленительные работы, создавать высокопродуктивные искусственные насаждения. В Полярно-альпийском ботаническом саду-институте интродукция образцов пихты проводится с 30-х годов прошлого столетия [8]. Ранее [4] описаны фенологические характеристики интродуцированных на Кольский Север растений рода *Abies*. А. В. Кузьмин и др. [13] исследовали влияние климатического воздействия на особенности формирования годичного радиального прироста у сосны обыкновенной. Изучением влияния климатических факторов на растения семейства *Pinaceae* Lindl. на европейском севере занимался И. Т. Кищенко [12].

Целью данной работы является определение особенностей фенологических процессов у интродуцированных растений *Abies sibirica* Ledeb. в условиях Кольской Субарктики. Проблема устойчивости растений изучена на основании решения следующих задач. Оценка фенологического развития исследуемых растений на основе анализа

многолетнего сезонного развития. Анализ реакции сезонного развития образцов пихты сибирской на воздействие климатических факторов.

Объекты исследования и методика работы Исследования проведены в Полярно-альпийском ботаническом саду-институте (ПАБСИ) Кольского научного центра РАН, расположенном в 120км севернее Полярного круга. Основная территория ПАБСИ находится в Хибинских горах, экспериментальный участок расположен на предгорной равнине в 3км на запад от г. Апатиты. Участки ПАБСИ в г. Кировск и г. Апатиты находятся в центральной части Кольского полуострова.

В Ботаническом саду зимой в среднем на 0,1-1,6°С теплее, а в весенне-летне-осенний период холоднее на 0,3-1,5°С, чем на экспериментальном участке. Переход положительной температуры воздуха через 0°С в г. Кировск фиксируется в начале мая, через 5°С – в начале июня, через 10°С – в начале третьей декады июня. Заканчивается переход через 0°С в середине октября, через 5°С – в середине сентября, через 10°С – в середине августа. На экспериментальном участке переход положительной температуры через 0°, 5°, 10°С в среднем начинается на 5-7 дней раньше, чем в г. Кировск. Конец перехода температуры воздуха на равнине через 0°С наблюдается позднее в среднем на 2-4 дня, через 5°С – на 7-8 дней, через 10°С – на 3-4 дня. Продолжительность вегетационного периода (с температурой воздуха выше 5°С) больше, чем в Ботаническом саду на 11-12 дней. На питомниках в ботсаду сумма активных температур от 386 до 12-13°С, средняя многолетняя сумма активных температур составляет 740-750С, на экспериментальном участке – от 427 до 1600°С, средняя многолетняя сумма – 940-1010°С. Количество атмосферных осадков в на основной территории Сада за год составляет 1200мм, на экспериментальном участке – 600мм [15]. Среднемноголетние значения метеорологических факторов приведены в таблице 1. Метеорологическая информация по экспериментальному участку ботанического сада в г. Апатиты получена на гидрометеостанции «Апатиты». На основной территории в г. Кировск метеонаблюдения осуществляются сотрудниками Сада.

Материалом для данного исследования послужили многолетние (2001-2015гг.) фенологические наблюдения за интродуцированными растениями. В связи с тем, что у большей части видов пыление отмечается нерегулярно, в настоящей работе анализируется вегетативное фенологическое развитие.

В работе для сбора эмпирической информации использовали ряд методик. Фенологические наблюдения за исследуемыми растениями проводили 2 - 3 раза в неделю. В качестве методических источников применяли несколько работ [2, 3, 14]. Фенологическую фазу считали наступившей, когда в нее вступят около 50 % органов не менее чем у 50 % наблюдаемых растений. Эмпирические фенологические даты переведены в непрерывный числовой ряд [6]. Фенологическую атипичность (ФА)

вычисляли по формуле Г. Н. Зайцева [7]. Регулярность репродуктивных фенологических фаз оценивали по шкале предложенной Н. М. Александровой, Б. Н. Головкиным [1]. Зимостойкость дендроинтродуцентов в коллекциях ПАБСИ оценивали по 7-бальной шкале [14]. Для определения реакции климатических факторов на сезонное развитие пихты сибирской использовали фенологическую и

Таблица 1 – Среднегодовое значения метеорологических факторов

| Пункт интродукции | МФ | Месяцы | | | | | | | | | | | |
|-------------------|----|--------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Кировск | Т | -16,5 | -11,5 | -9 | -2,4 | 2,9 | 8,9 | 14,3 | 10,9 | 6,3 | -0,8 | -5,9 | -9,6 |
| | ТП | -1,1 | -,08 | -0,6 | -0,4 | 0,2 | 8,4 | 13,7 | 11,9 | 7,2 | 2,1 | 0,4 | -0,3 |
| | В | 77,8 | 75,8 | 73,6 | 70,6 | 68,4 | 59,4 | 64,2 | 75 | 77,8 | 80,4 | 83,2 | 78 |
| | С | 90,6 | 110,8 | 120,6 | 116,8 | 48,5 | | | | | 17,2 | 32,6 | 58,6 |
| Апатиты | Т | -12,1 | -12 | -8,6 | -1,2 | 4,8 | 11,1 | 15,7 | 12 | 7,0 | 1,3 | -5,6 | -11 |
| | ТП | 0 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 3,3 | 10,1 | 14,6 | 12,8 | 8,3 | 4,3 | 1,4 | 0,5 |
| | В | 87 | 84,7 | 80,8 | 76 | 72 | 65,8 | 73,5 | 81,2 | 83,2 | 86,8 | 90,2 | 87,3 |
| | ОС | 39 | 41,7 | 28,2 | 26,4 | 36,4 | 41,9 | 71,5 | 52,5 | 75,7 | 53,8 | 41,1 | 38,8 |
| | С | 44,3 | 69 | 74,3 | 57,5 | 11 | | | | | 7,2 | 7,8 | 28,3 |

Т – среднемесячная температура воздуха, °С; ТП – среднемесячная температура почвы на глубине 20 см, °С; В – среднемесячная относительная влажность воздуха, %; С – среднемесячная высота снежного покрова, см; ОС – среднемесячное количество осадков, мм

метеорологическую информацию за 2001-2005гг., изучали влияние погодных условий текущего года. В качестве метеорологической информации использовали среднемесячные значения следующих параметров: температуры воздуха (Т), температуры почвы на глубине 20см (ТП), относительной влажности воздуха (В), высоты снежного покрова (С). В г. Апатиты дополнительно изучали воздействие среднемесячного количества осадков (ОС). С целью определения эффекта воздействия метеопараметров на сроки фенологических дат использовали непараметрический коэффициент Спирмена. Достоверность вычисленных коэффициентов определялась на основе доверительных интервалов не превышающих уровень 0,05. В рассмотрение включены величины указанного коэффициента, значения которых выше табличного при N=5 (0,85). Стандартные статистические оценки проводились с использованием литературных источников [6, 7]. Для каждого образца определяли временной интервал с градацией в один месяц, на протяжении которого метеопараметр существенно влияет на сроки наступления наблюдаемых фенологических фаз.

Результаты исследования Хвойная коллекция в ПАБСИ начала формироваться с 1936г. В 1940г. в составе коллекционных посадок на территории Сада в г. Кировске находилось 5 образцов 2-х видов: *Larix sibirica* и *Abies sibirica*. Второй период работ по интродукции хвойных деревьев и кустарников начался на экспериментальном участке в Апатитах в середине 50-х годов прошлого века [8]. В каталоге дендрологической коллекции 1978г. [10] указано наличие в фондах коллекции 136 образцов 45 видов, 7 форм и гибридов хвойных растений. Из них 10 видов *Abies*, 13 образцов произрастало на площадке в Апатитах, 3 образца – в Саду. На экспериментальном участке находятся молодые растения в возрасте до 5 лет. По данным на 01.10.1990г. [11] в коллекции ПАБСИ 35 образцов 11 видов *Abies*. В 2007г. [9] в составе коллекции на экспериментальном участке 11 образцов 6 видов. На данный момент на площадке в Апатитах выращивается 12 образцов 6 видов, на основной территории Сада в г. Кировск 3 образца 1 вида. В настоящей работе проанализируем особенности сезонного развития 7 образцов пихты сибирской.

Abies sibirica – дерево высотой до 30м и со стволом до 50см в диаметре с узко-конической кроной. Ветви в верхней и средней частях кроны горизонтально-отклоненные, нижние ветви свешивающиеся. Кора коричневато-темносерая гладкая. Хвоя мягкая, сверху темнозеленая, блестящая. Родина – северо-восток Европейской части России, западная, центральная, восточная часть Сибирь, по Джунгарскому Алатау проникает в Казахстан, по Алтаю, Саянам, Забайкальским горам – в Туву и Монголию. Поднимается до 1200-2000м [5].

Л. А. Казаков [8] отмечает, что пихта сибирская выращивается в коллекции с 30-х годов прошлого века. Испытано несколько десятков образцов разного происхождения. В условиях Мурманской области проявляет высокую интенсивность роста. Для пихты сибирской в условиях Крайнего Севера характерна непропорциональность развития кроны. Нижняя часть кроны перезимовывает под снегом и несет более развитые побеги. Нижние боковые побеги, прижимаясь к почве глубоким снежным покровом, способны укорениться и образовывать самостоятельные особи, обладающие интенсивным ростом. Укоренение происходит на расстоянии 50-140см от материнского ствола под слоем опада.

Характеристика образцов представлена в таблице 2.

Таблица 2 - Характеристика исследуемых образцов *Abies sibirica*

| Образец | Происхождение исходного материала | Год введения в испытание | БЗ / БР |
|---------|-----------------------------------|--------------------------|---------|
| A670-75 | Сд Екатеринбург | 1975 | 1 / 4 |
| A346-80 | Жрк Карелия | 1975 | 1 / 4 |
| A361-80 | Жрк Карелия | 1980 | 1 / 6 |
| A420-75 | Сд Лениногорск | 1980 | 1 / 6 |
| K670-75 | Сд Екатеринбург | 1975 | 1 / 6 |
| K1936 | Жрк Санкт-Петербург | 1936 | 1 / 6 |
| K1937 | Жрк Санкт-Петербург | 1937 | 1 / 6 |

Сд – семена природного происхождения, Жрк – живые растения культурного происхождения; БЗ - балл зимостойкости, БР – балл репродуктивного развития

Наиболее крупные растения растут в Кировске, на участке в Апатитах произрастают растения, относящиеся к классу возраста 2-3. Все изучаемые образцы благополучно переносят зимние условия, генеративные фенологические фазы наблюдаются нерегулярно у апатитских растений.

Для пихты сибирской, произрастающей в условиях Крайнего Севера, характерна непропорциональность развития кроны. Нижняя часть, зимующая под снежным покровом, более густая, верхняя часть разрежена, побеги короче.

Среднегодовалые феноданные за 2001-2015гг. отражены в таблице 3.

Ранее отмечено, что вегетация начинается одновременно с другими видами пихт. Рост побегов у апатитских образцов пихты сибирской заканчивается раньше, чем у остальных видов, за счет этого продолжительность роста годичных побегов сокращена до 30 суток [4]. Данные приведенные в таблице 3 свидетельствуют, что сроки прохождения фенофаз у растений в г. Кировск отмечаются позже на 10-15 суток по сравнению с образцами из г. Апатиты. Продолжительность линейного роста побегов аналогично отличается на 10суток. Аналогичную особенность отмечал Л. А. Казаков [8]. Анализ результатов статистической

обработки показал, что ошибка среднего многолетнего значения фенодат незначительна и, в большинстве случаев, не превышает 1–3 суток.

В отдельные годы отмечается пыление, однако семена не вызревают.

На следующем этапе по методике Г. Н. Зайцева [7] определяли показатель фенологической атипичности (ФА). При вычислении данного показателя использовали данные о наступлении следующих

Таблица 3 - Фенологическая характеристика интродуцированных растений *Abies sibirica* в ПАБСИ

| Образец | Средние сроки наступления фенологических фаз | | | | | | | | РП, сут | ФА |
|---------|--|-----------|-----------|-------------|------------|-------------|-----------|------------|------------|-------|
| | Пч1 | Пч2 | Пб1 | Пб2 | О1 | О2 | Л1 | Л2 | | |
| A670-75 | 26.V±2,1 | 11.VI±1,9 | 13.VI±2,3 | 13.VII±4,2 | 11.VII±2,4 | 24.VIII±3,1 | 13.VI±2 | 23.VI±2 | 30 | 0,03 |
| A346-80 | 30.V±2,7 | 10.VI±2,3 | 15.VI±2,6 | 13.VII±4,4 | 16.VII±3,8 | 28.VIII±4,2 | 16.VI±1,9 | 24.VI±1,7 | 29 | 0,15 |
| A361-80 | 30.V±2,2 | 9.VI±2,1 | 16.VI±1,1 | 17.VII±5,6 | 15.VII±4,1 | 31.VIII±4,2 | 14.VI±1,5 | 25.VI±1,9 | 31 | -0,04 |
| A420-75 | 29.V±2,1 | 9.VI±1,5 | 17.VI±1,9 | 18.VII±4,8 | 15.VII±3,7 | 25.VIII±4,3 | 12.VI±1,3 | 24.VI±1,9 | 31 | 0,02 |
| K670-75 | 6.VI±2,4 | 22.VI±4,9 | 27.VI±4,9 | 14.VIII±3,5 | 23.VII±2,9 | 15.IX±5 | 26.VI±2,5 | 16.VII±3,7 | 41 | -0,08 |
| K1936 | 10.VI±2,8 | 24.VI±4 | 27.VI±4,9 | 18.VIII±3,9 | 27.VII±2,5 | 16.IX±4,9 | 26.VI±2,5 | 15.VII±3,8 | 42 | 0,03 |
| K1937 | 8.VI±2,6 | 24.VI±4,2 | 29.VI±4,5 | 18.VIII±3,9 | 26.VII±2,1 | 15.IX±4,9 | 27.VI±2,5 | 16.VII±3,7 | 41 | 0,04 |

Пч1 – набухание вегетативных почек, Пч2 - распускание вегетативных почек, Пб1 - начало роста годичных побегов, Пб2 - окончание роста годичных побегов, О1 – частичное одревеснение годичных побегов, О2 - полное одревеснение годичных побегов, Л1 - начало обособления хвои, Л2 - развертывание хвои; РП – продолжительность роста годичных побегов, сут.; ФА – фенологическая атипичность

фенологических фаз: Пч1, Пч2, Пб1, Пб2, О1, О2, Л1, Л². Значения ФА для анализируемых групп растений представлены в таблице 3.

ФА у изученных образцов оценивается баллами 4 и 5, это свидетельствует, что растения находятся в оптимуме для реализации своего цикла фенологического развития, т.е. цикл развития перечисленных интродуцентов соответствует вегетационному периоду места интродукции. Таким образом, потребности сезонного цикла и роста проанализированных интродуцентов рода *Abies* оптимально соотносятся с возможностями вегетационного периода места интродукции, об этом говорит величина ФА в пределах от -1 до +1.

На следующем этапе исследования провели анализ сопряженных связей между сроками фиксации фенофаз у образцов пихты сибирской и значениями метеорологических параметров, межфазовой сопряженности. Опишем полученные системы корреляционных взаимосвязей. Схемы межфазовых корреляций отображены на рисунке 1.

Образец К670-75. Анализ рассчитанных межфазовых корреляций показал (рис.1), что статистически достоверной является положительная корреляция между фенодатами Пч2 и Пб1. Фенодата Пб1 также отрицательно коррелирует с продолжительностью линейного роста годичных побегов. Обнаруженная закономерность свидетельствует о том, что раннее начало распускания вегетативных почек соответствует раннему началу линейного роста. РП большей продолжительности характерен при ранней фенодате Пб1. Корреляционно независимы от других фенодат средние сроки наступления фаз Пб2, Л1, Л2, О1 и О2.

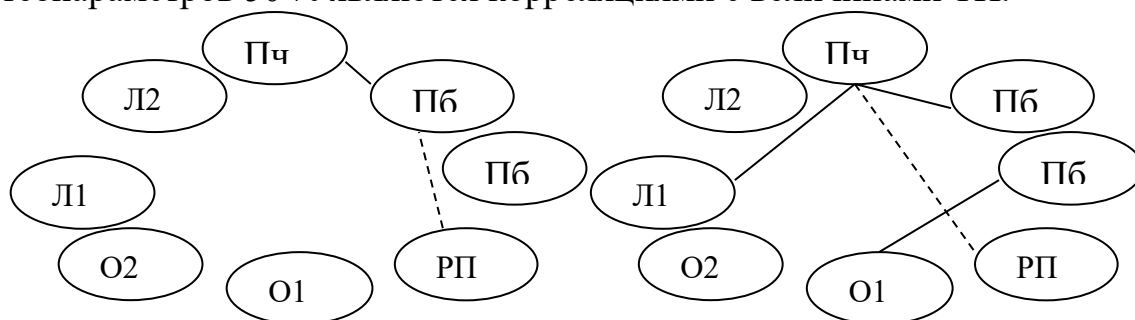
Перейдем к описанию зависимостей между отдельными фенодатами и метеорологическими параметрами. В представленных записях первая часть соответствует фенодате, в скобках указаны метеопараметры с порядковым номером месяца, на протяжении которого данный показатель влияет на срок фенодаты.

Представим полученные достоверные прямо пропорциональные корреляционные связи в виде ряда: Пч2 (-); Пб1 (-); Пб2 (-); О1(-); О2(-); Л1 (Т10, ТП10, ТП11); Л2 (В6, ТП7); РП (ТП1, Т6, ТП6). Обратно пропорциональные связи можно представим следующей записью: Пч2 (ТП1, Т6, ТП6); Пб1 (В1, Т6, ТП6); Пб2 (-); О1 (В7); О2 (-); Л1 (-); Л2 (-); РП (-).

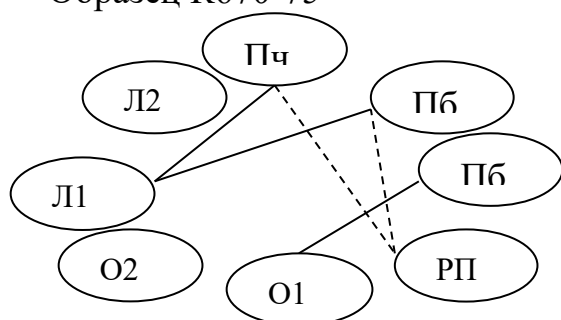
Количество обнаруженных статистически достоверных положительных и отрицательных корреляционных связей примерно одинаково. На длительность линейного роста оказывают прямо пропорциональное влияние следующие метеопараметры: ТП1, Т6, ТП6, при более высоких значениях данных параметров отмечается более продолжительный РП. Фенофазы окончания ростовых процессов и наступления одревеснения

побегов корреляционно независимы от значений анализируемых метеофакторов.

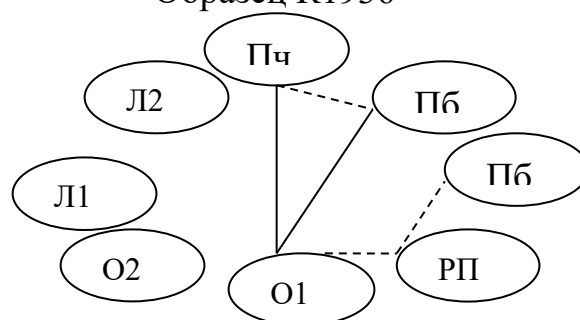
Из 15 сопряженных пар между фенодатами и значениями метеопараметров 50 % являются корреляциями с величинами ТП.



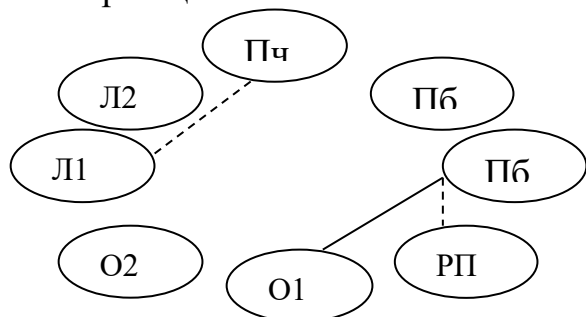
Образец К670-75



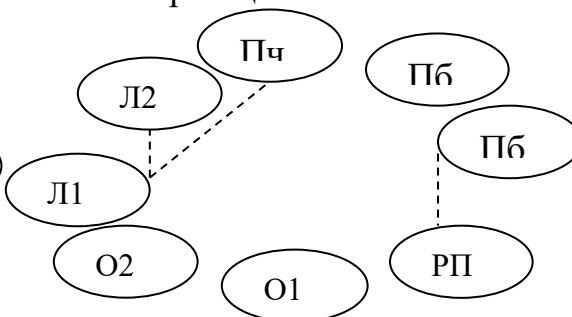
Образец К1936



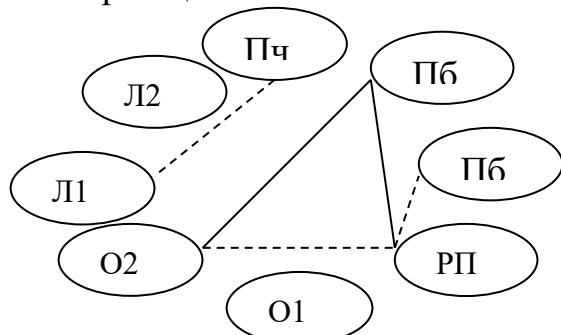
Образец К1937



Образец А670-75



Образец А346-80



Образец А360-80

Образец А420-75

Рисунок 1. Схемы межфазовых корреляций исследуемых образцов *Abies sibirica*:

_____ Прямо пропорциональная связь

----- Обратно пропорциональная связь

Определено, что достоверное влияние на наступление фенофаз оказывают климатические условия как текущего года (январь, июнь, июль), так и предыдущего (октябрь, ноябрь). Существенная связь обнаружена с факторами температурной группы зимнего сезона (декабрь, январь) и июня-июля. Высота снежного покрова не имеет статистически достоверной связи ни с одной фенодатой.

Наибольшее воздействие на сроки фенодат оказывают метеоусловия июня, указанный месяц является наиболее часто встречающимся месяцем в сопряженных парах.

Образец К1936. Анализ рассчитанных межфазовой сопряженности показал, что статистически достоверными являются положительные корреляции между фенодатами Пч2 и Пб1, Пч2 и Л1, Пб2 и О1, отрицательная – между Пч2 и РП. Фенодаты Л2 и О2 являются корреляционно независимыми от сроков других фенодат (рис. 1).

Представим полученные достоверные прямо пропорциональные корреляционные связи в виде ряда: Пч2 (-); Пб1 (-); Пб2 (-); О1 (-); О2 (-); Л1 (Т10, ТП10); Л2 (В6, ТП7); РП (ТП1, Т6, ТП6). Обратные пропорциональные связи можно представим следующей записью: Пч2 (В1); Пб1 (ТП1, Т6, ТП6); Пб2 (-); О1 (В7); О2 (-); Л1 (Т6, ТП6); Л2 (-); РП (-).

Среди обнаруженных 14-ти статистически достоверных корреляционных связей отрицательных и положительных равное количество.

Достоверная корреляция обнаружена со всеми группами метеопараметров кроме высоты снежного покрова. На сроки наступления фенофазы Л1 прямо пропорциональное влияние оказывают метеоусловия предыдущего года. Фенодата Л2 прямо пропорционально связана с В6, ТП7, что свидетельствует о том, что высокие значения указанных метеофакторов способствуют позднему наступлению фазы Л2. При росте величин ТП1, ТП6, Т6 отмечается более длительный рост линейных побегов, об этом свидетельствует наличие прямо пропорциональной зависимости между указанными параметрами. Установлено наличие отрицательной сопряженности в следующих парах: Пч2-В1, Пб1-ТП1, Пб1-Т6, Пб1-ТП6, О1-В7, Л1-Т6, Л1-ТП6, что, с биологической точки зрения, говорит о раннем наступлении перечисленных фенодат при более высоких значениях указанных метеопараметров. Из изученных климатических факторов наиболее существенную роль играет ТП, входит в

50 % корреляционных пар. Значимыми месяцами являются январь, июнь, июль в текущем году, октябрь предыдущего года. Июнь является более существенным месяцем в поле влияния метеоусловий.

Образец K1937. При анализе межфазовой сопряженности установлено наличие положительной корреляции в парах Пч2-Л1, Л1-Пб1, О1-Пб2, отрицательной в парах Пч2-РП, Пб1-РП (рис. 1). Корреляционно независимы фенодаты Л2 и О2.

В результате анализа корреляций между значениями метеофакторов и сроками наступления фенологических фаз обнаружено 11 статистически достоверных сопряженных пар. Количество прямо и обратно пропорциональных связей между сроками наступления фенофаз и величинами метеопараметров одинаково.

Представим полученные достоверные прямо пропорциональные корреляционные связи в виде ряда: Пч2 (-); Пб1 (-); Пб2 (-); О1 (-); О2 (-); Л1 (Т10, ТП10); Л2 (ТП12); РП (ТП1, Т6, ТП6). Обратно пропорциональные связи можно представим следующей записью: Пч2 (В1); Пб1 (В1); Пб2 (-); О1 (В7); О2 (-); Л1 (Т6, ТП6); Л2 (-); РП (-).

Прямо пропорциональная связь обнаружена между продолжительностью линейного роста побегов и значениями ТП1, Т6 и ТП6, аналогично предыдущим описанным образцам. Обратно пропорциональная связь установлена в парах Пч2-В1, Пб1-В1, О1-В7, Л1-Т6, Л1-ТП6, это свидетельствует о том, что более высокие значения указанных метеопараметров способствуют раннему наступлению перечисленных фенофаз. Достоверная корреляция обнаружена со всеми климатическими факторами кроме высоты снежного покрова. Существенное положительное воздействие оказывают и метеоусловия предыдущего года, Т10, ТП10, ТП12 на фазы развития хвои.

Определено, что июнь является наиболее существенным месяцем по метеовоздействию на сезонное развитие, указанный месяц является более часто встречающимся месяцем в сопряженных парах.

Образец А346-80. Анализ межфазовой сопряженности показал, что фенодаты Пб1, О2, Л2 являются корреляционно независимыми от других фенопоказателей (рис. 1). Увеличение продолжительности роста побегов связано с более поздней датой фазы Пб2, с более ранними сроками О1. Позднее начало Л1 соответствует позднему началу вегетации.

Представим полученные достоверные прямо пропорциональные корреляционные связи в виде ряда: Пч2 (Тп3, ТП4); Пб1 (Т7, Т12, ОС12); Пб2 (Т6, ТП6); О1 (В6, Т7); О2 (Т1, ОС4, Т6, Т9, ТП9); Л1 (ТП4, В12); Л2 (ТП1); РП (Т4, С4, Т6, В7). Обратно пропорциональные связи можно представим следующей записью: Пч2 (-); Пб1 (Т4, С4); Пб2 (Т3); О1 (-); О2 (Т3, ОС3, Т5); Л1 (-); Л2 (-); РП (Т3, Т7, В8, В10, ОС12).

При проведении анализа системы сопряженности между сроками прохождения фенофаз и значениями климатических факторов установлено

наличие 33 корреляционных пар, 64 % связей являются прямо пропорциональными. Наиболее существенным метеопараметром является среднемесячная температура воздуха, данный параметр входит в состав 15 корреляционных пар, наименее значимы показатели С и ОС, каждый входит в состав 2 и 4 сопряженных пар соответственно. Обнаружена сопряженность не только с метеопараметрами периода вегетации, но и с условиями предшествующими вегетации. Статистически достоверная корреляция установлена с метеопараметрами всех месяцев года за исключением февраля и ноября. Около трети выявленных корреляций приходится на период вегетации. Сроки наступления начальных фенодат корреляционно связаны со значениями климатических факторов в месяцы предшествующие вегетации. Метеоусловия апреля оказывают наиболее существенное влияние на сроки наступления фенологических фаз.

В состав 37 % выявленных корреляционных пар входят фенодаты Пб2 и О2, своевременное наступление указанных фаз имеет важнейшее значение для подготовки растения к зимним условиям.

Образец А361-80. В системе межфазовой сопряженности обнаружены пары Пч2-Л1, Л1-Л2, Пб2-РП, связь в перечисленных парах является положительной (рис. 1), это свидетельствует, что позднее/раннее начало одной фазы в паре соответствует позднему/раннему началу другой фенофазы.

Представим полученные достоверные прямо пропорциональные корреляционные связи в виде ряда: Пч2 (ТП4, В12); Пб1 (-); Пб2 (Т6, ТП6); О1 (С12); О2 (-); Л1 (ТП3, ТП4); Л2 (ТП4); РП (Т1, ТП6). Обратно пропорциональные связи можно представим следующей записью: Пч2 (-); Пб1 (-); Пб2 (Т3, В10); О1 (-); О2 (-); Л1 (-); Л2 (Т2); РП (В10).

Корреляционный анализ сроков наступления фенологических фаз и значений метеопараметров показал наличие 14 статистически достоверных сопряженных пар. В 71 % пар связь прямо пропорциональна. Из всех анализируемых метеопараметров существенное значение имеют температурные факторы, причем статистически достоверное влияние ТП встречается чаще.

Существенное воздействие на сроки фенофаз имеют погодные условия перед началом периода вегетации (апрель), также в июне, когда отмечаются начальные фенологические фазы. Корреляционно несвязанные с температурными параметрами являются фенодаты Пб1, О2. Наиболее других фенофаз корреляционно зависима фаза Пб2, она входит в состав 29 % сопряженных пар.

Образец А420-75. В системе межфазовой сопряженности (рис. 1) обнаружено 5 статистически достоверных пар. Прямо пропорциональная связь в парах Пч2-Л1, Пб2-РП, РП-О2, в парах Пб1-РП, Пб1-О2 – обратно пропорциональная. Поздние сроки завершения ростовых процессов, т.е.

фиксация фаз Пб2 и О2 приводят к увеличению продолжительности линейного роста, к этому также ведут ранние сроки начала роста побегов.

Представим полученные достоверные прямо пропорциональные корреляционные связи в виде ряда: Пч2 (ТП4, В12); Пб1 (Т3, Т7); Пб2 (Т6, Тпб); О1 (В5, Т7); О2 (Т1, Т6, ОС4, Т9, ТП9); Л1 (ТП3, ТП4); Л2 (ТП1); РП (Т1, ОС4, ТП6). Обратные пропорциональные связи можно представить следующей записью: Пч2 (-); Пб1 (Т6); Пб2 (Т3, В10); О1 (В7, С11); О2 (Т3, ОС3, Т5); Л1 (-); Л2 (Т2); РП (В10).

В результате анализа сопряженности сроков наступления фенологических фаз и среднемесячных значений метеопараметров установлено наличие 29 корреляционных пар, в 65 % которых корреляция положительна. Половина корреляционных пар образована при участии Т, данный метеопараметр является ведущим в поле влияния климатических факторов.

Статистически достоверная корреляция установлена с метеопараметрами всех месяцев года за исключением августа. Существенное воздействие на сроки фенодат имеют погодные условия марта, июня. Наиболее плотно со значениями метеофакторов связаны сроки наступления О2, указанная фенодата входит в состав 27 % корреляционных пар.

Образец А670-75. В системе межфазовой сопряженности установлены следующие пары: с отрицательной корреляцией - Пч2-О1, Пб1-О1, с положительной - Пч2-Пб1, Пб2-РП, О1-РП (рис. 1).

Представим полученные достоверные прямо пропорциональные корреляционные связи в виде ряда: Пч2 (В12, С12); Пб1 (Т12, В12); Пб2 (-); О1 (-); О2 (ТП12); Л1 (В6); Л2 (Т3, В10); РП (С11). Обратные пропорциональные связи можно представить следующей записью: Пч2 (С11); Пб1 (С11); Пб2 (-); О1 (В5, В6, Т12); О2 (В2, ОС3); Л1 (-); Л2 (Т6); РП (В5, В6).

Корреляционный анализ сроков прохождения фенологических фаз и среднемесячных значений метеофакторов показал наличие 19 сопряженных пар. Количество прямо и обратно пропорциональных связей между сроками наступления фенофаз и величинами метеопараметров одинаково. В составе 47 % сопряженных пар входит В. Корреляционно независимы от значений метеопараметров сроки наступления фенофазы Пб2.

Наиболее существенным месяцем в определении сроков фенодат является декабрь.

Далее определим основные тенденции в реакции фенологического развития пихты сибирской в условиях Кольской Субарктики на климатические возмущения.

Проведем оценку качественных реакций фенологического развития на воздействие метеорологических факторов. По качественным

характеристикам откликов фенологического цикла на воздействие климата определяем два типа реакции: регулирующая и стабилизирующая. Аналогично определял тип реакции на климатические факторы Кузьмин А.В. [13].

Регулирующий тип соответствует прямо пропорциональной реакции растений на значения метеопараметров. С биологической точки зрения прямо пропорциональная реакция растений на увеличение / уменьшение значений метеопараметров приводит к более поздним / ранним срокам наступления фенологических фаз.

Стабилизирующий тип реакции на климатические факторы характеризует обратно пропорциональную реакцию. С биологической точки зрения негативный отклик интродуцированных образцов приводит к ранним / поздним срокам прохождения фенофаз при увеличении / уменьшении величин климатических параметров. Данный тип восприимчивости погодных условий направлен, в основном, на обеспечение фенологической устойчивости интродуцированных образцов в условиях Крайнего Севера.

В системах сопряженности метеопараметров и сроков фенодат преобладают, главным образом, прямо пропорциональные связи у апатитских образцов. У Кировских растений наблюдается примерное равное соотношение прямо и обратно пропорциональных связей между фенологическими датами и значениями метеопараметров. С биологической точки зрения, это свидетельствует о преобладании регулирующего типа реагирования на климатическое воздействие у образцов в г. Апатиты и о сочетании регулирующего и стабилизирующего – в г. Кировск.

Факторы температурной группы чаще остальных метеопараметров оказывают статистически достоверное влияние на фенологические даты. Сопряженность фенодат со среднемесячной температурой воздуха отмечается в 1,8 раза чаще по сравнению с частотой сопряженности фенодат со значениями температуры почвы на глубине 20см для образцов, произрастающих в г. Апатиты. Для образцов из г. Кировск установлено преобладание достоверной корреляции с величинами температуры почвы на глубине 20см в 1,6 раза чаще, чем со средними значениями температуры воздуха.

Высота снежного покрова корреляционно не связана со сроками прохождения фенологических фаз у интродуцированных образцов пихты сибирской в г. Кировск, в г. Апатиты влияние данного фактора обнаружено в единичных случаях, аналогично влиянию количества осадков.

Июнь является наиболее существенным месяцем, погодные условия которого, определяют средние даты наступления фенофаз на обеих площадках. Для образцов, произрастающих в г. Апатиты статистически достоверное влияние на фенодаты также оказывают метеопараметры

марта, апреля, для кировских образцов подобная сопряженность не обнаружена. Январь является вторым по значимости месяцем для феноразвития образцов, произрастающих в г. Кировск.

У образцов пихты сибирской, выращиваемых в г. Апатиты, наиболее тесно сопряжены с климатическими факторами сроки прохождения фенофаз роста и одревеснения годичных побегов. Для образцов из г. Кировск характерно отсутствие сопряженности для фенодат окончания процессов роста и одревеснения.

Начальные фенофазы у образцов из г. Кировск более сопряжены со значениями метеофакторов, чем у образцов в г. Апатиты. Вероятно, это связано с более поздним переходом к положительным температурам и, следовательно, более поздним началом вегетации. Даты фиксации завершающих фаз сезонного развития (Пб2, О2) оказываются более сопряженными с климатическими условиями в г. Апатиты.

Практически у всех образцов установлена прямо пропорциональная связь между сроками фенофаз Пч2 и Л1, с биологической точки зрения это говорит о более раннем наступлении Л1 при ранних сроках распускания вегетативных почек. Не обнаружено сопряженности между фазами начала и окончания линейного роста годичных побегов. Указанные фенодаты сопряжены с продолжительностью роста побегов, в паре с Пб1 связь отрицательна, в паре с Пб2 – положительная. В преобладающем большинстве случаев фенофаза О2, своевременное наступление которой важно для подготовки растения к зимним условиям, является корреляционно независимой от сроков прохождения других фенологических дат. В системах межфазовой сопряженности существенно наступление Пч2, данная фенодата наиболее часто встречается в корреляционных парах. Из кировских образцов наименьшее число сопряженных межфазовых связей выявлено у образца имеющего природное происхождение.

Заключение Полученные результаты позволяют сформулировать следующее заключение. Использование фенологических наблюдений обеспечивает изучение биологических особенностей и экологических свойств растительных интродуцентов, дает материал о степени соответствия интродуцентов новым условиям среды. Потребности сезонного цикла и роста проанализированных интродуцентов рода *Abies* оптимально соотносятся с возможностями вегетационного периода места интродукции.

У растений пихты сибирской, выращиваемых в г. Апатиты и г. Кировск, наблюдается неоднородная реакция на воздействие метеопараметров. Для интродуцированных образцов *Abies sibirica*, выращиваемых на площадке в г. Апатиты, характерен регулирующий тип восприимчивости метеопараметров. Для растений *Abies sibirica*, произрастающих в г. Кировск, свойственно сочетание регулирующего и стабилизирующего

типов реакции на воздействие метеорологических факторов. На протяжении годичного цикла существенное влияние климатических факторов на интродуцированные растения *Abies sibirica* изменяется по месяцам. Основным по значимости воздействия метеорологических параметров временным интервалом является июнь в г. Кировск, июнь, март, апрель – в г. Апатиты.

Пихта сибирская является перспективным видом для озеленительной практики. Для получения более устойчивых экземпляров необходимо разрабатывать методику вегетативного размножения, выращивание растений из семян северного происхождения.

Список литературы

1. Александрова Н.М., Головкин Б.Н. Переселение деревьев и кустарников на Крайний Север. Л.: Наука, 1978. - 116с.
2. Бородина Н.А. Методика фенологических наблюдений над растениями семейства Pinaceae // Бюллетень Главного ботанического сада. 1965. Вып. 57. - С. 11-19.
3. Булыгин Н.Е. Дендрология. Фенологические наблюдения над хвойными породами. Учебное пособие для студ. лесохоз. фак. Л.: ЛТА, 1974. - 84с.
4. Гончарова О.А., Салтыкова С.А., Полоскова Е.Ю. Сезонное развитие интродуцированных видов *Abies* Hill. в Полярно-альпийском ботаническом саду-институте. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Полярно-альпийский ботанический сад-институт КНЦ РАН. – Апатиты, 2013. – 8с. – Табл. 3. – Библиогр. 10 назв. – Рус. - Деп. в ВИНТИ 20.06.2013 № 175-B2013
5. Деревья и кустарники СССР. Т. 1.: Голосеменные. М., Л.: Изд-во Академии Наук СССР, 1949. - 464с.
6. Зайцев Г.Н. Математика в экспериментальной ботанике. М.: Наука, 1990. - 296с.
7. Зайцев Г.Н. Фенология древесных растений. М.: Наука, 1981 - 120с.
8. Казаков Л.А. Интродукция хвойных в Субарктику. СПб.: Наука, 1993. - 144с.
9. Каталог № 3 дендрологической коллекции Полярно-альпийского ботанического сада / Сост. Гонтарь О.Б. и др. Апатиты: КНЦ РАН, 2007. - 50с.
10. Каталог дендрологической коллекции Полярно-альпийского ботанического сада / Сост. Казаков Л.А.. Апатиты: Кольский филиал АН СССР, 1978. - 40с.

11. Каталог дендрологической коллекции Полярно-альпийского ботанического сада / Сост. Даясова Н.П. и др. Апатиты: Кольский филиал АН СССР, 1991. - 78с.
12. Кищенко И.Т. Рост и развитие аборигенных и интродуцированных видов семейства Pinaceae Lindl. в условиях Карелии: автореф. дис. ... докт. биол. наук: 03.00.16, 03.00.05. СПб., 2000. – 44с.
13. Кузьмин А.В., Полоскова Е.Ю., Распопов О.М., Кузьмина Л.И. Временная идентификация интегрального и комбинаторного влияния климатических факторов на структурные элементы сосновых древостоев Кольского региона. Апатиты: КНЦ РАН, 2007. – 90с.
14. Методика фенологических наблюдений в ботанических садах СССР / Александра М.С., Булыгин Н.Е., Ворошилов В.Н. и др. М., 1975. - 28с.
15. Семко А.П. Режим тепла и влаги для роста и развития дикорастущих и интродуцированных растений в центральной части Кольского полуострова. Апатиты: Изд-во КНЦ АН СССР, 1989. – 30с.

Spisok literatury

1. Aleksandrova N.M., Golovkin B.N. Pereselenie derev'ev i kustarnikov na Krajnij Sever. L.: Nauka, 1978. – 116s.
2. Borodina N.A. Metodika fenologicheskikh nabljudenij nad rastenijami semejstva Pinaceae // Vjulleten' Glavnogo botanicheskogo sada. 1965. Vyp. 57. - S. 11-19.
3. Bulygin N.E. Dendrologija. Fenologicheskie nabljudenija nad hvojnymi porodami. Uchebnoe posobie dlja stud. lesohoz. fak. L.: LTA, 1974. - 84s.
4. Goncharova O.A., Saltykova S.A., Poloskova E.Ju. Sezonnoe razvitie introducirovannyh vidov Abies Hill. v Poljarno-al'pijskom botanicheskom sadu-institute. Federal'noe gosudarstvennoe bjudzhetnoe uchrezhdenie nauki Poljarno-al'pijskij botanicheskij sad-institut KNC RAN. – Apatity, 2013. – 8s. – Tabl. 3. – Bibliogr. 10 nazv. – Rus. - Dep. v VINITI 20.06.2013 № 175-V2013
5. Derev'ja i kustarniki SSSR. T. 1.: Golosemennye. M., L.: Izd-vo Akademii Nauk SSSR, 1949. - 464s.
6. Zajcev G.N. Matematika v jeksperimental'noj botanike. M.: Nauka, 1990. - 296s.
7. Zajcev G.N. Fenologija drevesnyh rastenij. M.: Nauka, 1981 - 120s.
8. Kazakov L.A. Introdukcija hvojnnyh v Subarktiku. SPb.: Nauka, 1993. - 144s.

9. Katalog № 3 dendrologической коллекции Полярно-ал'пийского ботанического сада / Sost. Gontar' O.B. i dr. Apatity: KNC RAN, 2007. - 50s.
10. Katalog dendrologической коллекции Полярно-ал'пийского ботанического сада / Sost. Kazakov L.A.. Apatity: Kol'skij filial AN SSSR, 1978. - 40s.
11. Katalog dendrologической коллекции Полярно-ал'пийского ботанического сада / Sost. Dajasova N.P. i dr. Apatity: Kol'skij filial AN SSSR, 1991. - 78s.
12. Kishhenko I.T. Rost i razvitie aborigennyh i introducirovannyh vidov semejstva Pinaceae Lindl. v uslovijah Karelii: avtoref. dis. ...dokt. biol. nauk: 03.00.16, 03.00.05. SPb., 2000. – 44s.
13. Kuz'min A.V., Poloskova E.Ju., Raspopov O.M., Kuz'mina L.I. Vremennaja identifikacija integral'nogo i kombinatornogo vlijanija klimaticheskikh faktorov na strukturnye jelementy osnovnyh drevostoev Kol'skogo regiona. Apatity: KNC RAN, 2007. – 90s.
14. Metodika fenologicheskikh nabljudenij v botanicheskikh sadah SSSR / Aleksandrova M.S., Bulygin N.E., Voroshilov V.N. i dr. M., 1975. - 28s.
15. Semko A.P. Rezhim tepla i vlagi dlja rosta i razvitija dikorastushhih i introducirovannyh rastenij v central'noj chasti Kol'skogo poluostrova. Apatity: Izd-vo KNC AN SSSR, 1989. – 30s.