

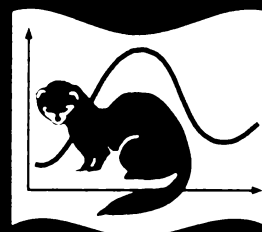
ISSN 0367-0597

Номер 1

Январь – Февраль 2006



ЭКОЛОГИЯ



<http://www.naukaran.ru>
<http://www.maik.ru>



“НАУКА”

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МОРОЗОБОЙНЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ В ДРЕВЕСИНЕ ХВОЙНЫХ ДЕРЕВЬЕВ

© 2006 г. М. А. Гурская, С. Г. Шиятов

Институт экологии растений и животных УрО РАН
620144 Екатеринбург, ул. 8 Марта, 202

Поступила в редакцию 16.05.2005 г.

У ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb.) и лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ledeb.), произрастающих на полярном пределе своего распространения (Обско-Тазовская лесотундра), изучено распределение морозобойных повреждений клеток и тканей в ранней и поздней древесине, а также по высоте, диаметру и окружности ствола и в основании крупных корней. Показано, что для этого района характерна частая повторяемость морозобойных повреждений, притом такие повреждения чаще встречаются у ели, чем у лиственницы. Массовое образование морозобойных повреждений происходит лишь у тонких деревьев и в нижней части ствола. Разработаны рекомендации по сбору образцов древесины при изучении морозобойных повреждений древесины.

Ключевые слова: хвойные деревья, древесные годичные кольца, морозобойные повреждения древесины, заморозки, Обско-Тазовская лесотундра.

В настоящее время большое внимание уделяется изучению влияния экстремальных факторов внешней среды на состав и структуру популяций растений и животных, а также на трансформацию и деградацию естественных и искусственных экосистем. Климатические экстремумы являются одними из наиболее важных и часто встречающихся катастрофических факторов, изучению последствий которых посвящена обширная литература (Будыко, 1974; Борисенков, Пасецкий, 1988; Кренке, Чернавская, 1998; Изменение климата ..., 2003). Поэтому важной задачей считается изучение интенсивности и частоты повторяемости климатических экстремумов за длительные интервалы времени, используя как данные инструментальных наблюдений, так и информацию, содержащуюся в письменных и косвенных источниках.

Одним из наиболее надежных косвенных источников информации о климатических условиях далекого прошлого являются годичные кольца древесных растений. На основе изучения изменчивости годичного прироста, плотности и химического состава древесины проведены многочисленные реконструкции важных климатических параметров за многие сотни и тысячи лет (Ваганов и др., 1996; Vriffa et al., 2002). В последние годы для реконструкции экстремальных климатических событий стали широко использоваться такие патологические структуры древесины, как морозобойное повреждение клеток и тканей (морозобойное кольцо), слабо лигнифицированные клетки поздней древесины (светлое кольцо), слой клеток поздней древесины в пределах ранней дре-

весины (ложное кольцо), отсутствие прироста (выпавшее кольцо). При этом в работах обычно отмечается лишь факт наличия той или другой патологической структуры (Хантемиров и др., 2000; Delwaide et al., 1991; Stöckli, Schweingruber, 1996; Hantemirov et al., 2004). Данные о распределении патологических структур в стволе, в частности морозобойных повреждений, весьма отрывочны. Известно лишь, что у хвойных и лиственных деревьев и кустарников морозобойные кольца встречаются в основном у подростка и молодых деревьев (Нилов, 1979; Glerum, 1975). Лишь в работах М.А. Гурской (2000, 2002) приводятся краткие сведения о распределении патологических структур, в том числе морозобойных повреждений, в древесине ствола у лиственницы сибирской и ели сибирской на Полярном Урале и Приобском Севере. Недостаток знаний о закономерностях распределения патологических структур затрудняет целенаправленный сбор образцов древесины для целей датировки и реконструкции такого широко распространенного катастрофического явления, как заморозки.

В настоящей работе приводятся сведения о распределении морозобойных повреждений в ранней и поздней древесине годичного кольца, а также по высоте, диаметру и окружности ствола и в основании крупных корней у ели сибирской и лиственницы сибирской, произрастающих в Обско-Тазовской лесотундре. Морозобойное кольцо содержит поврежденный заморозком слой ксилемной ткани, состоящий из смятых, деформированных и погибших клеток (Glerum, Fatgar, 1966).

РАЙОН, ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводились на левом берегу р. Оби, на территории равнинной провинции "Обско-Тазовская лесотундра" (Говорухин, 1963). Поверхность территории представляет собой чередование холмов и гряд высотой до 60–125 м над ур. м., сложенных песчано-суглинистыми отложениями. Здесь произрастают кустарниково-мохово-лишайниковые лиственничные, елово-лиственничные и березово-елово-лиственничные леса, редколесья и редины, перемежающиеся с кустарниковыми тундрами и болотами. Климат характеризуется продолжительной и холодной зимой с сильными ветрами, коротким прохладным летом с частыми заморозками (Орлова, 1962). По данным метеостанции Салехард, самым теплым месяцем года является июль (+13.3°C), самым холодным – январь (–24.5°C). Период со средней суточной температурой выше 0°C составляет 132 дня, а выше 5°C – 99 дней. Минимальная продолжительность безморозного периода составляет 30 дней, максимальная – 130. В среднем последний весенний заморозок наступает 10 июня, самая поздняя дата последнего заморозка была зарегистрирована 28 июля. Ранние осенние заморозки в среднем регистрируются 7 сентября, самая ранняя дата их наступления – 15 августа. Хотя среднее годовое количество осадков небольшое (400 мм), потенциально возможное испарение составляет всего 250 мм в год. Это свидетельствует о том, что климат района избыточно влажный.

Морозобойные повреждения древесины у ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb.) и лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ledeb.) изучали на трех участках, находящихся на удалении 3–12 км к северу и западу от г. Лабитнанги (66°40'–66°44' с.ш., 66°20'–66°22' в.д.). Два участка представлены елово-лиственничными редколесьями и рединами, а на третьем произрастает чистое лиственничное редколесье. На этих участках было отобрано по 10 моделей лиственницы и ели, у которых взяты поперечные спилы на разной высоте ствола, начиная с высоты 0.2 м и далее через каждый метр. Брался также спил с основания наиболее крупного корня, на расстоянии 15–20 см от шейки корня. Высота модельных деревьев составляла 6–12 м, диаметр 10–20 см. Толщина коры в нижней части ствола достигала 1–1.5 см у ели и 3 см у лиственницы. На высоте пня (0.2 м) количество годовых колец колебалось от 100 до 130 шт. Кроме того, у 108 елей и 190 лиственниц разного возраста были взяты буровые керны по двум взаимно перпендикулярным направлениям (по четырем радиусам) на высотах 0.2 и 1 м. Эти деревья имели диаметр от 0.5 до 20 см, высота их составляла от 0.5 до 12 м, возраст на высоте пня – от 10 до 160 лет.

Торцевую поверхность на всех спилах и кернах тщательно зачищали острым режущим инструментом для лучшего выявления клеточных структур. Ширину годовых колец измеряли с точностью 0.01 мм, а индивидуальные древесно-кольцевые хронологии были абсолютно датированы при помощи программ TSAP и COFECNA. Определяли также биологический (камбиальный) возраст годовых колец на определенной высоте ствола, при этом сердцевинное кольцо в расчет не принималось. Каждое годовое кольцо было тщательно просмотрено под микроскопом МБС-10 при увеличении $\times 40$. Положение морозобойного повреждения в пределах годового кольца определяли в двух зонах: в ранней и поздней древесине. Всего изучено 11 500 шт. годовых колец у ели сибирской и 24 700 – у лиственницы сибирской.

У ели средняя ширина годовых колец на высоте 0.2 м составила 0.53 ± 0.02 мм, а на высоте 1 м – 0.58 ± 0.03 мм, при этом в центре ствола кольца были более широкими по сравнению с периферийными. У лиственницы средняя ширина годовых колец на высоте 0.2 м составила 0.68 ± 0.04 мм, а на высоте 1 м – 0.65 ± 0.04 мм. У этого вида в центральной части ствола наблюдались более узкие кольца по сравнению с периферийными.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Хронология морозобойных повреждений и их распределение в ранней и поздней древесине. В районе исследований за период 1843–1999 гг. заморозки, которые приводили к образованию морозобойных повреждений клеток и тканей в древесине ели и лиственницы, случались очень часто, в среднем через каждые 1–2 года (см. таблицу). В отдельные периоды (1880–1886, 1895–1899, 1904–1911, 1923–1933, 1944–1951, 1953–1972, 1976–1983, 1990–1995 гг.) заморозки повторялись ежегодно. Отсутствие в таблице сведений о морозобойных повреждениях у ели за 1843–1871 гг. связано с тем, что возраст модельных деревьев ели был моложе деревьев лиственницы на 29 лет. За последние 158 лет выявлено 109 лет, когда происходило возникновение морозобойных повреждений в древесине. Наиболее часто такие повреждения встречаются у ели (86 лет из 129), чем у лиственницы (66 лет из 158), так как ель является менее морозостойким видом и у нее значительно более тонкая кора (рис. 1). В большинстве случаев морозобойные повреждения у лиственницы образовывались в те же годы, что и у ели. Однако в кольцах за 1923, 1924, 1946, 1955, 1967, 1990 и 1991 гг. такие повреждения были обнаружены только у лиственницы. По нашему мнению, это связано с пространственной неоднородностью возникновения заморозков и, возможно, различиями в длительности периода камбиальной активности у изученных видов (у лиственницы деятель-

Годы образования морозобойных повреждений (+) в ранней (РД) и поздней (ПД) древесине у ели сибирской и лиственницы сибирской с 1843 по 1999 гг.

Год	Ель		Лиственница		Год	Ель		Лиственница	
	РД	ПД	РД	ПД		РД	ПД	РД	ПД
1843			+	+	1932	+	+		+
1844			+	+	1933		+		
1845			+	+	1937		+	+	
1847			+		1938	+		+	
1849				+	1940			+	
1852				+	1941	+	+	+	+
1854			+		1944	+			+
1856				+	1945	+	+	+	+
1857				+	1946			+	+
1858				+	1947	+	+	+	
1862			+	+	1948	+			+
1866				+	1949	+		+	
1867				+	1950	+		+	
1868			+		1951	+	+	+	
1870				+	1953	+		+	
1872		+		+	1954	+		+	
1880	+	+			1955			+	
1881	+	+			1956	+		+	
1882	+	+		+	1957	+	+	+	
1883	+				1958	+	+	+	
1884	+	+			1959	+			
1885		+			1960	+		+	
1886		+		+	1961	+			+
1890	+				1962	+	+		
1891	+	+			1963	+	+	+	+
1993	+	+			1964	+		+	
1895	+	+			1965	+			
1896	+				1966	+		+	
1897	+				1967			+	
1898	+				1968	+			
1899	+				1969		+	+	
1901		+			1970	+	+		
1902		+			1971		+		+
1904	+				1972		+		
1905	+				1974		+		
1906		+			1976		+	+	
1908	+	+			1977	+		+	
1909	+	+			1978	+	+		+
1910	+				1980		+		+
1911	+	+			1981	+	+	+	
1913	+	+	+		1982		+	+	
1916		+			1983	+		+	
1917		+			1985	+		+	
1918	+	+	+		1986	+	+	+	
1919		+			1987		+	+	+
1920	+	+			1988	+	+	+	+
1923			+	+	1990			+	
1924				+	1991			+	+
1925		+		+	1992	+	+	+	+
1926	+	+		+	1993	+			
1927		+			1994	+			
1928	+				1995	+	+		
1929	+	+			1997	+	+		
1930	+		+	+	1999		+		
1931		+							



Рис. 1. Изменение толщины коры у ели сибирской (1) и лиственницы сибирской (2) в первые 30 лет на высоте ствола 0.2 м.



Рис. 2. Распределение морозобойных повреждений древесины ели сибирской (а) и лиственницы сибирской (б) в зависимости от диаметра ствола без коры на высоте ствола 0.2 м.

ность камбия начинается раньше и заканчивается позже). В силу этих и ряда других причин один и тот же заморозок не приводит к образованию морозобойного повреждения у всех деревьев, произрастающих на том или другом участке. При сильном заморозке максимальное количество поврежденных деревьев достигает 80%. Мы считаем, что массовым можно считать такое повреждение, когда количество поврежденных деревьев превышает 20%.

Как у ели, так и у лиственницы морозобойные повреждения чаще всего встречаются в ранней древесине: у ели в ранней древесине – в течение 63 лет, в поздней древесине – 55 лет, у лиственницы – 45 и 35 лет соответственно (см. таблицу). Это свидетельствует о том, что в этом районе поздние весенние и ранние летние заморозки случаются чаще, чем поздние летние и ранние осенние. Морозобойные повреждения одновременно в ранней и поздней древесине годовичного кольца были выявлены у ели в течение 31 года, у лиственницы – в течение 13 лет, а совместно у ели и лиственницы – в течение 4 лет (1941, 1945, 1963 и 1988 гг.). Один и тот же заморозок у одного дерева может вы-

звать повреждение в ранней древесине, а у другого дерева – в поздней. Это зависит от степени сформированности годовичного кольца и устойчивости к низким температурам отдельных деревьев. У ели в некоторые годы (1881, 1882, 1884, 1891, 1893, 1895, 1896, 1913, 1917, 1918 и 1945 гг.) в одном годовичном кольце было обнаружено по два морозобойных повреждения. Видимо, в эти годы наблюдалось по два заморозка в течение вегетационного периода (Гурская, Шиятов, 2002). В такие годы длительность безморозного периода сильно сокращается (до 2–3 недель).

Распределение морозобойных повреждений в радиальном направлении. На рис. 2 приведено распределение морозобойных повреждений древесины у 118 елей и 200 лиственниц на высоте 0.2 м в зависимости от диаметра ствола без коры. Основное количество таких повреждений сосредоточено в центральной части ствола, когда его диаметр не превышает 2.0–2.5 см. По мере увеличения диаметра ствола количество повреждений резко снижается, а при диаметре свыше 5–6 см морозобойные повреждения отсутствовали. Наши данные хорошо согласуются с литературными. По наблюдениям Д. Фейла (Faule, 1981), у сосны красной (*Pinus resinosa* Ait.), произрастающей в Канаде, при диаметре ствола более 8 см морозобойные повреждения образуются редко. У кустарниковой сосны горной (*Pinus mugo* Turta) максимальный диаметр, при котором отмечаются морозобойные кольца, составил около 2.5 см, при этом количество годовичных колец составило около 20 шт. (Stöckli, Schweingruber, 1996).

Сходное распределение морозобойных повреждений показано на рис. 3, где по оси абсцисс отложен биологический возраст годовичных колец на высоте 0.2 м (сердцевинное кольцо не учитывалось). У ели образование морозобойных повреждений закончилось на 40-м кольце, а у лиственницы – на 29-м. Следует отметить, что образование 80% повреждений у ели приходится на первые 30 колец, а у лиственницы – на первые 20. В нашем распоряжении имеется материал о радиальном распределении морозобойных колец у 10 елей и 10 лиственниц на других высотах ствола. У ели последнее повреждение на высоте 1 м выявлено в 47-м кольце, а на других высотах (2, 3, 4, 5, 6 и 7 м) – в кольцах 17-, 7-, 10-, 5-, 11- и 6-летнего возраста соответственно. У лиственницы последнее повреждение на высоте 1 м обнаружено в 28-м кольце, а на других высотах (2, 3, 4 и 5 м) – в кольцах 16-, 26-, 4- и 17-летнего возраста. Эти данные свидетельствуют о том, что на высотах 0.2 и 1 м формирование морозобойных колец заканчивается примерно в одни и те же годы: у ели – в кольцах 40–47-летнего, а у лиственницы – 28–29-летнего возраста. На большей высоте последние морозобойные повреждения зафиксированы в кольцах меньшего возраста (4–26 лет).

Таким образом, морозобойные повреждения у ели и лиственницы выявлены только в тех частях ствола, диаметр которых без коры во время заморозка не превышал 5–6 см, а толщина коры была не более 2.0–2.5 мм. У более толстых деревьев морозобойные повреждения отсутствуют или встречаются редко благодаря теплу, накопленному стволу в дневное время, поэтому положительная температура в камбиальной зоне сохраняется во время ночных заморозков. О том, что эти факторы (масса ствола и толщина коры) оказывают решающее влияние на формирование морозобойных повреждений, свидетельствует анализ таких повреждений у можжевельника сибирского (*Juniperus sibirica* Burgsd.), произрастающего на Полярном Урале. Этот кустарниковый вид достигает высоты 1.5 м, диаметр в основании ветвей до 10–15 см и у него очень тонкая кора (1.0–1.5 мм). Поэтому морозобойные повреждения образуются в течение всей его жизни (максимальный возраст можжевельника составляет 850 лет) (Хантемиров и др., 2000).

Протяженность морозобойных повреждений по окружности ствола. На рис. 4 показано распределение морозобойных повреждений древесины по окружности годичного кольца у 35 деревьев ели и 32 деревьев лиственницы на высоте 0.2 м. Самыми распространенными у обоих видов хвойных являются повреждения ксилемы, занимающие всю длину окружности кольца. Довольно часто встречаются более короткие морозобойные повреждения, занимающие 40–80% длины окружности. Они приурочены к наиболее широкой части эксцентричного кольца, которая обычно содержит кренивую древесину. Морозобойные повреждения такой протяженности возникают потому, что в кренивой половине годичного кольца наблюдается наиболее высокая активность камбия. Повреждения протяженностью 10–30% окружности годичного кольца встречаются редко и приурочены к местам формирования раневой древесины и около сучьев.

Распределение морозобойных повреждений на разной высоте ствола и в основании крупных корней. На рис. 5 показано распределение морозобойных повреждений на разной высоте ствола в первых 30 и 20 кольцах у ели и лиственницы соответственно. Средняя высота изученных деревьев ели составила 6.5 м (от 3 до 11 м), а лиственницы сибирской – 7.5 м (от 6 до 10 м). При этом 6 деревьев ели и 7 деревьев лиственницы были высотой более 7 м. Наибольшее количество морозобойных повреждений у обоих видов выявлено в нижней части ствола, на высоте 0.2 м. Имеющиеся в литературе данные также свидетельствуют о том, что такие повреждения чаще всего образуются на высоте 0.3–0.5 м от поверхности земли (Нилов, Чертовской, 1975; Нилов, 1979; Glejum, 1975; Fayle, 1981).

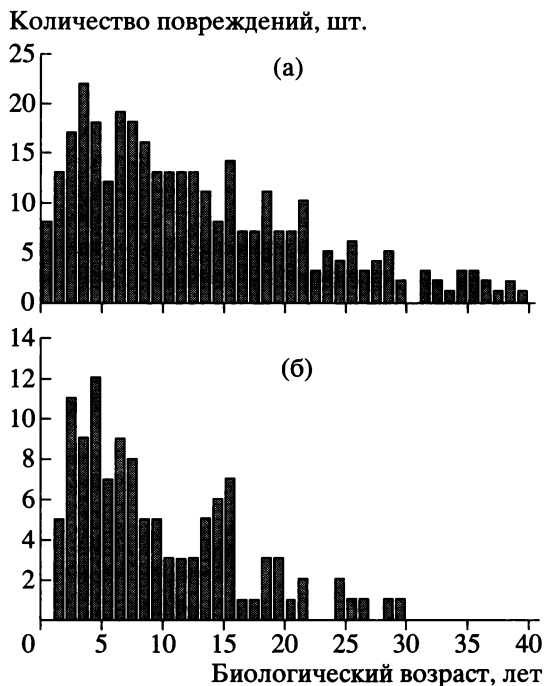


Рис. 3. Распределение морозобойных повреждений древесины в зависимости от биологического возраста годичных колец на высоте ствола 0.2 м у ели сибирской (а) и лиственницы сибирской (б).



Рис. 4. Распределение морозобойных повреждений у ели сибирской (а) и лиственницы сибирской (б) по окружности годичного кольца на высоте ствола 0.2 м.

Довольно высокий процент морозобойных колец наблюдается и на высоте 1 м, особенно у ели. С увеличением высоты над поверхностью земли происходит резкое снижение их доли. У ели самые верхние морозобойные повреждения выявлены на высоте 7 м, а у лиственницы – на высоте 5 м. D.C.F. Fayle (1981) приводит случай обнаружения у сосны красной (Онтарио, Канада) моро-

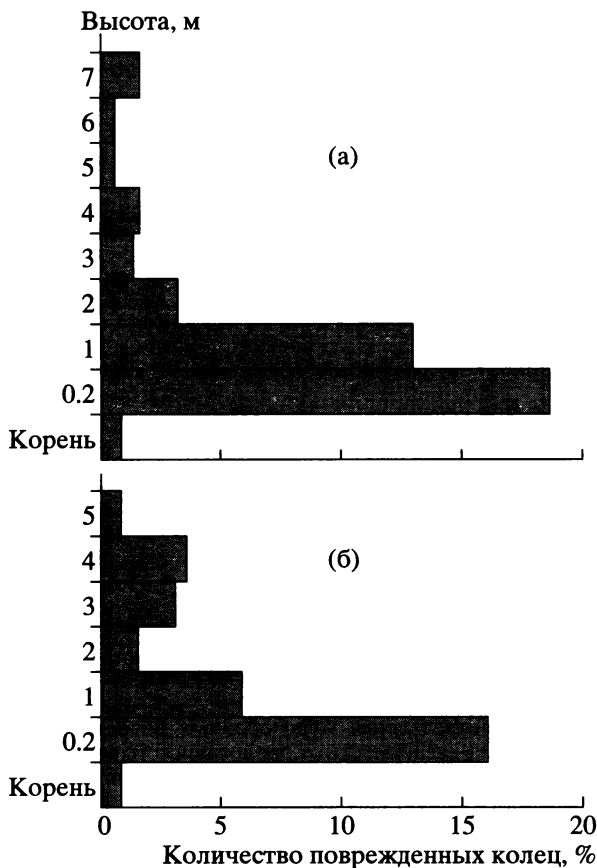


Рис. 5. Распределение морозобойных повреждений древесины у ели сибирской (а) и лиственницы сибирской (б) на различной высоте ствола.

зобойного кольца на высоте 14 м. В основании крупных корней ели и лиственницы морозобойные кольца встречаются редко, их доля составляет всего 1–2% от количества первых 30–50 колец.

Встречаемость морозобойных повреждений на разной высоте ствола хорошо согласуется с распределением отрицательных температур во время заморозка. В результате ночного излучения наиболее низкие отрицательные температуры наблюдаются на поверхности земли и растительного покрова, в том числе и на поверхности стволов деревьев. Температура приземного слоя воздуха также охлаждается до отрицательных значений, при этом наблюдается инверсия температуры, т.е. ее повышение с высотой в приземном слое. При слабых заморозках температура воздуха часто бывает положительной на высоте 2 м. Во время сильных заморозков мощность приземного слоя воздуха с отрицательными температурами может достигать как минимум 5–7 м, судя по высоте морозобойных повреждений древесины. Сильные заморозки в течение вегетационного периода случаются гораздо реже, чем средние и слабые, поэтому число случаев морозобойных повреждений древесины с увеличением высоты над поверхностью земли снижается. Небольшая

встречаемость морозобойных колец в основании крупных корней, несмотря на наличие тонкой коры, обусловлена тем, что они обычно прикрыты сверху теплоизолирующим слоем (подстилкой и напочвенным покровом).

В литературе имеется мало сведений о протяженности одного и того же морозобойного повреждения вдоль ствола в пределах годовичного слоя прироста. Наши данные свидетельствуют о том, что в большинстве случаев то или другое повреждение обнаруживалось лишь на одной высоте ствола (анализировались лишь спилы и керны, взятые через 0.8 и 1 м). Случаи, когда одно и то же морозобойное повреждение встречалось на двух высотах, были редкими, а на трех-четыре высоты – единичными. Самое протяженное морозобойное повреждение (на высоте 0.2, 1, 2 и 3 м), образовавшееся в 1918 г., встретилось у одной из моделей ели. На двух высотах (0.2 и 1 м) повреждения у ели были выявлены в 1925 и 1977 гг., у лиственницы – в 1872, 1882 и 1886 гг. Такие случаи наблюдались и на большей высоте ствола (у лиственницы – на высоте 2 и 3 м в 1918 г., у ели – на высоте 3 и 4 м в 1945 г.). Ни одно повреждение, обнаруженное в основании крупных корней, не выявлено в стволовой древесине даже на высоте 0.2 м. Другими словами, протяженность того или другого морозобойного повреждения по высоте ствола обычно не превышает 1–2 м и лишь в редких случаях достигает 3–4 м. О том, что протяженность морозобойного повреждения не превышает нескольких метров, отмечали также и другие авторы (Glerum, 1975; Fayle, 1981).

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СБОРУ ОБРАЗЦОВ ДРЕВЕСИНЫ

Одной из задач работы являлась разработка рекомендаций по сбору образцов древесины для изучения и датировки морозобойных повреждений.

Самые перспективные районы для проведения таких исследований – полярный и верхний пределы произрастания древесной растительности, где повторяемость заморозков большая. Наиболее пригодны для этих целей редколесья, редины и отдельно стоящие деревья, которые оказывают меньшее влияние на микроклимат по сравнению с сомкнутыми древостоями. Если редкостойные древостои отсутствуют, то можно использовать опушечные деревья. Особое внимание следует уделить древостоям, произрастающим в понижениях рельефа, куда во время заморозков стекает холодный воздух.

Морозобойные повреждения встречаются как у хвойных, так и у лиственных видов деревьев и кустарников. Наиболее перспективны хвойные виды в силу их долголетия и широкого распространения в экстремальных условиях существования. Очень чувствительны к заморозкам хвойные и лиственные интродуценты (Нилов, 1979). Хотя

оба изученных нами вида (ель сибирская и лиственница сибирская) пригодны для изучения морозобойных повреждений, однако второй вид значительно уступает первому. В условиях Крайнего Севера перспективен можжевельник сибирский.

Поскольку у толстого дерева морозобойные повреждения могут быть встречены лишь в первых нескольких десятках колец, когда дерево было тонким, то для реконструкции заморозков и изучения их повторяемости на данном участке необходимо брать образцы с деревьев разного диаметра, начиная с самых толстых и кончая тонкими. Желательно брать массовый материал (не менее 5–10 моделей с каждого размерного класса). Для построения непрерывной хронологии морозобойных повреждений необходимо, чтобы модельные деревья, кроме различий по диаметру, имели разный возраст.

Наиболее пригодны для выявления морозобойных повреждений образцы, собранные в основании ствола, на высоте до 1 м. Учтя, что многие повреждения проявляются не по всей длине окружности ствола, то лучше брать с модельных деревьев поперечные спилы. Однако уничтожать деревья не всегда представляется возможным, поэтому можно использовать керны, взятые возрастным буром. В этом случае с каждой высоты ствола нужно брать образцы не менее чем по четырем взаимно перпендикулярным направлениям. При этом важно, чтобы буровой образец содержал древесину сердцевинного кольца. Полезно брать образцы древесины на разной высоте ствола, что позволит построить более точную хронологию морозобойных колец и реконструировать заморозки различной интенсивности.

Важнейшее условие определения морозобойного повреждения - тщательная зачистка торцевой поверхности спила или керна, сделанная острым режущим инструментом. Шлифовка образцов мало пригодна, поскольку поры клетки забиваются древесной пылью и слабые повреждения можно пропустить. Особых сложностей при идентификации морозобойных повреждений не возникает, поскольку их структура детально описана и они не похожи на другие виды повреждений. Обязательным условием является абсолютная датировка колец с помощью дендрохронологических методов.

Авторы выражают благодарность Р.М. Хантемирову, Л.И. Агафонову и А.Ю. Суркову за помощь в сборе материала.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов ФЦНТП № РИ-112/001/249 и РФФИ № 05-04-48466.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Борисенков Е.П., Пасецкий В.М.* Тысячелетняя летопись необычайных явлений природы. М.: Мысль, 1988. 524 с.
- Будыко М.И.* Изменения климата. Л.: Гидрометеоздат, 1974. 280 с.
- Ваганов Е.А., Шиятов С.Г., Мазена В.С.* Дендроклиматические исследования в Урало-Сибирской Субарктике. Новосибирск: Наука, 1996. 246 с.
- Говорухин В.С.* Обско-Тазовская лесотундра // Западная Сибирь. М.: Изд-во АН СССР, 1963. С. 329–331.
- Гурская М.А.* Распределение патологических структур в древесине ствола лиственницы сибирской и ели сибирской на Полярном Урале и Приобском Севере // Строевые, свойства и качество древесины 2000: Мат-лы 3-го Междунар. симпозиума. Петрозаводск, 2000. С. 43–46.
- Гурская М.А.* Морозобойные повреждения ксилемы хвойных деревьев в лесотундре Западной Сибири и Полярного Урала: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Институт экологии растений и животных УрО РАН. Екатеринбург, 2002. 24 с.
- Гурская М.А., Шиятов С.Г.* Образование двух морозобойных повреждений ксилемы в одном годичном кольце у ели сибирской в условиях Западно-Сибирской лесотундры // Экология. 2002. № 2. С. 83–90.
- Изменение климата, 2001 г. Обобщенный доклад. Вклад рабочих групп I, II, III в подготовку Третьего доклада об оценке Межправительственной группы экспертов по изменению климата / Под ред. Уотсона Р.Т. Женева: ВМО-ЮНЕП, 2003. 220 с.
- Кренке А.Н., Чернавская М.М.* Пространственные и временные изменения повторяемости экстремальных климатических явлений на Русской равнине // Изв. РАН. Сер. географ. 1998. № 5. С. 129–141.
- Нилов В.Н.* О повреждении заморозками камбия древесных интродуцентов в Архангельске // Бюл. Главного бот. сада. 1979. Вып. 114. С. 50–57.
- Нилов В.Н., Чертовской В.Г.* О действии заморозков на подрост ели // Экология. 1975. № 4. С. 47–52.
- Орлова В.В.* Климат СССР. Вып. 4. Западная Сибирь. Л.: Гидрометеоздат, 1962. 360 с.
- Хантемиров Р.М., Горланова Л.А., Шиятов С.Г.* Патологические структуры в годичных кольцах можжевельника сибирского (*Juniperus sibirica* Burgsd.) и их использование для реконструкции экстремальных климатических событий // Экология. 2000. № 3. С. 185–192.
- Briffa K.R., Osborn T.J., Schweingruber F.H. et al.* Treering width and density data around the Northern Hemisphere: Part 1, local and regional climate signals // The Holocene. 2002. V. 12. № 6. P. 737–759.
- Delwaide A., Filion L., Payette S.* Spatiotemporal distribution of light rings in subarctic black spruce, Quebec // Can. J. For. Res. 1991. V. 21. № 12. P. 1828–1832.
- Fayle D.C.F.* Frost rings formed in 14-m tall Red Pine // The Forestry Chronicle. June 1981. P. 123.
- Glerum C.* Irregular anatomical features of wood as an aid in silviculture // The Forestry Chronicle. October 1975. P. 185–187.
- Glerum C., Farrar J.L.* Frost ring formation in the stems of some coniferous species // Canad. J. Bot. 1966. V. 44. P. 879–886.
- Hantemirov P.M., Gorlanova L.A., Shiyatov S.G.* Extreme temperature events in summer in northwest Siberia since AD 742 inferred from tree rings // Paleogeography, palaeoclimatology, palaeoecology. 2004. V. 209. P. 155–164.
- Stöckli V.B., Schweingruber F.H.* Tree rings as indicators of ecological processes: the influence of competition, frost and water stress on tree growth, size, and survival. Basel, 1996. 90 p.