На правах рукописи

УДК 547:630*181.22

Гурская Марина Анатольевна

МОРОЗОБОЙНЫЕ ПОВРЕЖДЕНИЯ КСИЛЕМЫ ХВОЙНЫХ ДЕРЕВЬЕВ В ЛЕСОТУНДРЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ И ПОЛЯРНОГО УРАЛА

03.00.16 – экология

Автореферат диссертации на соискание ученой степени

кандидата биологических наук

Екатеринбург

2002

Работа выполнена в Институте экологии растений и животных Уральского отделения Российской Академии Наук

Научный руководитель - доктор биологических наук, профессор Шиятов С.Г.

Официальные оппоненты: доктор биологических наук, профессор Чиндяев А.С.

кандидат биологических наук Кучеров С.Е.

Ведущая организация - Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН

Защита состоится «4» июня 2002 г. в 13 часов на заседании диссертационного совета Д 004.005.01. в Институте экологии растений и животных УрО РАН по адресу 620144 г. Екатеринбург, ул. 8 марта, 202.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института экологии растений и животных УрО РАН

Автореферат разослан «30» апреля 2002 г.

Ученый секретарь диссертационного совета, кандидат биологических наук Нифонтова М.Г.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В последнее время проблема глобальных и региональных климатических изменений и их воздействие на организмы, популяции и экосистемы приобрели особую актуальность в связи с ожидаемым потеплением климата. Изучение климатических изменений и частоты климатических экстремумов и аномалий в прошлом в настоящее время проводится в рамках большого числа международных и национальных исследовательских программ (PAGES, Государственная научно-техническая программа «Глобальные изменения природной среды и климата», «Арктика»).

Одним из наиболее перспективных методов изучения изменений климата, динамики отдельных климатических факторов и частоты климатических экстремумов в прошлом является дендрохронологический метод (Fritts, 1976; Шиятов, 1986; Ваганов, Шиятов, Мазепа, 1996; Schweingruber, 1996). Актуальным становится изучение анатомической структуры годичного кольца и ее изменений под воздействием различных климатических и неклиматических факторов, а также использование выявленных связей для реконструкций тех или иных явлений, нарушающих анатомическое строение ксилемы деревьев. Морозобойные повреждения представляют собой искаженную заморозком ксилемную ткань, поэтому они являются уникальным источником информации о заморозках в прошлом.

Целью работы являлось изучение и датировка морозобойных повреждений в ксилеме ствола и корней хвойных деревьев, произрастающих в лесотундровых экосистемах Полярного Урала и Западной Сибири. В соответствии с целью работы были поставлены следующие **задачи**:

1) изучить анатомические особенности морозобойных повреждений ксилемы у ели сибирской и лиственницы сибирской; 2) разработать классификацию морозобойных повреждений ксилемы в зависимости от интенсивности повреждения и положения поврежденной зоны в пределах годичного кольца; 3) изучить распределение морозобойных колец по высоте, радиусу и окружности ствола, а также в основании крупных корней. Выявить верхние пороговые значения морфометрических характеристик деревьев (толщины коры, высоты и диаметра ствола), ниже уровня которых происходит массовое образование морозобойных повреждений ксилемы; 4) определить диапазон и длительность воздействия отрицательных температур воздуха, при которых происходит формирование морозобойных повреждений ксилемы различной интенсивности. Произвести сравнительную оценку этих воздействий на разных фазах сезонного роста и развития деревьев; 5) произвести датировку и реконструкцию интенсивности заморозков в районах исследований за последние 140-160 лет и дать анализ частоты их повторяемости на разных фазах климатического цикла.

Основные положения, выносимые на защиту. 1) В результате воздействия отрицательных температур в течение периода вегетации в годичном кольце древесных растений формируются один-два слоя поврежденных клеток и тканей; 2) распределение морозобойных колец в стволе и корнях деревьев (по высоте, радиусу и окружности) определяется размерами и возрастом деревьев, толщиной коры, условиями местообитания и спецификой приземной инверсии температуры воздуха; 3) относительная роль отдельных температурных параметров, влияющих на возникновение морозобойных повреждений, различна на разных фазах сезонного роста и развития деревьев; 4) годичные кольца, содержащие морозобойные повреждения, являются наиболее надежным косвенным индикатором подобных

катастрофических событий в прошлом. На основе анализа морозобойного повреждения ксилемы можно проводить реконструкцию места, времени и интенсивности заморозка.

Научная новизна. Впервые для условий Субарктики у двух видов хвойных деревьев (*Picea obovata* Ldb. и *Larix sibirica* Ldb.), произрастающих в горных и равнинных районах, изучено распределение морозобойных повреждений ксилемы в различных частях ствола и корнях. У ели сибирской выявлена более частая встречаемость одиночных и двойных морозобойных повреждений ксилемы в пределах годичного кольца по сравнению с лиственницей сибирской. Разработана классификация морозобойных повреждений ксилемы для хвойных видов деревьев в зависимости от интенсивности повреждения клеточных и тканевых структур и положения поврежденной зоны в пределах годичного слоя прироста. Показано, что морозобойные повреждения ксилемы наиболее часто встречаются у деревьев, которые произрастают одиночно или в редколесьях и на пониженных элементах рельефа. На верхней границе распространения редколесий, которая обычно проходит по средним частям горных склонов, такие повреждения встречаются редко в связи со стоком холодных воздушных масс в понижения рельефа. Морозобойные повреждения ксилемы образуются у деревьев, имеющих определенные морфометрические и возрастные характеристики и при понижении температуры приземного слоя воздуха до отрицательных значений. Впервые для этих районов по хвойным видам деревьев выявлены годы с заморозками, и произведена реконструкция времени наступления и интенсивности каждого заморозка за последние 140-160 лет.

Практическая значимость работы. 1) Разработана методика по отбору местообитаний, сбору образцов древесины и выявлению морозобойных повреждений у хвойных деревьев; 2) поскольку каждое морозобойное кольцо специфично по своей

структуре и указывает на катастрофическое событие, которое произошло в прошлом в определенное время, то оно может быть использовано для уточнения абсолютных и относительных датировок древесно-кольцевых хронологий; 3) реконструированные данные о времени и интенсивности заморозков представляют интерес для специалистов, занимающихся изучением динамики природных условий и экосистем, а также историей хозяйственной деятельности человека в условиях Крайнего Севера; 4) материалы диссертационный работы могут быть использованы при чтении лекций студентам и аспирантам по экологии и анатомии растений, дендрологии, дендрохронологии.

Апробация результатов и публикации по теме диссертации. По теме диссертации опубликовано: 1 статья, 2 кратких сообщения и 7 тезисов. Результаты исследований выносились на обсуждение на 4-х молодежных конференциях: «Развитие идей академика С.С. Шварца в современной экологии» (Екатеринбург, 1999), «Биосфера и человечество» (Екатеринбург, 2000), «Современные проблемы популяционной, исторической и прикладной экологии» (Екатеринбург, 2001), «Биота горных территорий: история и современное состояние» (Екатеринбург, 2002), а также на Международном симпозиуме «Строение, свойства и качество древесины - 2000», (Петрозаводск, 2000) и на Международной конференции «Tree Rings and People» (Давос, Швейцария, 2001). Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ № 97-05-64400, № 01-05-65218 № 02-05-06418 и гранта Уральского отделения РАН по итогам конкурса молодых ученых и аспирантов на лучшую работу в области биологии.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, восьми глав, заключения, списка литературы и приложения; изложена на 265 страницах машинописного текста, содержит 12 таблиц, и 35 рисунков и приложение на

37 страницах. Библиография представлена 186 работами, в числе которых 89 на иностранном языке.

Содержание работы.

Глава 1. Патологические структуры в древесине хвойных деревьев (обзор литературы). В главе рассмотрен общий план нормального анатомического строения вторичной ксилемы хвойных деревьев на примере ели сибирской и лиственницы сибирской и описаны различные патологические структуры, образующиеся в ксилеме ствола деревьев в течение года под влиянием низких температур. В ксилеме деревьев встречаются следующие типы патологических структур: морозобойные повреждения (Glerum, Farrar, 1966), светлые (Filion et al. 1986) и ложные кольца, изменения плотности древесины (Kaennel, Sweingruber, 1995), внутренняя заболонь, продольные морозобойные трещины, морозобойный рак (Вакин, 1980). Наиболее важными индикаторами заморозков являются морозобойные повреждения ксилемы. На основе морозобойных повреждений можно датировать заморозки с бóльшим, чем сезон, разрешением.

Отмечается, что частота повторяемости морозобойных повреждений ксилемы у хвойных деревьев, произрастающих в лесотундровой зоне, изучена слабо. Отсутствует классификация морозобойных повреждений у хвойных деревьев. Не изучено распределение морозобойных повреждений в пределах годичного слоя прироста, а также по высоте и радиусу ствола и по окружности годичного кольца. Отсутствуют данные о верхних пороговых значениях температуры, приводящих к образованию повреждений ксилемы в естественных условиях.

Глава 2. Природные условия районов исследования. Исследования проводились на территории Ямало-Ненецкого автономного округа Тюменской области в двух соседних районах: горном (Полярный Урал) и равнинном (Приобская

лесотундра), расположенных на широте Полярного круга. Приведены краткие сведения по геологии, рельефу, климату и растительности районов исследования: левобережье р. Оби (Обско-Тазовская лесотундра) и восточный макросклон Полярного Урала (Центрально-Полярноуральская область).

Глава 3. Объекты, методы исследования и объем выполненной работы. Объектом исследования являлись образцы древесины ели сибирской и лиственницы сибирской, собранные на 5 временных пробных площадях (ПП): ПП1 и ПП2 заложены в равнинном районе (30-90 м над ур.м.), ПП3 - в горной долине р. Соби (90 м над ур.м.), и ПП4 и ПП5 - на верхней границе леса (250 м над ур.м.). Все выбранные ПП представляют собой типичные участки лесотундровых лиственничных и лиственнично-еловых редколесий, произрастающих на хорошо дренированных местообитаниях. На каждой ПП отбирались отдельно стоящие здоровые деревья, имеющие разный диаметр ствола, высоту и возраст. Образцы (поперечные спилы или по четыре керна по взаимно перпендикулярным направлениям) были взяты на высоте 0.2, 1.0 м, а у некоторых деревьев по всей высоте ствола через 1.0 м. В основании 1-2 крупных корней были взяты поперечные спилы. Всего было собрано 436 модельных деревьев лиственницы и 393 дерева ели.

Таблица.

Количество изученных деревьев на пробных площадях. (Лц–лиственница, Е-ель).

	ПП1		ПП2	П3		ПП4		ПП5	
Вид дерева	Лц	Е	Лц	Лц	Е	Лц	Е	Лц	Е
Количество деревьев, шт.	114	118	112	100	100	100	75	10	10

Морозобойные повреждения ксилемы в годичных кольцах выявлялись глазомерно с помощью микроскопа МБС-10 и на микрофотографиях (увеличение х40-100). На спилах они изучались по всей окружности годичного кольца. Каждое кольцо,

содержащее морозобойное повреждение, абсолютно датировалось при помощи метода перекрестной датировки. При этом фиксировалось относительное положение поврежденных и измененных слоев ксилемы в пределах следующих пяти зон годичного кольца: *рд0* – начало ранней древесины, *рд1* – первая половина ранней, *рд2* – вторая половина ранней, *пд1* – первая половина поздней и *пд2* – вторая половина поздней древесины. У всех образцов древесины была измерена ширина годичного кольца (по максимальному и среднему радиусу на спилах и у всех кернов) с точностью 0.01 мм. Диаметр ствола был измерен без учета толщины коры. Толщина коры была измерена отдельно у образцов, которые содержали от 2 и более годичных колец. Анализ температурных условий, влияющих на образование морозобойных повреждений, производился на основе данных метеостанций Салехард и Ра-Из (наблюдения ведутся соответственно с 1883 до настоящего времени и с 1939 по 1997 гг.). При этом использовались средние месячные и суточные температуры, а также минимальная и максимальная суточная температура на высоте 2 м и их амплитуда за период с мая по август. За сроки начала и окончания вегетационного сезона была принята дата устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха соответственно выше и ниже 5°С. Для обработки материалов использовался пакет программ STATISTICA 6.0.

Глава 4. Классификация морозобойных повреждений. В основу классификации было положено описание морозобойных повреждений, предложенное C. Glerum и J.L. Farrar (1966). Все выявленные морозобойные повреждения в зависимости от степени повреждения клеток и тканей были разделены по степени их интенсивности: сильные, средние, слабые (Гурская, 1999в). Сильное морозобойное повреждение имеет следующие четыре зоны в пределах годичного кольца по

направлению от внутренней к внешней границе кольца (рис. 1А.): зона смятых трахеид, зона погибших клеток, зона искривленных лучей, зона паренхимных клеток и разросшихся трахеид. Морозобойное повреждение средней интенсивности имеет лишь зону восстанавливающихся трахеид с паренхимными клетками и зону искривленных лучей. Морозобойные повреждения средней степени могут содержать

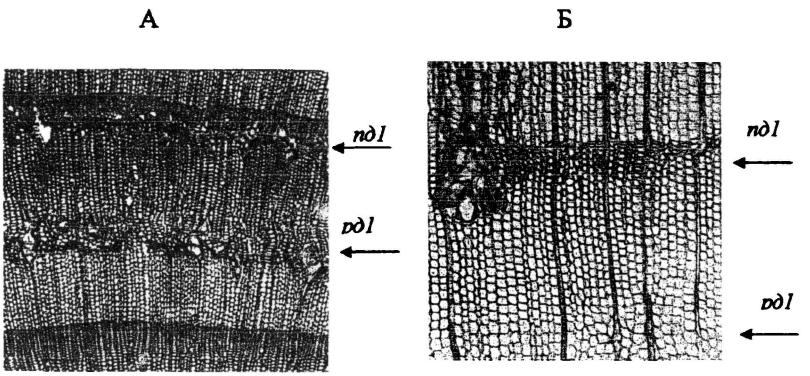

Рис.1. Степени морозобойных повреждений. А –сильные в *рд1* и *пд1* (1913 г.), Б – слабое в *рд1* и среднее в *пд1* (1958 г.)

патологические смоляные ходы в зоне восстанавливающихся трахеид. Слабое морозобойное повреждение содержит лишь зону искривленных сердцевинных лучей (рис. 1Б.).

В древесине корней нами были выявлены сходные морозобойные повреждения, но лишь слабой и средней интенсивности.

Глава 5. Распределение морозобойных повреждений ксилемы в годичном слое прироста, в стволе и корнях деревьев.

5.1. Распределение морозобойных повреждений в годичном слое прироста. Морозобойные повреждения, образующиеся в самом начале камбиальной активности, находятся в зоне *рд0* годичного кольца. У некоторых деревьев это повреждение образуется в зоне *рд1* в связи с более ранним началом камбиальной активности. В

некоторые годы повреждение в зоне *рд0* образуется в результате того, что заморозок был в самом конце периода деления и растяжения клеток предыдущего года и нормальная клеточная структура не успела восстановиться.

Наибольшее количество морозобойных повреждений различной интенсивности образуется в зоне *рд1* и *пд2* у обоих видов. Наиболее распространенными являются повреждения средней и сильной интенсивности. В зоне *рд0* сильные морозобойные повреждения не обнаружены у обоих видов деревьев.

Самыми распространенными у ели сибирской и лиственницы сибирской являются повреждения ксилемы, простирающиеся по всей длине окружности кольца. Морозобойные повреждения ксилемы, занимающие от 50 до 90% длины окружности кольца, обычно образуются в креневой древесине. Наиболее короткие повреждения (до 50% длины окружности) образуются в зонах с высокой локальной камбиальной активностью, в частности, в раневой древесине, образующейся вокруг механических повреждений и сучков.

Кроме одиночных повреждений ксилемы, в годичных кольцах были выявлены двойные морозобойные повреждения. Они располагаются в различных зонах слоя прироста. Чаще всего одно повреждение располагается в ранней, а второе в поздней древесине (Гурская, 2001а). Одно из двойных повреждений ксилемы обычно занимает всю окружность годичного кольца, тогда как второе часто располагается в зоне повышенной камбиальной активности (Гурская, Шиятов, 2002).

5.2. Распределение морозобойных повреждений в стволе и корнях деревьев.

У ели 95% морозобойных повреждений образуются в первых 20 слоях прироста, у лиственницы – в первых 10 кольцах. В сердцевинном кольце морозобойные повреждения любой степени образуются гораздо реже, чем в последующих пяти слоях прироста (Гурская, 2001а). Количество морозобойных

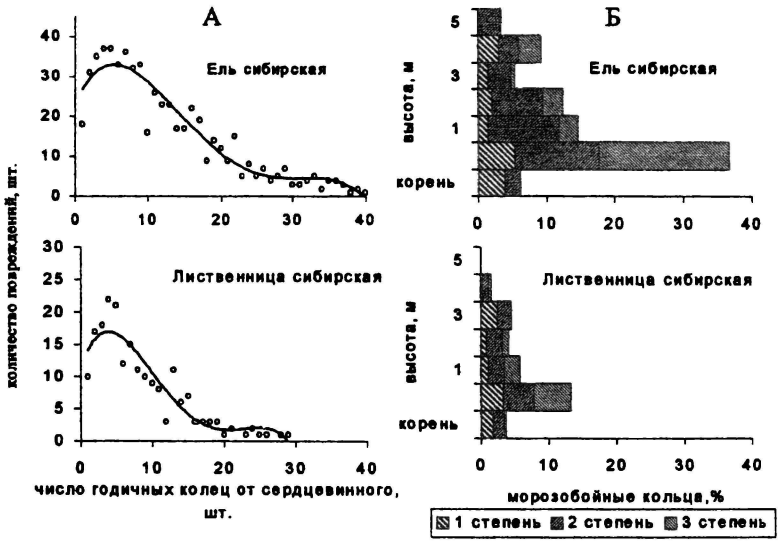

Рис. 2. Распределение морозобойных повреждений в древесине ствола и корней. А - в зависимости от числа колец. Б – по высоте ствола.

повреждений снижается с увеличением числа годичных колец, независимо от степени повреждения, положения повреждения в кольце и вида дерева (рис. 2А.). Уменьшение общего числа морозобойных повреждений в сердцевинном кольце у обоих видов связано с тем, что при сильном повреждении заморозком апикальные меристемы погибают и побеги усыхают. Эта особенность роста деревьев на северном пределе распространения приводит к тому, что чаще всего морозобойные повреждения выявляются во втором-пятом от центра годичном кольце.

Выявлено, что в стволах ели образование морозобойных повреждений разных степеней происходит до высоты 5 м (Гурская, 2000г), при этом сильные повреждения выявлены до высоты 4 м. У лиственницы на высоте 4 м были выявлены морозобойные повреждения слабой и средней степени, а образование повреждений сильной степени прекращается на высоте 3 м (Гурская. 1999а). Больше всего поврежденных колец выявлено на высоте 0.2 м у обоих видов хвойных (рис. 2Б).

Протяженность морозобойного повреждения по стволу в пределах одного слоя прироста ограничена 1-2 м.

Морозобойные кольца в основаниях корневых лап у обоих видов выявляются значительно более редко, чем в стволах (рис. 2Б). Повреждения ксилемы корней сосредоточены в наиболее широких частях слоя прироста, их протяженность по окружности кольца не превышает 50%.

Распределение двойных морозобойных повреждений в пределах слоя прироста характеризуется теми же закономерностями, что и распределение одиночных повреждений.

Глава 6. Хронологии морозобойных повреждений. За последние 90 лет в древесине ели, произрастающей в равнинной лесотундре, доля лет, когда в годичных кольцах образуются морозобойные повреждения, составила 0.7; у лиственницы эта доля составила 0.4. На Полярном Урале в долине р. Собь за последние 90 лет частота лет с заморозками составила 0.6, а у лиственницы - 0.2 (Гурская, 2001б; Gurskaya, 2001e). Следовательно, у лиственницы повреждения образуются в два - три раза реже, чем у ели. У деревьев, произрастающих на верхней границе леса, морозобойные повреждения ксилемы образуются очень редко (соответственно, 0.05 у ели и 0.03 у лиственницы).

Наиболее высоко (на высоте 3-6 м) в древесине ствола ели, произрастающей в Приобской лесотундре, морозобойные повреждения были найдены в ранней древесине у колец, образовавшихся в 1930, 1945, 1946, 1950 и 1977 гг. и в поздней древесине у колец, образовавшихся в 1917, 1918, 1925, 1941, 1969 и 1970 гг. В долине р. Собь повреждения у ели наиболее высоко располагались в кольцах 1946 и 1996 гг. У некоторых деревьев в 1872, 1882, 1886, 1918, 1925, 1945, 1958 и 1977 гг. морозобойные повреждения были выявлены на двух смежных высотах в одном

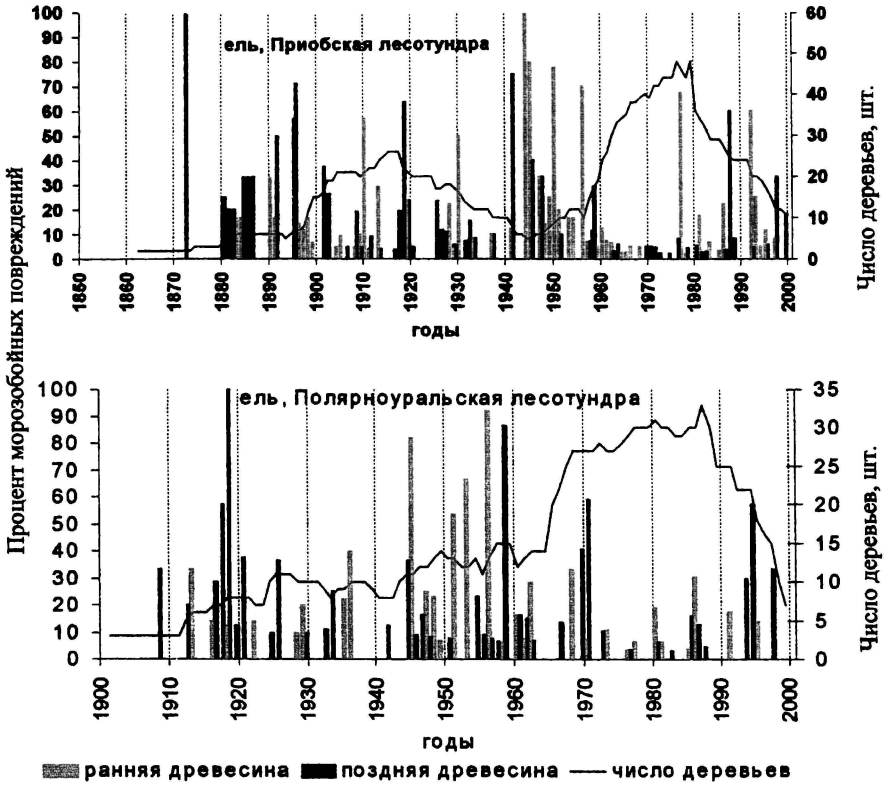

Рис. 3. Хронологии морозобойных повреждений у ели на высоте 0.2 м в Приобской и Полярноуральской лесотундре

и том же слое прироста, (Гурская, 1999а; Гурская, 2000в).

Глава 7. Факторы, влияющие на образование морозобойных повреждений в древесине хвойных. В природных условиях на образование повреждений ксилемы влияют различного вида заморозки. Адвективные заморозки связаны с вторжением холодных масс воздуха. Радиационные заморозки связаны с ночным охлаждением поверхности почвы или растительного покрова при ясном безоблачном небе и безветренной погоде. В большинстве случаев наблюдаются смешанные адвективно-

радиационные заморозки, когда после адвекции холодного воздуха происходит радиационное выхолаживание приземных слоев воздуха.

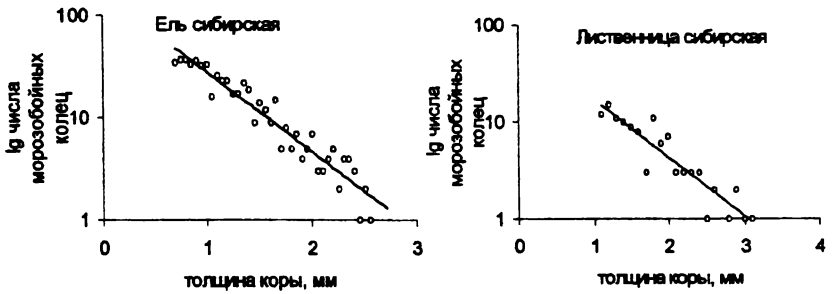

Рис. 4. Изменение количества морозобойных колец с увеличением толщины коры.

Кора предохраняет делящиеся и растягивающиеся клетки от повреждения низкой температурой у обоих видов хвойных. Кора толщиной более 3 мм является хорошим теплоизолятором, и как следствие этого морозобойные повреждения не образуются у деревьев с более толстой корой (рис.4).

Такая же связь обнаружена между диаметром ствола и образованием повреждений. Более толстый ствол охлаждается значительно медленнее, по сравнению со стволами диаметром до 5 см у ели и до 4 см у лиственницы. У таких тонких стволов происходит повреждение ксилемы заморозками (рис.5.).

Большое количество повреждений на высоте 0.2 м по сравнению с другими высотами связано с радиационным выхолаживанием поверхности ствола и почвы. На менее частое образование морозобойных повреждений в корнях влияют уменьшение амплитуды температуры в древесине корня, за счет того, что температура корней несколько выше температуры почвы (Тихомиров, Шамурин, Штепа 1960) и защищенность корней мохово-лишайниковым покровом и слоем почвы, уменьшающих амплитуду температуры почвы вокруг корней.

Влияние температуры на образование повреждений на высоте 0,2 м изучено на примере ели, т.к. данные, полученные по морозобойным повреждениям лиственницы,

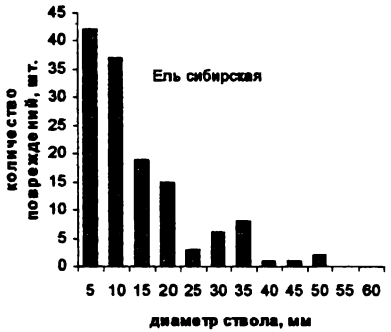

Рис.5. Изменение количества морозобойных повреждений в зависимости от диаметра ствола (без коры).

менее надежны, из-за небольшого сравнительно количества лет с морозобойными кольцами за период инструментальных метеорологических наблюдений.

За период инструментальных наблюдений повреждения в годичных кольцах в зоне *рд0* образовались в 1883, 1884, 1896, 1909, 1910, 1920, 1928, 1929, 1930, 1937, 1941, 1944, 1945, 1947, 1950, 1953, 1954, 1956, 1959, 1960, 1964, 1968, 1970, 1977, 1985, 1988, 1992, 1994, 1995 и 1997 гг. Заморозки, приводящие к образованию морозобойных повреждений у ели в самом начале вегетационного сезона (в зоне *рд0*), характеризуются следующими условиями: 1) необычно ранним началом периода роста (период деления камбиальных клеток наступает на 7-15 дней раньше) по сравнению со средними многолетними наблюдениями; 2) длительным похолоданием (до 4-10 дней); 3) понижением минимальной температуры на высоте 2 м ниже +2°С. Иногда наблюдается отрицательная минимальная температура на высоте метеобудки; 4) понижением максимальной дневной температуры с +12-20°С до +5 - +11°С.

В зоне *рд1* повреждения колец образовались в 1890, 1891, 1895, 1897, 1898, 1899, 1904, 1905, 1910, 1911, 1913, 1928, 1930, 1932, 1944, 1945, 1947, 1948, 1949, 1950, 1951, 1954, 1956, 1957, 1958, 1960, 1962, 1965, 1966, 1968, 1977, 1978, 1981, 1983, 1986, 1992 и 1993 гг. Образование морозобойных повреждений происходит в первой половине вегетационного периода (с 15 июня по 5 июля) и характеризуется следующими параметрами заморозков: 1) похолоданием в течение 1-3 дней; 2) понижением минимальной температуры до 0 - +3°С; 3) снижением максимальной температуры с +12-20°С до +8 - +12°С.

В годичных кольцах в зоне *рд2* повреждения образовались в 1886, 1893, 1895, 1898, 1912, 1919, 1896, 1945, 1947, 1949, 1958, 1964, 1966, 1968, 1976, 1977, 1981, 1982, 1992 и 1997 гг. Повреждения, выявленные в этой зоне, образуются в течение первых двух декад июля. Заморозок длится от 2 до 5 дней, а минимальная температура на высоте 2 м всегда положительна и снижается до 0.4 - 5.3°С.

В зоне поздней древесины повреждения образовались в 1884, 1885, 1886, 1891, 1895, 1901, 1902, 1906, 1908, 1909, 1911, 1913, 1916, 1917, 1918, 1919, 1920, 1925, 1926, 1927, 1929, 1931, 1932, 1933, 1937, 1941, 1945, 1947, 1951, 1957, 1958, 1962, 1963, 1969, 1970, 1971, 1972, 1974, 1976, 1978, 1980, 1981, 1982, 1986, 1987, 1988, 1992, 1995, 1997 и 1999 гг. Образование морозобойных повреждений независимо от их степени выраженности и положения в пределах поздней древесины происходит во второй половине июля и характеризуется следующими условиями второй половины периода роста: 1) длительным похолоданием в течение 2-5 дней; 2) понижением минимальной температуры воздуха на высоте 2 м до +1.4 - +5.0°С; 3) понижением максимальной температуры с +15-25°С до + 9 - +17°С. Т.о., положение морозобойного повреждения в ранней древесине в основном зависит от сро

наступления заморозка. При образовании повреждений в поздней древесине достоверных различий в сроках наступления заморозка нет (рис. 6А). Наиболее длительные заморозки наблюдаются в начале вегетационного периода (рис. 6Б). Минимальная температура во время поздних весенних заморозков существенно ниже, чем температура в течение летних заморозков (рис. 6В). Т.е., роль радиационного выхолаживания увеличивается во второй половине июля - начале августа в связи с увеличением продолжительности ночного времени (Гурская, 2001в).

Минимальная температура воздуха в годы, когда в ранней древесине образуются повреждения на высоте 2 м и выше, опускается до 0.1±1.1°С, а максимальная температура снижается с +18-20°С до 11±2.7°С. Эти похолодания кратковременны и длятся 1-2 дня.

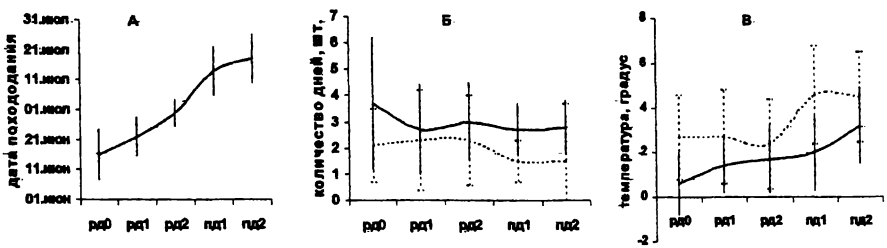

Рис. 6. Изменение основных параметров заморозков в течение вегетационного сезона. Сплошной линией показаны характеристики заморозка, пунктирной – характеристики похолодания, не приводящего к образованию повреждений ксилемы. А – сроки наступления похолодания; Б – продолжительность похолодания; В – изменение минимальной температуры.

Полученные данные позволяют предположить, что образование морозобойных повреждений в ранней древесине на высоте ствола более 2 м происходит под действием адвективных заморозков. Минимальная температура в годы, когда повреждения образуются в поздней древесине на высоте более 2 м составила 3.0±0.4°С. Похолодания в эти годы длились около 3 дней. Такие температурные

характеристики заморозков соответствуют как смешанным адвективно-радиационным так и радиационным заморозкам в течение летнего периода. Формирование двойных морозобойных повреждений происходит при тех же температурных условиях, что и образование одиночных повреждений. Восстановление нормальных материнских клеток ксилемы у ели сибирской после заморозка наступает достаточно быстро (через 7-21 день) (Гурская, Шиятов, 2002).

На повреждение клеток и тканей ранней древесины у большого количества деревьев в соответствующий год влияет минимальная температура, а на повреждение поздней древесины больше влияет длительность заморозка (рис.7).

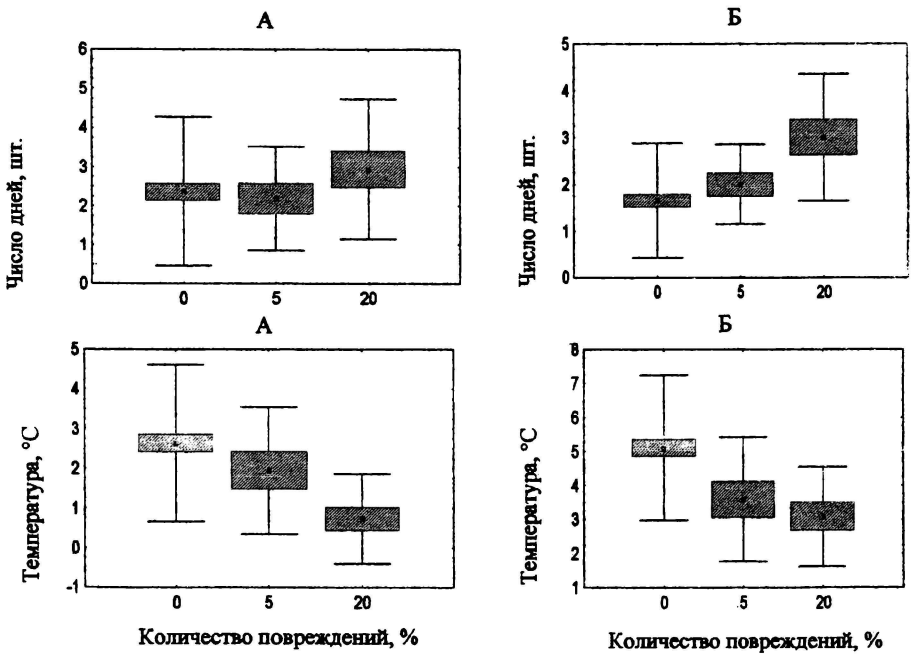

Рис.7. Влияние длительности заморозка (дни) и минимальной температурь воздуха на высоте 2 м на образование морозобойных повреждений в ранней (А) и поздней (Б) древесине. Черная точка – среднее значение, прямоугольник – стандартная ошибка среднего, вертикальные линии – стандартное отклонение.

Анализ имеющихся данных позволяет выделить следующие, наиболее вероятные механизмы образования повреждений в течение периода деления и роста клеток ксилемы у хвойных деревьев. В результате длительного переохлаждения (поздних весенних заморозков в самом начале вегетационного сезона) нарушение формирования трахеид происходит как из-за недостатка воды, поступающей из почвы, так и из-за образования кристаллов льда в межклетных пространствах. Прямое действие низкой температуры во время адвективных или смешанных заморозков вызывает образование кристаллов льда в межклеточном пространстве или даже в самих клетках. (Glerum, Farrar, 1966). Повреждения по этому механизму чаще всего образуются в ранней древесине. Нарушение водного обмена, обусловленное длительным (2-4 дня) похолоданием с 20-25°С до низких положительных температур после продолжительного теплого периода и последующим выхолаживанием деятельной поверхности в ночное время (Stöckli, Schweingruber, 1996) приводит к образованию морозобойных повреждений в поздней древесине.

Глава 8. Реконструкция заморозков на основе морозобойных повреждений.

На основе анализа интенсивности повреждения ксилемы и его положения в годичном кольце, а также доли поврежденных колец, можно реконструировать годы с ранним началом (раньше средних многолетних сроков) вегетационного периода, прерываемого в самом начале сильными заморозками. Такие условия наблюдались в 1880, 1882, 1883 и 1884 гг. Сильные заморозки в июне, зарегистрированные в Приобской и Полярноуральской лесотундре до начала инструментальных наблюдений, были в 1843, 1844, 1845 и 1881 гг. Заморозки в июле в горном и равнинном районах наблюдались в 1843, 1844, 1845, 1852, 1856, 1862 и 1872 гг. Заморозки в июне на Приобском Севере до начала инструментальных наблюдений

нами не выявлены за период с 1840 по 1890 гг., а в июле сильные заморозки были в 1881, 1882, 1884 и 1885 гг. На Полярном Урале в июне сильные заморозки были в 1916, 1929, 1991 и 1995 гг., а слабые - в 1935, 1936, 1970, 1973, 1976 и 1985 гг. Сильные заморозки в июле на Полярном Урале были в 1912, 1932, 1933, 1944, 1946, 1969, 1993 и 1994 гг., а слабые были зарегистрированы в 1960, 1961, 1966, 1985 и 1986 гг. Формирование двойных морозобойных повреждений в годичном кольце приурочено к холодным периодам, которые были в середине и конце XIX века.

Выводы:

1. У ели сибирской и лиственницы сибирской, произрастающих в лесотундровых редколесьях Полярного Урала и Западной Сибири, часто встречаются годичные слои прироста древесины, содержащие один-два слоя патологических клеток и тканей, которые сформировались в результате воздействия такого экстремального климатического события, как заморозок в течение вегетационного периода. Морозобойные кольца встречаются в 2-3 раза чаще у ели, чем у лиственницы, что обусловлено более высокой чувствительностью ели к низким температурам в период вегетации и меньшей толщиной теплоизолирующего слоя (коры).
2. Чаще всего морозобойные кольца формируются у деревьев, произрастающих в условиях равнинной лесотундры и в понижениях рельефа, в частности по днищам горных долин. На верхней границе леса (Полярный Урал), которая проходит по средним частям склонов, морозобойные кольца у деревьев образуются редко в связи со стоком холодных масс воздуха в понижения рельефа в ночное время.
3. На основе изучения анатомических особенностей морозобойных повреждений ксилемы разработана их классификация, основанная на степени повреждения клеток и тканей и положения поврежденного слоя в пределах годичного кольца. По степени повреждения ксилемы выделено три категории (сильная, средняя и слабая), а по

положению в пределах кольца 5 категорий: в самом начале ранней (*рд0*), в первой половине ранней (*рд1*), во второй половине ранней (*рд2*), в первой половине поздней (*пд1*) и во второй половине поздней (*пд2*) древесины.

4. Морозобойные повреждения ксилемы чаще всего встречаются в основании ствола, в частности на высоте 0.2 м, что связано с приземной инверсией температуры воздуха во время радиационного или адвективно-радиационного заморозков, которые преобладают в районе исследований. Наиболее высоко расположенное по стволу морозобойное повреждение обнаружено у ели на высоте 6 м. Высоко расположенные повреждения (2-6 м) образуются в результате вторжения холодных масс воздуха (при адвективных заморозках). Повреждения встречаются лишь у первых 20 колец у ели, и у первых 15 колец у лиственницы. Протяженность повреждений по окружности кольца может быть различной, но чаще всего они занимают всю окружность.

5. Выявлена тесная связь между образованием морозобойных повреждений ксилемы и толщиной коры, а также с диаметром ствола. Кора толщиной более 3 мм хорошо защищает клетки камбия и ксилемы от повреждения заморозками. У деревьев ели диаметром более 5 см и лиственницы более 4 см (без коры) морозобойные кольца практически отсутствуют в связи с увеличением теплоемкости ствола.

6. Образование морозобойных повреждений ксилемы происходит при отрицательных температурах, которые при заморозках обычно наблюдаются в приземном слое воздуха. В это время на высоте метеобудки (2 м) температура воздуха обычно выше 0°С, чаще всего от 0 до +4-5 °С. Длительность поздневесенних заморозков составляет 1-3 дня, а летних 2-5 дней.

7. В некоторые годы формируется два морозобойных повреждения в одном годичном кольце, одно из которых находится в ранней, а второе в поздней древесине.

Такие годы являются наиболее неблагоприятными для вегетации растений, поскольку длительность безморозного периода составляет всего 10-20 дней.

8. На основе выявленных связей между образованием морозобойных повреждений и температурными условиями произведена реконструкция различных параметров заморозков за последние 140-160 лет для Приобской лесотундры и Полярного Урала. На основе анализа положения морозобойных повреждений в пределах кольца и по высоте ствола, а также доли поврежденных деревьев, можно реконструировать следующие климатические параметры заморозков: необычно раннее начало вегетационного периода, прерываемого заморозками; интенсивность и вид заморозка; сроки и длительность похолодания.

Список работ, опубликованных по теме диссертации

1. Гурская М.А. Морозобойные кольца лиственницы сибирской на Приобском севере // Актуальные проблемы биологии. Тез. докл. 4 молод. науч. конф. Сыктывкар, 1999. - Сыктывкар, 1999а. С.51.

2. Гурская М.А. Патологические структуры в древесине у лиственницы сибирской из различных местообитаний на Приобском Севере и Полярном Урале // Стратегия природопользования и сохранения биоразнообразия в XXI веке. Тез. докл. Всероссийской науч. молод. конф., Оренбург, янв. 1999. - Оренбург, 1999б - С.33-34.

3. Гурская М.А. Типы патологических структур в древесине лиственницы сибирской на Приобском Севере // Развитие идей академика С.С. Шварца в современной экологии. Материалы Всероссийской науч. конф., Екатеринбург 31 марта -3 апр., 1999. - Екатеринбург, 1999в - С.47-48.

4. Гурская М.А. Патологические структуры в древесине лиственницы сибирской (Larix sibirica Ldb.) и ели сибирской (Picea obovata Ldb.) из различных местообитаний на Полярном Урале и Приобском Севере // Биосфера и человечество: памяти Н.В. Тимофеева-Ресовского. Материалы молод. науч. конф., Екатеринбург, 24-28 апр. 2000 - Екатеринбург, 2000а. – С.74-78.

5. Гурская М.А. Морозобойные повреждения годичных колец ели сибирской как показатель заморозков на Приобском Севере // Физико-химические горизонты биологии. Тез. докл. молод. школы, Пущино, май 2000.- Пущино, 2000б – С 36.

6. Гурская М.А. Распределение патологических структур в древесине ствола лиственницы сибирской и ели сибирской на Полярном Урале и Приобском Севере // Строение, свойства и качество древесины – 2000. Материалы 3 Международного симпоз., Петрозаводск, 11-14 сент. 2000. – Петрозаводск, 2000в. - С. 43-46.

7. Гурская М.А. Морозобойные повреждения в ранней и поздней древесине хвойных деревьев, произрастающих в Западно-Сибирской лесотундре // Современные проблемы популяционной, исторической и прикладной экологии. Материалы молод. конференции, Екатеринбург, 23-27 апр. 2001. - Екатеринбург, 2001а. – С.57-58.

8. Гурская М.А. Морозобойные кольца в древесине ели сибирской на Приобском севере // Актуальные вопросы экологической физиологии растений в XXI веке. Тезисы докладов международной конференции, Сыктывкар, 1-6 октября 2001 г. - Сыктывкар, (русск., англ.) 2001в. С. 208-209.

9. Gurskaya M.A. Frost rings in coniferous trees of the West-Siberian Subarctic // Tree Rings and People: An International Conference on the Future of Dendrochronology, 22-26 September, Davos, Switzerland 2001г. – P. 90.

10. Гурская М.А., Шиятов, С.Г. Образование двух повреждений в одном морозобойном кольце у ели сибирской в условиях Западно-Сибирской лесотундры // Экология, 2002. № 2. С. 83-90.

Подписано в печать 25.04.2002 Формат 60x84 1/16

Бумага типографская. Печать офсетная. Усл. Печ. Л. 1.0.

Тираж 100 экз. Заказ № 040249

Размножено с готового оригинал-макета в копировальном центре

ООО «Компания КОПИМАРКЕТ»

620026, г. Екатеринбург, ул. Луначарского, 194.