

Номер 3

ISSN 0367-0597

Май - Июнь 2000



ЭКОЛОГИЯ

Главный редактор
В.Н. Большаков

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



“НАУКА”

МАИК “НАУКА/ИНТЕРПЕРИОДИКА”

УДК 630*561.24:582.477.6

ПАТОЛОГИЧЕСКИЕ СТРУКТУРЫ В ГОДИЧНЫХ КОЛЬЦАХ МОЖЖЕВЕЛЬНИКА СИБИРСКОГО (*Juniperus sibirica* Burgsd.) И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДЛЯ РЕКОНСТРУКЦИИ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ СОБЫТИЙ

© 2000 г. Р. М. Хантемиров, Л. А. Горланова, С. Г. Шиятов

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

Поступила в редакцию 13.08.99 г.

На основе выявления и датировки времени формирования морозобойных, ложных и светлых колец в древесине живых и усохших кустов можжевельника сибирского, произрастающего на верхней границе леса в горах Полярного Урала, определена частота встречаемости этих структур в течение последних 630 лет. Опираясь на данные инструментальных наблюдений за суточной температурой воздуха, произведен анализ сроков и интенсивности снижения температуры воздуха в годы, когда формировались патологические структуры в годичных слоях прироста древесины. Произведена реконструкция повторяемости и интенсивности экстремальных похолоданий в течение вегетационного периода за последние шесть столетий. Самые сильные заморозки наблюдались в летние сезоны 1601, 1783, 1857, 1882 и 1968 гг.

Ключевые слова: древесные кольца, патологические структуры, *Juniperus sibirica*, климатические экстремумы, заморозки, Полярный Урал

Существенное влияние на состояние, функционирование и устойчивость экосистем оказывают экстремальные климатические события. К таким событиям в высоких широтах относятся заморозки и длительные понижения температуры воздуха в течение вегетационного сезона. Одним из наиболее перспективных методов реконструкции данных явлений в далеком прошлом, когда не проводились инструментальные наблюдения, является анализ патологических структур в годичных слоях прироста древесных растений. Важность подобных исследований в субарктических районах Урала и Сибири определяется еще и тем, что для этих районов практически отсутствует письменная информация о климатических аномалиях до начала инструментальных метеорологических наблюдений, которая имеется, например, для районов Европы. Кроме того, нам неизвестны исследования, анализирующие встречаемость во времени патологических структур у субарктических деревьев и кустарников.

В настоящей работе представлен первый опыт выявления патологических структур в древесине можжевельника сибирского, произрастающего в горах Полярного Урала, и реконструкции на этой основе термических экстремумов за последние 630 лет.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА

Можжевельник сибирский (*Juniperus sibirica* Burgsd.) является типичным аркто-альпийским

кустарником, достигающим высоты 1.0–1.5 м. На Полярном Урале он произрастает под пологом елово-лиственничных редколесий, на каменистых россыпях и в горных тундрах, поднимаясь в горы выше верхней границы леса. Отдельные особи можжевельника обычно имеют несколько ветвей. Нижние ветви, лежащие на поверхности земли, способны укореняться, поэтому куст может разрастаться в сторону на расстояние до 2–3 м. Около крупных кустов встречаются остатки давно усохших ветвей.

Для выявления патологических структур и их распределения во времени в 1997–1998 гг. на восточном макросклоне Полярного Урала (массив Рай-Из, г. Черная), в районе верхней границы распространения лиственничных редколесий (200–280 м над ур. м.), было отобрано 34 куста можжевельника, растущих более или менее изолированно. В каждом кусте выбирали наиболее развитые ветви и с их нижней части брали поперечные спилы. Кроме того, спилы были взяты с усохших ветвей, найденных поблизости от живых кустов. В конечном итоге для анализа патологических структур было отобрано 42 спила с живых ветвей и два спила с одной усохшей ветви. В изученных образцах содержалось от 60 до 483 годичных колец. Все индивидуальные кольцевые хронологии были перекрестно датированы между собой, в результате выявлено, что время жизни всех кустов в целом охватывало период с 1363 по 1998 г., но первые 150 лет обеспечены лишь дву-

мя спилами, взятыми с одной усохшей 180 лет назад ветви можжевельника.

Патологические структуры древесины выявляли на спилах по всей окружности годичного кольца. При этом отмечали выраженность и расположение в пределах кольца нескольких типов таких структур.

Морозобойное кольцо. Типичное морозобойное кольцо состоит из трех зон (Glerum, Farrar, 1966): зоны деформированных (искривленных) трахеид, слоя аморфного вещества, состоящего из разрушенных клеток, и образующейся затем зоны ненормальных по форме и величине трахеид. Однако при изучении подроста ели было показано (Нилов, Чертовской, 1975), что один и тот же заморозок может привести у разных деревьев к образованию как типичного морозобойного кольца, так и слабовыраженного, состоящего только из одной первой зоны. Ниже все типы данной структуры будут называться морозобойными кольцами. Как показали наблюдения в природе (Нилов, Чертовской, 1975; Stahle, 1990, цит. по Schweingruber, 1996) и экспериментальные исследования (Glerum, Farrar, 1966), морозобойные кольца образуются при снижении температуры воздуха до отрицательных значений (обычно ниже -5°C) в период активности камбия и роста клеток ксилемы.

Флуктуация плотности древесины (ложное кольцо). Эта структура представляет собой слой более темных клеток в пределах годичного кольца, который отличается от соседних слоев по форме и размеру клеток, а также форме и толщине клеточной стенки. Подобная структура может возникать при сравнительно долговременном ухудшении погодных условий в течение вегетационного сезона (на верхней границе леса – при понижении температуры воздуха) и последующей нормализации условий (Schweingruber, 1996).

Светлое кольцо. Так называются кольца, которые содержат тонкостенные, т.е. окончательно не сформированные клетки поздней древесины. Считается, что такие кольца образуются в годы, когда в течение периода вегетации преобладают низкие температуры воздуха (Schweingruber, 1996), или же низкие температуры наблюдаются в конце периода роста дерева (Filion et al., 1986).

Отмечались также случаи выпадения колец, образования патологических смоляных ходов и отметин (шрамов).

Для выявления связей между формированием патологических структур древесины с климатическими параметрами были привлечены данные наблюдений на метеостанции Салехард, расположенной в 50 км к востоку от района исследований. Наблюдения на этой метеостанции ведутся с 1883 г.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Встречаемость патологических структур древесины. В 306 из 8218 просмотренных колец (3.7%) встретились какие-либо из перечисленных выше патологий, чаще всего – морозобойные кольца (54% от числа всех патологий: 18% – в ранней древесине и 36% – в поздней). Анализ встречаемости морозобойных колец у можжевельника показал, что частота появления этой патологии не снижается с увеличением возраста растения, как это характерно для древесных растений, у которых с возрастом увеличиваются диаметр ствола и толщина теплоизолирующего слоя (коры с лубом). У можжевельника толщина коры колеблется от 2 до 5 мм и ветви находятся в приземном слое воздуха. Другими словами, у этого вида заморозки могут вызывать повреждения дифференцирующихся клеток ксилемы на всем протяжении ветви и в любом возрасте. Возможно, что морозобойные кольца у можжевельника могут образоваться и при температуре выше -5°C .

Флуктуации плотности составили 38% от числа всех выявленных патологий, а светлые кольца – 4%. Такие нарушения нормальной структуры древесины у можжевельника сибирского, как отметины и патологические смоляные ходы, встречались очень редко. Это связано, по-видимому, с малой вероятностью механического повреждения ветвей. Практически не встречались случаи полного выпадения годичных колец на проанализированных спилах.

Выявленные патологии в структуре древесины имеют разную выраженность, поэтому была разработана классификация интенсивности нарушений для каждого типа патологий. В древесине можжевельника выделены следующие три градации морозобойных колец: первая – слабовыраженная, когда наблюдается только изменение направления роста одного или более рядов трахеид; вторая – средневыраженная, при которой имеются ряды поврежденных (смятых) клеток и следующие за ними ряды восстанавливающихся трахеид с измененным направлением роста; третья – сильновыраженная, когда наблюдается типичное морозобойное кольцо. Для флуктуаций плотности древесины в пределах годичного кольца выделены две градации: первая включает в себя ложные кольца со слабым увеличением плотности (утолщения клеточных стенок и уменьшение размеров клеток трахеид в ранней древесине), вторая градация означает заметное увеличение плотности древесины. Не были встречены случаи, когда плотность древесины ложного кольца достигала бы уровня, который характерен для нормальной поздней древесины. Светлые кольца у различных видов деревьев могут быть двух типов: первый – когда клетки поздней древесины имеют тонкие стенки и второй – когда имеется лишь 1–2 ряда клеток поздней древесины с тонки-

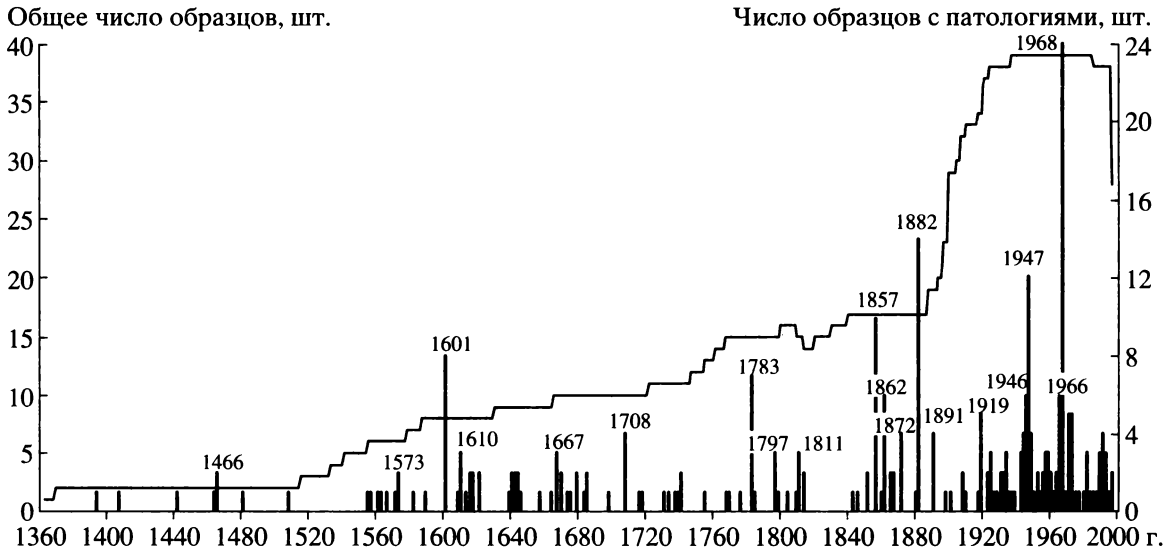


Рис. 1. Годы формирования патологических структур в годичных кольцах можжевельника сибирского: ломаная линия – число проанализированных образцов, столбики – число образцов, у которых в данном году образовался один из типов патологий, цифры над столбиками – годы с наибольшим числом образцов с патологиями.

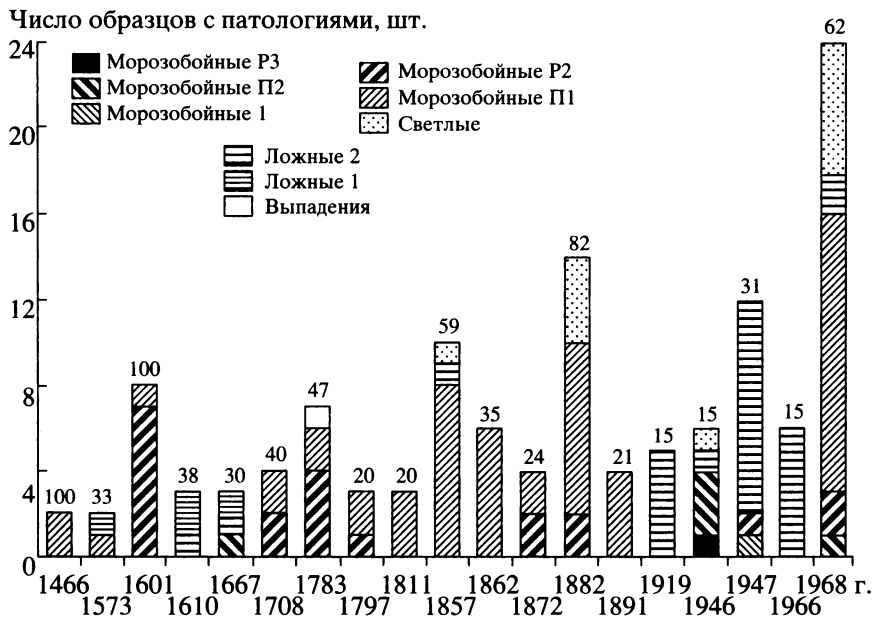


Рис. 2. Виды патологических образований в годичных кольцах можжевельника сибирского в годы с наибольшим числом образцов с патологиями:

P – патология в ранней древесине, П – патология в поздней древесине кольца, 3, 2, 1 – степень выраженности патологии от сильной до слабой; цифры над столбиками – доля (в %) образцов с патологиями в соответствующем годичном кольце.

ми стенками. У можжевельника встречена лишь одна градация светлого кольца, когда клетки поздней древесины имеют тонкие стенки. Следует отметить, что у можжевельника сибирского поздняя древесина вообще выражена слабо (не более 15–20% от общей ширины годичного кольца).

Хронология патологических структур древесины. На рис. 1 представлены данные по времени

образования всех видов патологических структур в годичных кольцах можжевельника за последние 630 лет. Отмечены 19 лет, когда доля образцов с патологиями была значительной (выше 15%).

Из-за неодинакового числа образцов древесины (2–39 шт.), использованных для анализа разных временных отрезков, трудно произвести сравнительный анализ частоты образования па-

тологических структур в различные интервалы времени. Тем не менее обращает на себя внимание высокая их повторяемость во второй половине XIX в. Частая встречаемость всех типов выявленных патологий в XX в. связана, несомненно, с большим числом использованных образцов. Наиболее выдающимися годами, когда патологические структуры образовались не менее чем у 45% проанализированных образцов, оказались 1601, 1783, 1857, 1882 и 1968 гг. Мы исключили из этого перечня 1466 г., поскольку для него пока имеются данные лишь по двум спилам с одной ветви.

На рис. 2 показано, какие из патологических структур образовывались в летние сезоны, отмеченные ранее на рис. 1 как годы со значимой долей образцов с патологиями. Обращает на себя внимание тот факт, что в один и тот же год у разных особей можжевельника могут образовываться разные типы патологий. Возможно, на их образование повлияло воздействие различных внешних факторов. Но логичнее предположить, что один и тот же фактор по-разному, в зависимости от микроусловий и индивидуальных особенностей растения (например, толщины коры, густоты куста, активности камбия в данный момент), воздействует на дифференцирующиеся клетки ксилемы, приводя к образованию различных типов патологий. Подтверждением этому является то, что у нескольких образцов в одном и том же годичном кольце, но в разных частях спила были выявлены как морозобойные кольца, так и флуктуации плотности древесины. Это можно объяснить разной скоростью роста или разницей в толщине коры на разных участках одной и той же ветви.

Экстремальные климатические условия, определяющие образование патологических структур древесины. Выше отмечалось, что все три наиболее часто встречающихся типа патологий (морозобойные, ложные и светлые кольца) являются результатом значительного снижения температуры воздуха в течение вегетационного сезона. Поскольку в нашем распоряжении имелись данные о средних и минимальных суточных температурах воздуха с 1883 по 1998 г., представилась возможность на примере 6 лет (1891, 1919, 1946, 1947, 1966 и 1968 гг.) дать оценку конкретных погодных условий, при которых могут образовываться такие структуры в годичных кольцах можжевельника.

Необходимо было учесть, что места сбора образцов можжевельника расположены на высоте 200–280 м над ур. м., в то время как метеостанция – на высоте 35 м. Для оценки различий температуры воздуха на метеостанции и в районе наших исследований были использованы данные, полученные одним из авторов (С.Г. Шиятов). В течение июня–июля 1961 г. он проводил замеры температуры воздуха в разное время суток (в 7, 13 и 19 ч).

Выяснилось, что изменения температуры в районе исследований и на метеостанции происходят синхронно (коэффициент корреляции 0.95) и очень близки по абсолютным значениям. Используя вычисленные коэффициенты линейной регрессии между данными по Салехарду и районом исследований, данные по метеостанции были пересчитаны (рис. 3). При этом разница между исходными и полученными величинами не превышала 1°. Однако следует также учитывать, что на уровне расположения ветвей можжевельника, т.е. практически на поверхности почвы, температура при заморозках опускается ниже, чем на высоте метеобудки.

Проблемой, возникающей при выявлении возможных факторов, приводящих к образованию патологических структур, является отсутствие данных о сезонном росте можжевельника сибирского, в том числе сроках начала и окончания деятельности камбия. Поэтому приходится пользоваться приблизительными оценками. Вегетация можжевельника начинается не раньше, чем он освободится из-под снегового покрова, мощность которого в местах его произрастания достигает в среднем 1.5–2.0 м. В районе исследований снеговой покров такой мощности сходит примерно во второй половине июня (Шиятов, 1965). Деление камбиальных клеток у можжевельника начинается несколько позднее. О времени окончания радиального прироста можно судить по данным анализа связей между индексами прироста и температурой летних месяцев (Хантемиров и др., 1999). Выявлено, что средняя температура августа уже не оказывает влияния на ширину годичных колец. Это дает основание высказать предположение, что формирование годичного слоя прироста древесины заканчивается не позже начала августа, а формирование клеточных стенок поздней древесины, вероятно, несколько позже. Сроки начала формирования поздней древесины оценить сложнее. Можно предположить, что у можжевельника, как и у деревьев, формирование поздней древесины происходит во второй половине июля.

После необходимых пояснений можно приступить к выявлению условий, при которых происходило образование патологий в годичных кольцах можжевельника.

Хорошо выраженные морозобойные повреждения в ранней древесине обнаружены у четырех кустов в кольцах, сформированных в 1946 г. Из рис. 3 видно, что в этот год 28 июня отмечен заморозок. При этом нам кажется существенным, что до этого в течение девяти дней стояла довольно теплая и безморозная погода, что могло стать сигналом к началу функционирования камбия у некоторых кустов можжевельника.

Морозобойные повреждения в поздней древесине выявлены в 1891 и 1968 гг. В первом случае это, видимо, результат значительного снижения

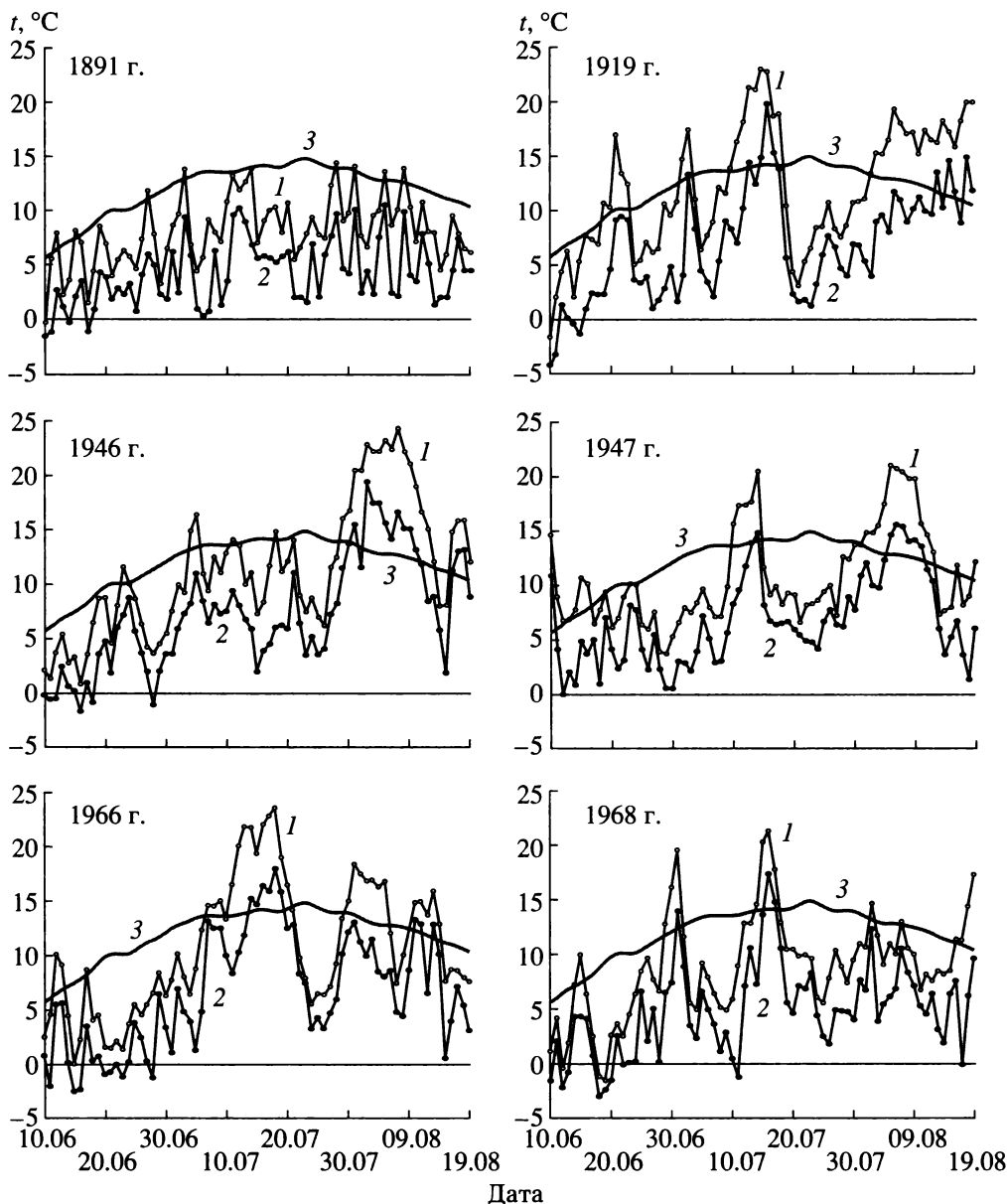


Рис. 3. Ход суточных температур воздуха в районе исследований (пересчитанные по метеостанции Салехард) в годы с высокой частотой образования патологических структур в годичных кольцах можжевельника сибирского:

1 – средняя суточная температура воздуха; 2 – минимальная суточная температура воздуха; 3 – многолетняя норма (за 1883–1998 гг.) средней суточной температуры воздуха.

минимальных температур с 5 по 7 июля. Вероятно, на поверхности почвы наблюдались заморозки. Морозобойные повреждения, образовавшиеся в 1968 г. в древесине 16 из 39 просмотренных образцов, вызваны заморозком в ночь с 10 на 11 июля. На примере этих двух лет видно, что чем ниже падает температура, тем больше кустов повреждается.

Таким образом, можно заключить, что у можжевельника сибирского на Полярном Урале наличие морозобойных колец в ранней древесине свидетельствует о заморозках в конце июня и, ве-

роятно, в первых числах июля, а морозобойные кольца в поздней древесине – указатели заморозков в первой половине июля. Степень выраженности данной патологии зависит как от интенсивности снижения температуры, так и от фазы сезонного радиального прироста древесины у отдельных кустов во время наступления заморозка.

В кольцах, сформированных в 1919, 1947 и 1966 гг., выявлены в основном флуктуации плотности (ложные кольца). На графиках хода средних суточных температур за эти годы четко видны многодневные “волны”, включающие в себя

очень теплые дни в середине июля, значительное (на 12–18°C) похолодание и последующее повышение температуры в конце июля. Очевидно, что именно эти колебания температуры могли вызвать формирование ложных колец. Таким образом, за образование флуктуаций плотности древесины в годичных кольцах ответственна последовательность “очень теплые дни – значительное и многодневное похолодание – очень теплые дни” во второй половине июля.

Что касается формирования светлых колец, которые образовались в 1946 г. и в основном в 1968 г., то вряд ли они являются следствием недостатка тепла в конце сезона вегетации, как это предполагается в работе Filion et al. (1986). Более правдоподобным представляется объяснение, что такие кольца являются отражением очень низкой температуры воздуха в течение всего периода вегетации. Лето 1968 г. действительно было одним из самых холодных за все время инструментальных наблюдений.

Реконструкция температурных экстремумов. Используя выявленные связи между образованием патологических структур и понижениями температуры воздуха в течение вегетационного периода, нами произведена реконструкция аномалий температуры на Полярном Урале за последние 600 лет. Были реконструированы следующие события (годы, когда были самые интенсивные заморозки, отмечены жирным шрифтом):

– заморозки в конце июня – начале июля происходили в 1667, 1946 гг.;

– заморозки в июле происходили в 1466, 1573, **1601**, 1708, **1783**, 1797, 1811, **1857**, 1862, 1872, **1882**, 1891 и **1968** гг.;

– продолжительные и значительные понижения температуры воздуха в середине июля, которым предшествовали и за которыми следовали очень теплые дни, происходили в 1610, 1919, 1947, 1966 гг.

Факт экстремального понижения температуры в течение лета не всегда означает, что эти летние сезоны в целом были экстремально холодными, но данное утверждение справедливо для 1783, 1862, 1882, 1891 и 1968 гг., когда средняя температура лета, согласно инструментальным данным и древесно-кольцевым реконструкциям (Shiyatov, 1995; Хантемиров и др., 1999), была гораздо ниже нормы. Практически все другие отмеченные годы также характеризуются пониженными летними температурами. Исключение составляет лишь 1708 г., когда, согласно реконструкции, средняя температура лета слегка превышала среднее многолетнее значение.

Глобальные климатические события и образование патологических структур древесины. В некоторых работах, посвященных изучению частоты появления морозобойных и светлых колец

(LaMarche, Hirschboeck, 1984; Filion et al., 1986), большое внимание уделялось выявлению связей между формированием этих патологий и глобальными понижениями температуры воздуха, наблюдающимися после извержений вулканов. В такого рода исследованиях нужно быть осторожным, поскольку практически для каждого случая образования патологий можно подыскать подходящее извержение вулкана, тем более что его влияние может сказаться через неопределенное время (1–3 года). Тем не менее интересно сопоставить полученные результаты по образованию патологических структур с подобными данными из других районов Северного полушария. Для сравнения мы выбрали пять наиболее экстремальных лет, упомянутых выше.

Самая высокая доля (100%) образцов можжевельника с морозобойными кольцами на Полярном Урале отмечена в 1601 г. В этом же году зафиксированы морозобойные (LaMarche, Hirschboeck, 1984) и светлые (Filion et al., 1986) кольца у сосен и елей, произрастающих в Северной Америке. Необычные природные явления в то лето наблюдались и в Европе. В Англии “июнь был очень холодным, заморозки каждое утро” (Pyle, 1998), на севере Италии до середины июля было холодно, почти весь год небо было покрыто облаками (Pavese et al., 1992). В европейской части России в 1601 г. “рано в лете стаха великие морозы”, погибли хлеба и “весь овощ”. От начавшегося голода в одной только Москве в течение трех лет погибло 120 тыс. человек (Борисенков, Пасецкий, 1988). Согласно реконструкции летних температур Северного полушария, выполненной на основе анализа плотности годичных колец деревьев (Briffa et al., 1998), лето 1601 г. было самым холодным за последние 600 лет. Интересно, что, согласно этой реконструкции и нашим данным, полученным на основе использования изменчивости ширины годичных колец у лиственницы сибирской и можжевельника сибирского (Shiyatov, 1995; Хантемиров и др., 1999), на севере европейской части России и Западной Сибири средняя температура лета 1601 г. была на уровне средней многолетней. Тем не менее некое глобальное событие оставило свой след в годичных кольцах и в этом районе. Недавние исследования установили (de Silva, Zielinski, 1998), что это похолодание было вызвано извержением вулкана Уайнапутина в Перу в феврале–марте 1600 г., крупнейшим в мире извержением за последние 500 лет.

В 1783 г., помимо высокой доли образцов с морозобойными кольцами, наблюдался самый низкий прирост можжевельника на Полярном Урале. Лето этого года, согласно нашей реконструкции (Хантемиров и др., 1999), было самым холодным на Полярном Урале за последние шесть столетий. В целом в пределах Северного полушария в этот год наблюдался значительный дефицит летнего

тепла (Briffa et al., 1998). Согласно данным, приведенным в книге Е.П. Борисенкова и В.М. Пасецкого (1988), сухой туман с 24 мая до 8 октября покрывал территорию от Норвегии до Сирии и от Англии до Алтая, в Петербурге в июле "солнечный свет был слабее, чем свет полной луны". Причиной такой аномалии могло быть извержение вулканов Лаки в Исландии и Асама Яма в Японии в том же году. У североамериканских деревьев морозобойных колец в этом году не выявлено, а светлые кольца образовались у значительной доли елей в Квебеке в 1784 г. (Filion et al., 1986). Согласно пространственной древесно-кольцевой реконструкции летних температур в субарктических районах Азии (Ваганов и др., 1996), похолодание летом 1783 г. охватило территорию от Урала до 90° в.д.

В 1857 г. у половины обследованных нами кустов можжевельника сибирского были выявлены патологические структуры. Об экстремальных событиях летом этого года имеются следующие документальные сведения: в июле в Вологодской губернии температура опускалась до -5°C, а в Архангельской губернии в первой половине августа ударили морозы (Борисенков, Пасецкий, 1988). Поскольку в Северной Америке в этот и последующий год не выявлено патологий в годичных кольцах деревьев, то можно предположить, что данный климатический экстремум был региональным.

Следующее особенно экстремальное лето на Полярном Урале было в 1882 г. Имеются сведения (Brunstein, 1996) об образовании в этом году морозобойных колец у 2% исследованных деревьев сосны остистой из Колорадо, США. Однако в других районах Северного полушария в этот год ни в годичных кольцах, ни в документальных источниках заморозков не зафиксировано. В глобальном масштабе климатические аномалии были зафиксированы в 1884 г., вслед за извержением вулкана Кракатау в 1883 г. Холодное лето в 1884 г. было и на Полярном Урале. Тем не менее летний сезон 1882 г. в этом районе был еще более холодным (Хантемиров и др., 1999) и, судя по высокой частоте образования морозобойных колец у можжевельника, минимальная температура воздуха была существенно ниже нуля. Возможно, что данная аномалия имела локальный характер, однако, имеются указания (П.А. Моисеев, персональное сообщение), что в различных районах Кузнецкого Алатау морозобойные кольца у лиственницы сибирской и кедра сибирского с высокой частотой обнаруживаются как в годичных слоях прироста 1884 г., так и 1882 г. Согласно реконструкции летних температур в субарктических районах Азии (Ваганов и др., 1996), похолодание летом 1882 г. охватило территорию, расположенную между 60° и 90° в.д.

Наконец, лето 1968 г. считается одним из самых холодных в Северном полушарии (Briffa et al., 1998). Однако отсутствует информация о том, что в этот год формировались морозобойные кольца у деревьев в других районах мира. Не зафиксировано также крупных извержений вулканов в предыдущие годы.

Таким образом, экстремальные климатические условия на Полярном Урале, реконструированные на основе анализа патологических структур в древесине можжевельника сибирского, отражают как глобальные климатические аномалии, связанные с наиболее крупными извержениями вулканов (летние сезоны 1601 и 1783 гг.), так и региональные аномалии (летние сезоны 1857, 1882 и 1968 гг.), обусловленные специфическим ходом циркуляции атмосферы над обширными районами Урала и Западной Сибири. Для выявления районов, на территории которых проявлялось действие климатических экстремумов в эти и другие годы, необходимо провести широкомасштабные исследования патологических структур в годичных слоях древесины, в первую очередь в азиатской части России.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

У можжевельника сибирского, произрастающего в высоких широтах и высокогорьях, хорошо выражены такие патологические образования древесины, как морозобойные, ложные и светлые кольца, что дает возможность производить реконструкцию повторяемости и интенсивности экстремальных климатических событий (заморозки и похолодания в течение вегетационного периода), которые оказывают большое влияние на функционирование различных компонентов экосистем. Учитывая, что на основе анализа изменчивости ширины годичных колец можжевельника сибирского можно производить реконструкцию температуры весенних и летних месяцев, этот вид, благодаря его широкому распространению, долголетию и способности произрастать в широком диапазоне условий местообитания, может явиться одним из наиболее перспективных при проведении дендроклиматических исследований.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант 97-05-64400).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Борисенков Е.П., Пасецкий В.М. Тысячелетняя летопись необычайных явлений природы. М.: Мысль, 1988. 522 с.
- Ваганов Е.А., Шиятов С.Г., Мазена В.С. Дендроклиматические исследования в Урало-Сибирской Субарктике. Новосибирск: Наука, 1996. 246 с.
- Нилов В.Н., Чертовской В.Г. О действии заморозков на подрост ели // Экология. 1975. № 4. С. 47-52.

- Хантемиров Р.М., Шиятов С.Г., Горланова Л.А.* Дендроклиматический потенциал можжевельника сибирского // Лесоведение. 1999. № 6. С. 33–38.
- Шиятов С.Г.* Рост лиственницы в высоту в течение вегетационного периода на верхней границе леса в горах Полярного Урала // Физиология и экология древесных растений. Тр. Ин-та биологии. Вып. 43. Свердловск, 1965. С. 249–253.
- Briffa K.R., Jones P.D., Schweingruber F.H., Osborn T.J.* Influence of volcanic eruptions on Northern Hemisphere summer temperature over the past 600 years // Nature. 1998. V. 393. № 6684. P. 450–455.
- Brunstein F.C.* Climatic significance of the bristlecone pine latewood frost-ring record at Almagre Mountain, Colorado, U.S.A. // Arctic and Alpine Research. 1996. V. 28. № 1. P. 65–76.
- de Silva S.L., Zielinski G.A.* Global influence of the AD 1600 eruption of Huaynaputina, Peru // Nature. 1998. V. 393. № 6684. P. 455–458.
- Filion L., Payette S., Gauthier L., Boutin Y.* Light rings in subarctic conifers as a dendrochronological tool // Quaternary Research. 1986. V. 26. P. 272–279.
- Glerum C., Farrar J.L.* Frost ring formation in the stems of some coniferous species // Canad. J. Bot. 1966. V. 44. P. 879–886.
- LaMarche V.C., Hirschboeck K.K.* Frost rings in trees as records of major volcanic eruptions // Nature. 1984. V. 307. № 5946. P. 121–126.
- Pavese M.P., Banzon V., Colacino M., Gregori G.P., Pasqua M.* Three historical data series on floods and anomalous climatic events in Italy // Climate since A.D. 1500. Eds. Bradley R.S., Jones P.D., London: Routledge, 1992. P. 155–170.
- Pyle D.M.* How did the summer go? // Nature. 1998. V. 393. № 6684. P. 415–417.
- Schweingruber F.H.* Tree rings and environment. Dendroecology. Berne, Stuttgart, Vienna, Haupt, 1996. 609 p.
- Shiyatov S.G.* Reconstruction of climate and the upper timberline dynamics since AD 745 by tree-ring data in the Polar Ural Mountains // Int. Conf. on Past, Present and Future Climate: Proc. of the SILMU conf. Helsinki, Finland, 22–25 August 1995 / Publication of the Academy of Finland 6/95. Helsinki, 1995. P. 144–147.
- Stahle D.W.* The tree-ring record of false spring in the south-central USA: Dissertation. Arizona State University, 1990.