

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДЕРЕВЬЕВ ВИДА  
*ABIESSIBIRICALEDEB.* ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ДЕНДРОИНДИКАЦИИ**

**Петров И.А.**

**Научный руководитель – д-р биол. наук, проф. Силкин П.П.**

***Сибирский федеральный университет***

***Институт фундаментальной биологии и биотехнологии***

В современном мире в связи с постоянным увеличением воздействия человека на природу вопросы мониторинга состояния окружающей среды выходят на первый план. Эта ситуация подталкивает современную науку к поиску новых объектов для наблюдения за состоянием окружающей среды. На данный момент доказано, что оптимальными объектами для дендроиндикации являются деревья хвойных видов, так как они долговечны, имеют хорошо различимые годовые кольца, а их прирост чувствителен к изменениям внешних условий. Но, несмотря на это, некоторые виды, обладающие значительной долей в лесообразовании для определённых регионов, на сегодняшний день являются малоисследованными. К таким видам относится пихта сибирская (*Abiessibirica* Ledeb.).

**Цель работы:** определить возможность использования деревьев вида *Abies sibirica* Ledeb. для целей дендроиндикации.

**Задачи:** проведение корреляционного анализа связи индексов прироста древесины стандартных и остаточных хронологий с климатическими параметрами для получения первичного климатического отклика, проведение сравнительного дендроклиматического анализа деревьев вида *Abies sibirica* Ledeb. для различных местообитаний из разных регионов Красноярского края и республики Хакасия, а также выявление возможности использования деревьев данного вида в целях индикации климатических условий окружающей среды.

**Объект исследований:** В качестве объектов исследований были выбраны модельные деревья вида *Abiessibirica* Ledeb. с семи различных местообитаний из трёх регионов.

Три пробные площади располагались около границ ГПЗ «Столбы».

Первая пробная площадь (код УМТ2) располагалась около западной границы заповедника недалеко от посёлка Усть-Мана на высоте 288 метров над уровнем моря, координаты: 55°56' СШ, 92°27' ВД. На данной площади пихта произрастала в сосняке полосой, протянувшейся в юго-восточном направлении вниз по склону к берегу реки Мана. Растительность представлена широколиственно-папоротниковым сосняком с примесью березы, осины и пихты. Все перечисленные породы встречаются в подросте. Сомкнутость 0,4.

Вторая пробная площадь (код БТ4) расположена в окрестностях поселка Березовский около восточной границы заповедника на высоте 400 метров над уровнем моря, координаты: 55°46' СШ, 93°21' ВД. Пробная площадь находится в долине притока реки Малая Березовка. Растительность представлена травяно-зеленомошным ельником с примесью пихты и березы. В подросте встречаются ель и пихта. Сомкнутость 0,7.

Третья пробная площадь (код РТ3) находится в долине реки Караульная севернее границ ГПЗ «Столбы». Она расположена на высоте 343 метров над уровнем моря, координаты: 56°5' СШ, 92°29' ВД. Растительность представлена ельником-кисличником с примесью пихты и березы. Все перечисленные породы встречаются в подросте. Имеются следы единичных рубок деревьев. Сомкнутость 0,7.

Две пробные площади располагались на территории Северной Хакасии.

Одна из них (ТХ1) находилось в окрестностях села Коммунар Ширинского района (54°19' с.ш., 89°10' в.д.). Пробная площадь располагалась в горно-таежном поясе на высоте 1125 метров над уровнем моря. Растительность представлена субальпийским высокоотравьем, из древесных видов преобладают пихта и береза.

Второе место обитания (ТХ2) также располагалось в окрестностях села Коммунар Ширинского района (54°19' с.ш., 89°12' в.д.) на высоте 940 метров над уровнем моря. Растительность представлена низкотравьем, из древесных видов преобладают береза и пихта.

Также две пробные площади находились на территории природного парка «Ергаки».

Первая площадь (ТЕ2) располагалась в районе Буйбинского перевала на территории национального парка Ергаки (52°55' с.ш., 93°14' в.д.). Растительность представлена крупнотравно-ветреницевым пихтарником. Сама точка сбора находилась на северо-западном склоне хребта Кулумыс в горно-таежном поясе на высоте 978 метров над уровнем моря.

Второе местообитания (ТЕ1) было выбрано в нижней части пологого шлейфа северного склона хребта Кулумыс (53°02' с.ш., 92°54' в.д.) на высоте 520 метров над уровнем моря. В этом месте произрастают производные пихтово-осиновые леса, сформировавшиеся после условно-сплошных рубок леса.

Для проведения дендроклиматического анализа использовались данные с метеостанций, находящихся в районах исследования. Для пробных площадей Северной Хакасии использовались данные с метеостанции Ненастная (54°45' с.ш., 88°49' в.д.), для природного парка «Ергаки» - с метеостанции Оленья Речка (52°48' с.ш., 93°14' в.д.), для окрестностей ГПЗ «Столбы» - с метеостанции Опытное поле (56°02' с.ш., 92°45' в.д.).

**Методы исследований:** Изъятие образцов проводилось с помощью возрастного бурава на высоте 1,3 метра. Измерение ширины годовых колец и перекрестная датировка проводились в соответствии с общепризнанной методикой. Статистическая проверка качества проведения перекрестной датировки выполнена с помощью специализированной программы COFESHA. Для удаления из показателей прироста возрастного тренда была проведена процедура детрендинга с помощью программы ARSTAN.

Для всех местообитаний были построены стандартные и остаточные хронологии, которые использовались для сопоставления с основными климатическими параметрами. Предпочтение отдавалось остаточным хронологиям, так как у них максимально устранены автокорреляционные составляющие и наиболее выражен климатический сигнал. С помощью программы STATISTICA были рассчитаны коэффициенты корреляции между индексами прироста и среднемесячными климатическими данными. Расчеты проводились с августа предшествующего года по сентябрь текущего. Таким образом, были получены показатели первичного климатического отклика для каждого местообитания.

**Полученные результаты:** По результатам исследования были построены стандартные и остаточные древесно-кольцевые хронологии. Сравнительные параметры хронологий представлены в таблице 1. Наибольший абсолютный прирост наблюдается в районе природного парка «Ергаки». Это объясняется наиболее оптимальными почвенно-климатическими условиями. Большой прирост на точке УМТ2 в окрестностях Красноярска является следствием конкретных условий произрастания и характера популяции и не характеризует регион в целом.

	Количество лет	Среднее значение ШГК, мм	Максимальное значение ШГК, мм	Коэффициент чувствительности	Коэффициент автокорреляции первого порядка
ТЕ1	93	2,49	8,08	0,21	0,66
ТЕ2	119	1,96	6,77	0,195	0,61
РТ3	122	1,17	5,25	0,222	0,60
УМТ2	76	2,73	8,99	0,214	0,57
БТ4	66	1,07	3,06	0,209	0,49
ТХ2	102	1,17	3,68	0,154	0,71
ТХ1	65	1,35	4,98	0,201	0,65

**Таблица 1.** Сравнительные характеристики хронологий для различных пробных площадей

Все сообщества представляют собой практически сплошной древостой. Несмотря на это наблюдается разброс значений, как коэффициента автокорреляции, так и коэффициента чувствительности. Наибольший коэффициент автокорреляции и наименьший коэффициент чувствительности характерен для региона Северной Хакасии. В окрестностях Красноярска, напротив, наблюдается уменьшение зависимости прироста текущего года от прироста предыдущего и увеличение чувствительности деревьев.

По результатам корреляционного анализа остаточных хронологий с климатическими данными были определены основные лимитирующие прирост древесины параметры для каждого региона.

В окрестностях Красноярска влияние на прирост древесины оказывают различные климатические факторы в зависимости от места произрастания деревьев.

Корреляционный анализ хронологий, полученных для западного местообитания (УМТ2), с климатическими данными с метеостанции Опытное поле показал, что параметры температуры января оказывают влияние на прирост древесины (коэффициент корреляции  $r=0,32$ ,  $p<0,05$ ). Данный фактор объясняет до 7% годового прироста древесины ( $R=0,27$ ;  $F=5,63$ ;  $p<0,03$ ). Для восточного местообитания (БТ4) на прирост древесины оказывают влияние осадки января ( $r=-0,39$ ,  $p<0,05$ ). Отрицательное значение коэффициента корреляции объясняется тем, что дополнительные январские осадки могут уплотнять снежный покров, замедляя процесс таяния снега перед началом вегетационного сезона и тем самым задерживая рост. Осадками января объясняется до 10% ( $R=0,32$ ;  $F=4,64$ ;  $p<0,04$ ) погодичной изменчивости прироста. Высокие коэффициенты корреляции между величиной прироста древесины и упругостью водяного пара наблюдаются на северном местообитании (РТ3) в мае и июле. При этом в мае связь имеет отрицательный характер ( $r=-0,44$ ,  $p<0,05$ ), а в июле – положительный ( $r=0,53$ ,  $p<0,05$ ). Влиянием упругости водяного пара мая объясняется до 18% ( $R=0,43$ ;  $F=5,34$ ;  $p<0,04$ ), а июля – 27% ( $R=0,53$ ;  $F=8,85$ ;  $p<0,007$ ) погодичной изменчивости прироста.

На территории природного парка «Ергаки» наибольшая связь прироста древесины проявилась с условиями увлажнения.

Для точки ТЕ2, расположенной в горно-таежном поясе хребта Кулумыс, характерна связь прироста годичных колец с суммой осадков мая текущего года ( $r=0,40$ ,  $p<0,05$ ), связь с температурой на данной точке проявилась слабо. Это объясняется тем, что в условиях густого древостоя формируется свой микроклимат, который сглаживает сильные колебания температуры. В то же время майские осадки обеспечивают

поступление влаги перед самым началом сезона вегетации и увеличение влагосодержания. Это способствует быстрому росту дерева в первую половину сезона. Для точки ТЕ2 осадками мая объясняется 7% погодичной изменчивости прироста ( $R=0,259$ ;  $F=2,81$ ;  $p<0,12$ ).

Связь прироста с температурой на точке ТЕ1 проявилась не так сильно: коэффициент корреляции с остаточной хронологией имеет значение  $-0,33$  при  $p<0,05$ . Температурой июля объясняется только 5% погодичной изменчивости прироста ( $R=0,23$ ;  $F=4,47$ ;  $p<0,04$ ). Вероятно, повышение температуры в середине периода вегетации несколько уменьшает влагосодержание за счет испарения и замедляет прирост. Коэффициент корреляции индексов прироста с осадками августа прошлого года равен  $0,46$  при уровне достоверности  $p<0,05$  для остаточной хронологии. Осадками августа прошлого года объясняется 20% ( $R=0,451$ ;  $F=9,68$ ;  $p<0,036$ ) погодичной изменчивости прироста. Наблюдается также влияние атмосферного давления на прирост древесины для мая и июня: для остаточной хронологии эти показатели равны для обоих месяцев  $r=-0,49$ ,  $p<0,05$ . Также наблюдается отрицательная связь прироста ширины годичных колец и продолжительности солнечного сияния в мае ( $r=-0,46$ ,  $p<0,05$ ).

Для точек, расположенных в горно-таежном поясе на границе Хакасии и Кемеровской области, показано, что на данных площадях индексы прироста зависят от температуры и осадков.

Связь величины прироста с температурой проявилась в остаточной хронологии на точке ТХ1. Коэффициент корреляции индексов прироста с температурой июля равен  $0,29$  при  $p<0,05$ . Температурой объясняется до 8% ( $R=0,28$ ;  $F=5,27$ ;  $p<0,025$ ) погодичной изменчивости прироста. При достаточной увлажненности повышение температуры в середине периода вегетации способствует увеличению прироста. Подобное влияние температуры на прирост пихты было показано для другого региона. Осадки января также влияют на прирост годичных колец: коэффициент корреляции с остаточной хронологией имеет значение  $-0,40$  при  $p<0,05$ . Отрицательный коэффициент корреляции может быть связан, как и на точке БТ4, с образованием устойчивого снежного покрова, когда дополнительные осадки могут уплотнять его, замедляя процесс таяния снега перед началом вегетационного сезона и тем самым задерживая рост. Осадками января объясняется до 16% ( $R=0,40$ ;  $F=7,80$ ;  $p<0,008$ ) погодичной изменчивости прироста. Проявилась связь величины прироста с давлением января ( $r=0,34$ ,  $p<0,05$ ). Но здесь может проявиться косвенное влияние климатического параметра, так как анализ метеоданных позволил выявить в январе сильную отрицательную связь давления и осадков ( $r=-0,77$ ,  $p<0,05$ ). Регрессионный анализ также не выявил сильного влияния этого параметра на прирост ( $R=0,22$ ;  $F=2,17$ ;  $p<0,148$ ). Была показана отрицательная связь продолжительности солнечного сияния с величиной прироста в августе. Этот параметр определяет до 13% погодичной изменчивости прироста ( $R=0,36$ ;  $F=6,41$ ;  $p<0,015$ ).

Деревья на точке ТХ2 проявляют наибольшую чувствительность к температуре мая ( $r=0,25$ ,  $p<0,05$ ) и осадкам марта ( $r=0,37$ ,  $p<0,05$ ).

Таким образом в ходе исследования были определены основные климатические факторы, лимитирующие прирост древесины в каждом исследуемом регионе. Было установлено, что деревья вида *Abiessibirica* Ledeb. чувствительны к широкому набору климатических параметров, что характеризует их как перспективный объект для дендроиндикации.