

ЭКОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ И ФИТОИНДИКАЦИЯ

УДК 630*561.24+630*181.522+582.475.4+582.475+(235.222)

А.Ю. Бочаров, Д.А. Савчук

A.Yu. Bocharov, D.A. Savchuk

ДИНАМИКА РАДИАЛЬНОГО РОСТА И ПЛОДОНОШЕНИЯ ДЕРЕВЬЕВ КЕДРА И ЛИСТВЕННИЦЫ НА ЮЖНО-ЧУЙСКОМ ХРЕБТЕ (ГОРНЫЙ АЛТАЙ)

RADIAL INCREMENT AND SEED CONE PRODUCTION OF SIBERIAN STONE PINE AND SIBERIAN LARCH TREES IN SOUTH CHUISKY RANGE (THE ALTAI MOUNTAINS)

Динамика радиального прироста лиственницы сибирской и кедра сибирского и плодоношения кедра, произрастающих в высокогорных лесах, лесотундровом экотоне и ледниковой морене южного (долина р. Джазатор) и северного (долина р. Аккол) макросклона Южно-Чуйского хребта (Горный Алтай), проанализированы в связи с изменениями климата.

Годичные кольца деревьев позволяют исследовать динамику временной изменчивости прироста древесины. Этот прирост ксилемы как составной части вегетативной сферы дерева является интегральным показателем изменения внешних условий, в том числе климатических. Вторая сторона жизни дерева – репродуктивная – остается менее изученной. Тем не менее, исследование динамики плодоношения позволяет оценить темпы и особенности изменения генеративной сферы в условиях климатических изменений. Цель работы – выявление закономерностей временной изменчивости радиального роста и плодоношения деревьев кедра сибирского (*Pinus sibirica* Du Tour) и лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ledeb.) на Южно-Чуйском хребте (Горный Алтай) и их связей с изменениями климата.

Район исследований – речные долины Южно-Чуйского хребта. Первая – долина р. Джазатор – расположена на южном, более влажном, макросклоне хребта, вторая – долина р. Аккол – на северном, более сухом, и характеризуется значительным оледенением (ледник Софийский). Керны брались у деревьев, произрастающих в лесах, лесотундровом экотоне и на морене ледника на высотах выше 2000 м над ур. м.

Для построения временных серий радиального прироста ширина годичных колец на кернах измерялась на измерительном комплексе LINTAB с пакетом компьютерных программ TSAP (Rinn, 1996) с точностью 0,01 мм. После получения индивидуальных древесно-кольцевых рядов проводилось их перекрестное датирование (Douglass, 1919; Holmes, 1983). Для выявления связей прироста с климатическими параметрами выполнялась процедура стандартизации обобщенных серий с помощью программы CRONOL, что минимизирует влияние возраста на ширину колец и влияние соседних колец друг на друга, усиливая климатический сигнал в сериях (Methods..., 1990; Holmes, 1992).

Временные серии плодоношения (количество заложившихся шишек, 1-летних шишечек и полностью созревших 2-летних шишек на одном годичном побеге) строились на основе идентификации следов от этих шишек на коре и поперечных спилах побегов плодоносящих ветвей кедра (Воробьев и др., 1990). Для выявления связей с климатическими переменными выполнялась та же самая процедура стандартизации, как для серий прироста.

Южный макросклон Южно-Чуйского хребта (долина р. Джазатор). Длительность обобщенных древесно-кольцевых хронологий составила 268 лет для кедра и 310 лет для лиственницы из высокогорных лесов (2000–2200 м над ур. м.) в западной части южного макросклона и 252 года для лиственницы в восточной части, а также 90 лет для лиственницы из лесотундрового экотона (2200–2500 м над ур. м) центральной и восточной частей хребта.

В период современного потепления климата (рис. 1) амплитуда колебаний прироста у деревьев лиственницы в лесотундровом экотоне выше, чем в высокогорных лесах (среднеквадратическое отклонение 0,26–0,36 и 0,17–0,20 соответственно). Серии прироста более чувствительны к влиянию внешних факторов в экотоне (коэффициент чувствительности 0,28–0,30), где ярче выражено влияние внешних факторов, пре-

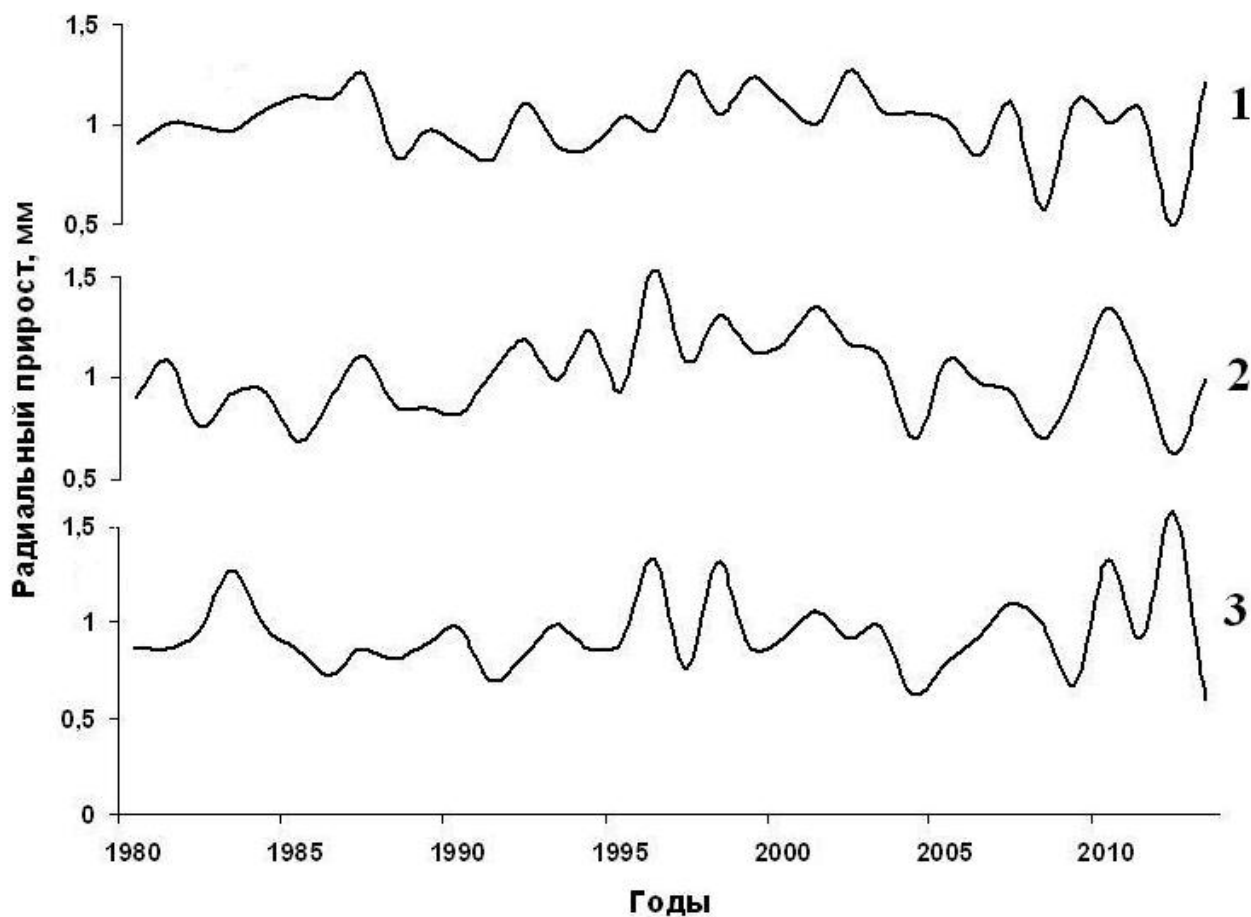


Рис. 1. Динамика радиального прироста деревьев кедра (1) и лиственницы (2) в высокогорных лесах и лесотундровом экотоне (3) на южном макросклоне Южно-Чуйского хребта, в долине р. Джазатор, в период современного потепления климата.

жде всего климатических, и снижено – фитоценологических, чем в лесах (0,19–0,24). Кроме того, чувствительность и амплитуда прироста выше у деревьев лиственницы, произрастающих в лесах восточной части южного макросклона, по сравнению с западной. Серии прироста «листопадной» лиственницы оказалась более чувствительными, чем «вечнозеленого» кедра.

В условиях криоаридного климата на южном макросклоне хребта климатические изменения достоверно сильнее влияют на радиальный прирост лиственницы, чем на этот показатель у кедра. Рост деревьев лиственницы в высокогорных лесах западной и центральной частях этого макросклона сходно реагирует на изменение температуры июня–июля (коэффициент корреляции $R = +0,29-0,36$ и $+0,35-0,41$ соответственно). Отклик радиального прироста деревьев на изменение осадков в западной, более влажной, части макросклона отрицательный (R от $-0,30$ до $-0,54$); в восточной, более сухой, осадки не лимитируют радиальный прирост, что связано, по-видимому, с сильными конкурентными взаимоотношениями между деревьями. В лесотундровом экотоне центральной и восточной частей южного макросклона прирост деревьев лиственницы положительно реагирует на изменения температуры июля ($R = +0,32$) и осадков июня ($R = +0,36$). В это время деревья испытывают дефицит почвенной влаги, для нормального роста им требуется дождевая влага. Кроме того, на всем протяжении высотного экологического профиля от высокогорных лесов до экотона в трех обследованных частях южного макросклона Южно-Чуйского хребта радиальный прирост обоих видов деревьев отрицательно связан с осадками мая ($R = -0,37$ для кедра и от $-0,30$ до $-0,55$ для лиственницы). Деревьям в мае достаточно почвенной влаги, а ее избыток в виде атмосферной снижает прирост у них.

На основе проведенной дендроклиматической реконструкции были выявлены наиболее выраженные периоды повышения и понижения летних температур за последние 300 лет. Периоды потепления отмечены в середине первой половины XVIII в., середине XVIII и XIX вв., на рубежах XVIII–XIX и XIX–XX вв., в конце XX вв.; похолодания – в середине первой половины XIX в., начале и середине второй половины XX столетия.

Для высокогорных лесов южного макросклона хребта построены хронологии заложения, 1-летних (озимь) и 2-летних (урожай) шишек кедров длительностью 25 лет (рис. 2). Анализ этих хронологий показал, что в них присутствует не только обычный для динамики плодоношения этого вида 3-летний цикл, но и близкий к 11-летнему солнечному циклу, который более четко проявляется в хронологии зачатков шишек как свидетельство исходных погодных условий сроков их заложения. За исследуемый ретроспективный период у деревьев кедров, произрастающих в лесах, выделены периоды повышенного (1992–1998 и 2006–2014 гг.) и пониженного (1998–2006 гг.) заложения шишек. Построенные хронологии позволяют прогнозировать в следующем десятилетии низкий уровень заложения зачатков шишек у кедров. В динамике урожая аналогичная цикличность не выделяется, поскольку ее нарушают опадания разных генераций шишек на всем протяжении 3-летнего периода их развития на дереве, вызванные в основном колебаниями погодно-климатических условий.

В период современного потепления климата деревья кедров закладывали в среднем 1,3 шишки на побег (максимально – в 1992, 1996, 2009, 2013 гг. до 2,0 шт./побег, минимально – в 1999, 2004 гг. до 0,33 шт./побег). Лет с полным отсутствием зачатков шишек на деревьях кедров не зафиксировано. Озимей в среднем сохраняется 0,7 шт./побег. Средний урожай составляет около 50% от числа зачатков – 0,6 шт./побег. Чаще всего опадают зачатки шишек. Отмечены годы, когда опадания зачатков и озимей в течение 3-летнего периода формирования шишки на дереве были небольшими (например, 1999, 2001, 2002, 2012 гг.). Но были и годы (например, 1996, 1997, 2007 гг.), когда при высоком или среднем уровне заложения шишек урожай оказывался минимальным вплоть до полного его отсутствия. Установлены годы как с высокой урожайностью шишек деревьев (например, 2002, 2006, 2010, 2012 гг. до 1,25 шт./побег), так и годы с неурожаями (например, 1993, 1997, 2009 гг. до полного отсутствия шишек на деревьях). Причинами низких урожаев служат либо слабое заложение шишек за 2 года до их созревания, либо недостаточное их опыление в год, предшествующий их созреванию, вследствие неблагоприятных погодно-климатических условий в эти сроки.

Сопряженный анализ погодичной изменчивости климатических показателей и динамики плодоношения кедров показал, что уровень заложения шишек на побеге определяется температурой первой половины вегетационного сезона (коэффициент корреляции $R = +0,34-0,37$), когда формируется побег, на котором позднее заложатся шишки, и зимними осадками предшествующего года ($R = +0,33-0,42$), опосредованно влияющими через величину снежного покрова на рост и развитие будущего побега и, соответственно, количество шишек на нем. На уровень сохранности озимей (1-летних шишек) кедров отрицательно влияет температура августа ($R = -0,49$) – время прорастания пыльцевой трубки при подготовке к будущему оплодотворению. Связей погодичной динамики урожая и климатических факторов не выявлено. Величина урожая определяется всей совокупностью климатических условий предшествующих лет, воздействующих на заложившиеся зачатки и озимь.

Семеношение лиственницы в годы наблюдений было нерегулярным: от обильного урожая до полного неурожая. Семеношение лиственницы и кедров не синхронны.

Северный макросклон Южно-Чуйского хребта (долина р. Аккол). В этой долине произрастает только лиственница. Длительность обобщенных древесно-кольцевых хронологий составляет 612 лет для старовозрастных деревьев и 78 лет для молодых деревьев из высокогорных лесных массивов (2340–2380 м над ур. м.), и 35 лет для молодых деревьев морены ледника Софийский (2410–2500 м над ур. м.).

В период современного потепления климата (рис. 3) амплитуда колебаний прироста у молодых деревьев лиственницы на морене ниже, чем в высокогорных лесах. Серии прироста лиственницы чувствительнее к влиянию на радиальный прирост внешних факторов в лесах (коэффициент чувствительности 0,27), чем на морене (0,19). В условиях криоаридного климата северного макросклона Южно-Чуйского хребта радиальный прирост достоверно положительно связан с весенне-летней температурой: коэффициенты корреляции для хронологии, построенной по старовозрастным деревьям лиственницы, выше, чем по молодым ($R = +0,45-0,47$ и $+0,32-0,38$ соответственно). Значимая связь радиального прироста с осадками не выявлена.

На основе проведенной дендроклиматической реконструкции были выявлены наиболее выраженные периоды повышения и понижения весенне-летних температур за последние 500 лет. Периоды потепления отмечены в середине XVI в., начале XVII, середине первой половины XVIII, на рубеже XVIII и XIX вв., в конце XIX и XX вв.; похолодания – на рубеже XV и XVI вв., в конце XVI и XVII вв., в конце первой половины XIX в., начале и середине второй половины XX столетия.

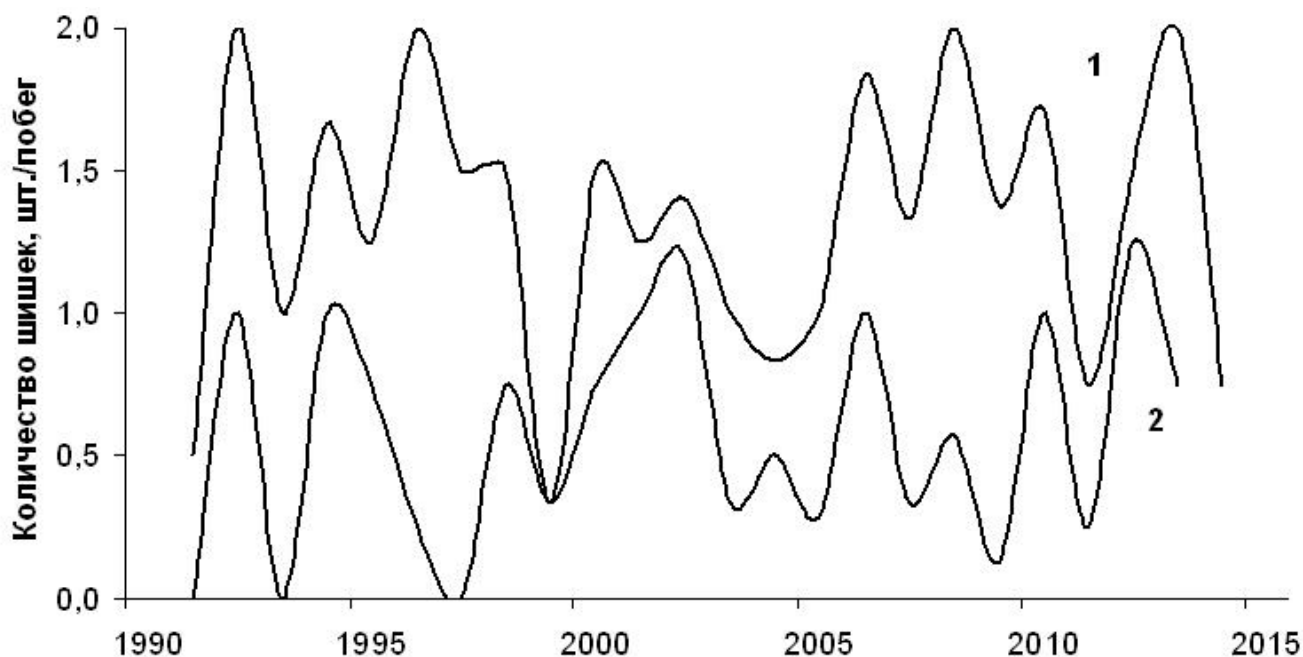


Рис. 2. Динамика плодоношения (1 – зачатки, 2 – зрелые шишки) деревьев кедра в высокогорных лесах на южном макросклоне Южно-Чуйского хребта, в долине р. Джазатор, в период современного потепления климата.

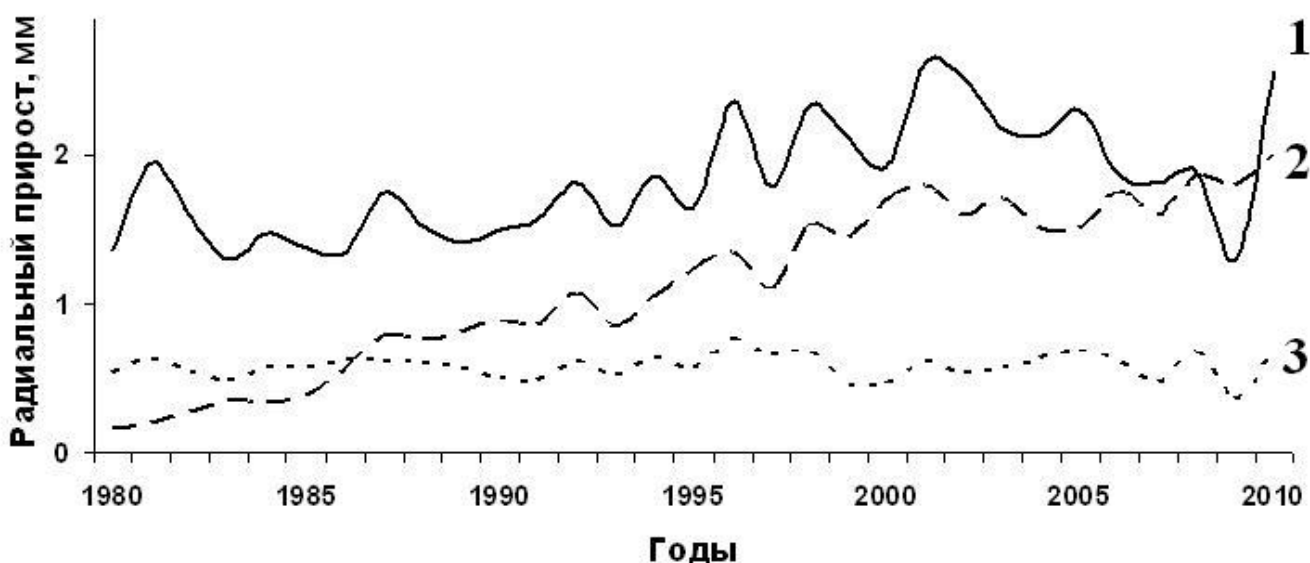


Рис. 3. Динамика радиального прироста молодых (1) и старовозрастных (3) деревьев лиственницы в высокогорных лесах и на молодых моренах (2) на северном макросклоне Южно-Чуйского хребта, в долине р. Аккол, в период современного потепления климата.

На морене произрастает также только лиственница. На последней стадии постгляциальной сукцессии (более 2 км от ледника) она встречается единично или био группами, состоящими из двух-трех одновозрастных особей или одного лидерного дерева и 3–5 более молодых особей. Возраст деревьев лиственницы на этой стадии не превышает 100 лет. Во второй полосе второй стадии постгляциальной сукцессии молодые деревья встречаются единично, их возраст не превышает 50 лет. Они приурочены, главным образом к мезопонижениям моренного рельефа. До 1985 г., когда возраст молодых деревьев не превышал 15 лет, они росли в условиях естественной защиты мезорельефа, приросты ствола по радиусам, направленным к леднику и от ледника, не отличались друг от друга. При дальнейшем росте дерева (после 1985 г.) его прирост по направлению к леднику начал снижаться в среднем на 33 % по сравнению с приростом по направлению от ледника. Отдельные деревья лиственницы начали плодоносить.

Таким образом, динамика радиального прироста и плодоношения кедра сибирского и лиственницы сибирской Южно-Чуйского хребта (Горный Алтай) зависит от погодичных погодно-климатических условий и подчиняется внутривековым, вековым и сверхвековым колебаниям климата, но корректируется локальными условиями речных долин на разных макросклонах хребта.

Работа частично поддержана РФФИ (13-05-00762).

ЛИТЕРАТУРА

Воробьев В.Н., Горошкевич С.Н., Савчук Д.А. Ретроспективное изучение динамики половой репродукции кедра сибирского // Проблемы дендрохронологии и дендроклиматологии. – Свердловск, УрО АН СССР, 1990. – С. 33–34.

Holmes R.L. Computer-assisted quality control in tree-ring dating and measurements // Tree-Ring Bull., 1983. – Vol. 44. – P. 69–75.

Holmes R.L. Program CRONOL. – Tuscon, 1992.

Methods of dendrochronology: Applications in the environmental sciences / Cook E.R., Kairukstis L.A., eds. – Dordrecht–Boston–London: Kluwer Acad. Publ., 1990. – 394 p.

Rinn F. TSAP v.3.5. Computer program for tree-ring analysis and presentation. – Heidelberg: Frank Rinn Distribution, 1996. – 264 p.

SUMMARY

Tree ring width chronologies of Siberian larch and Siberian stone pine as well as seed cone production chronologies of Siberian stone pine in high altitudinal forests, forest-tundra ecotone and glacier moraine on the southern (the Dzhazator river valley) and northern (the Akkol river valley) slopes of the South Chuisky Range (the Altai Mountains) were analyzed under climate changes.