НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ТОМСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ РУССКОГО БОТАНИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА

Проблемы изучения растительного покрова Сибири

Труды VII Международной научной конференции,
посвященной 135-летию Гербария им. П.Н. Крылова
Томского государственного университета
и 170-летию со дня рождения П.Н. Крылова

(Томск, 28–30 сентября 2020 г.)

Томск
Издательство ТГУ
2020

Климатический аспект усыхания *Abies sibirica* Ledeb. в горах Восточного Саяна

И.А. Петров¹, А.С. Шушпанов^{1,3}, С.Т. Им^{1,2,3}, А.С. Голуков^{1,2}

¹ Институт леса им. В. Н. Сукачева СО РАН, обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН, Красноярск, Россия; institute_forest@ksc.krasn.ru

² Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия; office@sfu-kras.ru

³ Сибирский государственный университет науки и технологий им. М. Ф. Решетнева, Красноярск, Россия; info@sibsau.ru

Аннотация. В работе рассмотрен климатический отклик радиального прироста пихты (*Abies sibirica* Ledeb.) в зонах усыхания темнохвойных древостоев на северных отрогах гор Восточного Саяна. Исследование проведено на основе выборки из 203 деревьев пихты. Измерение ширины годичных колец и построение древесно-кольцевых хронологий проводилось согласно общепризнанным дендрохронологическим методикам. Полученные индивидуальные древесно-кольцевые хронологии были разделены на две группы по признакам жизненного состояния деревьев и трендам радиального прироста за последние десятилетия. Установлено, что значимые различия радиального прироста наблюдаются после засухи 1999 года. Сравнение индексов радиального прироста с индексами SPEI показало, что спады радиального прироста совпадают со снижением уровня атмосферного увлажнения и повышением чувствительности деревьев к атмосферным засухам. Атмосферная засуха, вызвавшая снижение радиального прироста, также предшествовала возрастанию смертности пихты и вспышке массового размножения *Polygraphus proximus* Blandford.

Ключевые слова: усыхание пихты, изменения климата, *Abies sibirica*, *Polygraphus proximus*, водный стресс.

Climatic aspect of fir (*Abies sibirica* Ledeb.) mortality in the Eastern Sayan Mountains

I.A. Petrov¹, A.S. Shushpanov^{1,3}, S.T. Im^{1,2,3}, A.S. Golyukov^{1,2}

¹ Sukachev Institute of Forest, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Krasnoyarsk, Russia; institute_forest@ksc.krasn.ru

² Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia; office@sfu-kras.ru

³ Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, Russia; info@sibsau.ru

Abstract. The study considers the climatic response of fir (*Abies sibirica* Ledeb.) radial increment in the zones of dark coniferous decline on the northern spurs of the Eastern Sayan Mountains. Radial increment of 203 fir trees was analyzed. The measurement of the tree ring width and the development of tree-ring chronologies were carried out according to the generally recognized dendrochronological methods. The individual tree-ring chronologies obtained were divided into two groups according to the characteristics of the vital state of trees and radial increment trends over the past decades. It was found that significant differences in radial increment were observed after the drought in 1999. Comparison of the radial increment indices with the SPEI showed that the depression in radial increment coincide with a decrease in the level of atmospheric moisture and an increase in the sensitivity of trees to atmospheric droughts. Atmospheric drought, which caused a decrease in radial increment, also preceded an increase in fir mortality and an outbreak of *Polygraphus proximus* Blandford.

Key words: fir decline, climate change, *Abies sibirica*, *Polygraphus proximus*, water stress.

Усыхание пихты (*Abies sibirica* Ledeb.) в Сибири приобрело катастрофический характер. По состоянию на 2017 год усыхание зафиксировано на 75% площади пихтарников (Харук и др., 2019). Основной причиной усыхания является активизация короеда *Polygraphus proximus* Blandford. (Кривец и др., 2015) на фоне возрастания температуры и аридизации климата.

Цель работы: оценить климатический отклик радиального прироста деревьев *Abies sibirica* на происходящие климатические изменения в зонах усыхания темнохвойных древостоев на северных отрогах гор Восточного Саяна.

Объект и методы исследований

В работе анализировались данные о радиальном приросте 203 деревьев пихты сибирской. Образцы древесины в виде кернов отбирались на 23 временных пробных площадях в зонах усыхания древостоев. Обработка древесных кернов проводилась с применением общепризнанной дендрохронологической методики (Speer, 2010). Проверка качества перекрёстной датировки проводилась в программе COFECHA. Для построения индексированных древесно-кольцевых хронологий использовалась программа ARSTAN. Итоговый набор временных рядов ширины годичных колец был разделён на две группы на основе полевых описаний жизненного состояния деревьев и трендов радиального прироста за последние десятилетия. Далее полученные древесно-кольцевые хронологии сравнивались с параметрами атмосферного увлажнения (индекс SPEI; <http://sac.csic.es/spei>) для определения климатического отклика.

Результаты

Радиальный прирост (РП) пихты возрастал с середины 1950-х до середины 1980-х с замедлением РП в середине 1970-х до начала 1980-х (рис. 1). После 1985 года наблюдается снижение РП с разделением выборки на «живые» и «усыхающие» деревья. Значимое разделение выборки по параметру РП начинается с 1999 года: «усыхающие» деревья значительно отстают по ширине годичных колец от «живых» и сохраняют отрицательный тренд, в то время как «живые» деревья восстанавливают значения РП до уровня середины 1980-х. В конце 2000-х как у «живых», так и у «усыхающих» деревьев снова фиксируется существенный спад РП, хотя индексы ширины годичных колец у группы «живых» значительно выше. Резкое падение РП фиксируется после 2012 года и совпадает со значительным увеличением смертности деревьев.

Рис. 1. Древесно-кольцевые хронологии когорт «живых» (N = 105) и «усыхающих» (N = 97) деревьев пихты. Смертность деревьев (процент погибших) указана столбцами. Доверительный интервал ($p < 0,05$) отмечен серым фоном. Стрелкой отмечен год разделения «живых» и «усыхающих» деревьев

Снижение РП в середине 1970-х и начале 1990-х совпадают с сильными атмосферными засухами (рис. 2, а). В 1999 году наблюдается локальный минимум атмосферного увлажнения, который совпадает с точкой разделения древесно-кольцевых хронологий. Возрастание смертности и существенный спад РП наблюдаются после засух 2011–2012 гг.

Рис. 2. (а) – динамика индекса SPEI (май – июнь), стрелками отмечены года сильных атмосферных засух, (б) – сравнение скользящих коэффициентов корреляций между индексами радиального прироста и SPEI (окно 11 лет) со скользящим 11-летним средним SPEI (май – июнь)

Дендроклиматический анализ древесно-кольцевых хронологий пихты в зоне усыхания темнохвойных на северных отрогах Восточного Саяна (рис. 2, б) позволил установить периоды возрастания связи РП и индексов SPEI начала сезона вегетации (май – июнь): 1971–1987 ($r = 0,6$) и 1992–2012 ($r = 0,63$). Данные периоды характеризуются спадом уровня атмосферного увлажнения: сравнение 11-летнего скользящего коэффициента корреляции и 11-летней средней SPEI указывают на то, что связь становится значимой в тот период, когда 11-летнее среднее SPEI приобретает отрицательный знак (что свидетельствует о сильных повторяющихся засухах). Ослабление деревьев, вызванное водным стрессом из-за снижения атмосферного увлажнения и повышения засушливости климата, предшествовало вспышке массового размножения уссурийского полиграфа (*Polygraphus proximus*), которая к настоящему моменту приобрела катастрофические масштабы.

Выводы:

– РП пихты существенно замедляется после 1985 года на фоне возрастания засушливости климата. После засухи 1999 года наблюдается разделение деревьев по уровню РП: часть деревьев восстанавливает РП до уровня 1985 года, другая часть деревьев продолжает снижать РП и постепенно отмирает.

– После засухи 2012 года зафиксировано резкое возрастание смертности пихты и синхронное снижение индексов РП у обеих групп.

– Снижение индексов РП пихты совпадает с периодами атмосферных засух и возрастанием чувствительности РП к индексам SPEI.

– Вспышке массового размножения уссурийского полиграфа (*Polygraphus proximus*) предшествовала атмосферная засуха, вызвавшая снижение РП и ухудшение жизненного состояния пихты.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований: проект № 18-45-240003 «Пространственно-временная динамика, раннее обнаружение и картографирование усыхающих темнохвойных древостоев Средней Сибири на основе материалов дистанционного зондирования» и проект № 18-05-00432 «Воздействие изменений климата на леса Сибири: анализ горимости лесных территорий, величины прироста хвойных пород, жизненного состояния и продуктивности древостоев».

ЛИТЕРАТУРА

- Харук В.И., Шушпанов А.С., Петров И.А., Демидко Д.А., Им С.Т., Кнорре А.А. Усыхание *Abies sibirica* Ledeb. в горных лесах Восточного Саяна // Сибирский экологический журнал. 2019. № 4. С. 369–382.
- Кривец С.А., Керчев И.А., Бисирова Э.М., Петько В.М., Баранчиков Ю.Н. Распространение уссурийского полиграфа *Polygraphus proximus* Blandf. (Coleoptera, Curculionidae: Scolytin ae) в Сибири // Изв. СПб. лесотехн. акад. 2015. Вып. 211. С. 190–211.
- Speer J.H. Fundamentals of Tree-Ring Research. University of Arizona Press, 2010. 509 p.