

УДК 581.526.42

ДИНАМИКА ДРЕВОСТОЯ КЕДРОВО-ЛИСТВЕННИЧНОГО ЛЕСА В ВЕРХНЕМ ЛЕСНОМ ПОЯСЕ СОХОНДИНСКОГО БИОСФЕРНОГО ЗАПОВЕДНИКА

Галанин А.В., Долгалева Л.М.

Ботанический сад-институт ДВО РАН, г. Владивосток

В статье анализируются результаты мониторинга древостоя на постоянной пробной площади, заложенной в 1983 г. в верхнем лесном поясе в Сохондинском биосферном заповеднике (южное Забайкалье). Показано, что произошло снижение ценотической активности лиственницы даурской и рост ее у кедра сибирского. Изменения связаны с глобальным изменением климата, а именно с потеплением и с более быстрой протайкой сезонной и деградацией многолетней мерзлоты.

Ключевые слова: мониторинг растительности, ценотическая структура, лиственница даурская, кедр сибирский, Сохондинский заповедник.

Сохондинский государственный биосферный заповедник (СГБЗ) находится в Забайкальском крае (Кыринский район) недалеко от границы с Монголией, занимает площадь 210988 га и имеет исключительное природоохранное значение. Важнейшим его компонентом в условиях ксерофитизации климата является приусловая и пойменная растительность, активная как источник возобновимых ресурсов и как регулятор природных процессов. В настоящее время лесные приусловые сообщества малых и средних рек СГБЗ испытывают интенсивные нагрузки, связанные с многочисленными пожарами, вызывающими сукцессии, глобальным изменением климата, вызывающим климатические сукцессии, а также с выпасом скота в лесных массивах.

Геоботанические исследования в Сохондинском государственном биосферном заповеднике планировались изначально в 1982–1984 гг. как длительный мониторинг растительного покрова. Для этого в заповеднике была заложена, маркирована и описана система постоянных пробных площадей (Беликович, Галанин, 2002а,б; Галанин и др., 2002; Галанин, Беликович, 2004).

Климат СГБЗ резко континентальный, с господствующим сибирским антициклоном. Весна теплая, сухая, ветреная, с возвратными холодами, которые могут продлиться до июня. Летний период отличает влияние тихоокеанских муссонов, приносящих осадки с июля по август, когда выпадает до 80% годовой нормы осадков. Среднегодовая температура $-2,9^{\circ}\text{C}$. Продолжительность вегетационного периода около 90 дней (у подножий хребтов 130–140). Снежный покров зимой достигает максимально 45–53 см в верхнем поясе гор и бывает очень незначительный в нижнем поясе и межгорных котловинах, отчего почва здесь

промерзает на глубину до 2 м. На территории заповедника распространена многолетняя мерзлота островного типа.

Растительный покров заповедника обычно подразделяется на 4 высотных пояса: нижний лесной с доминированием лиственницы даурской и сосны обыкновенной (1100–1700 м над ур. моря), верхний лесной с доминированием лиственницы даурской и кедра сибирского (1700–1900 м), подгольцового с преобладанием кедрового стланика (1900–2100 м) и гольцового, занятого тундровой растительностью и каменистыми лишайниковыми пустынями (выше 2100 м). Луговая растительность встречается фрагментарно, только небольшими участками среди пойменных ивняков в лесных поясах и в виде приручевых лужаек в подгольцовом и гольцовом поясах.

Целью работы является выявление динамики ценотической структуры приуслового кедрово-лиственничного леса, расположенного в верхнем лесном поясе СГБЗ, и оценка его экологического состояния. Для достижения цели была проведена ревизия постоянной пробной площади, заложенной в 1983 г., и анализ состояния лесной растительности на ключевом участке. Исследованный участок расположен в юго-западной части заповедника в долине реки Букукун и простирается от с. Букукун до оз. Букукунского. Его протяженность составляет около 50 км. Река на этом участке разделена сетью протоков, в нее впадает множество горных речек и ручьев (Сохондинка, Загадочный и др.) Ширина поймы варьирует от 10 до 500 м, высота над меженным уровнем реки составляет не более 3 м, падение реки значительное.

Состав растительных сообществ здесь тесно связан с гидрологическими и геоморфологическими особенностями приусловой части реки. На приусловых отмелях в условиях длительного затопления и отложения руслового аллювия происходит формирование прибрежных ивняков из *Salix schwerinii*, *S. rorida*, *S. sochondinensis* и др., в составе которых наиболее характерны: *Equisetum arvense*, *Inula britannica*, *Patrinia sibirica*. Приусловые валы заняты ивняками и тополевыми лесами (*Populus suaveolens*), доходящими до верхнего течения р. Сохондинки, до высоты 1100–1200 м над ур. моря. На наносных приусловых террасах обширные заросли состоят из *Salix rorida* и *S. schwerinii*. Для них типична высокая сомкнутость крон и

плотность древостоя, что способствует развитию кустарниковых жизненных форм ив, а напочвенный покров оказывается разреженным, с проективным покрытием не более 5–7%. В процессе сукцессии ивняки полностью замещаются тополевыми или березово-лиственничными лесами. На высоких редко затапливаемых наносных островах, между петлями и протоками р. Букукун встречаются сосново-лиственничные (*Pinus sylvestris* и *Larix gmelinii*) разнотравно-злаковые леса. В них слабо развит подлесок из *Padus avium*, *Swida alba*, *Rosa acicularis*. Травяной ярус здесь разнотравно-злаковый, с участием видов таежного мелкотравья. В верхнем лесном поясе преобладают кедровые и кедрово-лиственничные леса, занимающие протяженные участки вдоль русел рек и ручьев. Переописание постоянных пробных площадей (ППП), заложенных в прирусловых ценозах, позволяет оценить динамические процессы, происходящие в данных экосистемах. Ниже приводится характеристика изменений на ППП–5, происшедшая в результате смены гидрологического режима кл. Загадочный.

ППП–5 заложена А.В. Галаниным и А.В. Беликович в 1983 г. переописана ими первый раз в 2000 г., и второй раз переописана в 2007 г. Л.М. Долгалева, С.А. Ерышевой, Т.А. Огородней. Расположена площадь в пойме кл. Загадочный (западный склон горы в долину р. Букукун в урочище Верхний Букукун), в кедрово-лиственничном разнокустарниковом лесу, на высоте 1656 м. Ключ здесь разбит на несколько рукавов, в пойме наблюдается довольно существенный подрусловый ток воды, имеются провалы, периодически заливаемые водой. Каменистое ложе состоит из валунов и покрыто толстой моховой подушкой из зеленых мхов. В 2000 г. пойма характеризовалась как заливаемая, а ручей имел постоянный водный поток и функционировал в наземном режиме, в 2007 г. ручей ушел в подрусловое течение.

Формула древостоя за это время не изменилась: 1 ярус 7Л 3К, 2 ярус 7К3Л. Высота древостоя: для 1 яруса: К=20 м, Л=21–22 м; для 2 яруса: К=15 м, Л=17 м, бонитет III, полнота 0,5, сомкнутость 0,6. Возраст древостоя 150–180 лет. Кустарниковый ярус образован *Lonicera turczaninowii*, *Salix jennisseensis*, *Rosa acicularis*, *Pentaphylloides fruticosa*, *Betula nana* subsp. *rotundifolia*. Общее проективное покрытие 70%. Имеется подрост из лиственницы даурской и кедра сибирского, высотой до 1,5–2,0 м по 20–50 экз/га. Состав травяно-кустарничкового яруса разнообразен, представлен *Ledum palustre*, *Vaccinium vitis-idaea*, *Trientalis europaea*, *Pyrola chlorantha*, *Linnaea borealis* и др.

За 7 лет структура древесного яруса изменилась, но не произошло смены доминанта: доминантом осталась лиственница. В 2000 г. вариационный ряд лиственницы, построенный по мере

убывания толщины ствола (Галанин, Беликович, 2004), был почти вогнутым, что показывает лидирующее положение вида в сообществе, увеличивающего прирост у доминирующих деревьев быстрее, чем у особей сублидеров, и особенно чем у особей угнетенных (рис. 1 А). Вогнутый тренд вариационного ряда популяции кедра имеет выпуклость в диапазоне окружности ствола 600–1000 мм. Это говорит о том, что особи кедра сублидеры растут в толщину быстрее, чем особи лидеров. Высокий уровень конкуренции среди особей возобновления не позволяет им выйти в сублидеры. Эти особи «ждут своего часа», когда погибнет особь лидер или сублидер: тогда в древостое образуется окно, и это окно быстро заполняют особи из подростка и возобновления. Смены породы при этом не произойдет. Только небольшая часть угнетенных особей доживает до взрослого состояния, большая часть их погибает в результате самоизреживания.

В 2007 г. структура ценопопуляции кедра несколько изменяется (рис. 1 Б). Выпуклый участок на кривой его вариационного ряда стал более отчетлив. Следовательно, ценогические позиции кедра в данном фитоценозе заметно усилились, кедр продолжает вытеснять лиственницу, опережая ее в приросте по диаметру. За 7 лет произошло небольшое изреживание древостоя за счет гибели тонкомера – то есть сильно угнетенных особей: выпал примерно 1% тонких особей лиственниц.

Тенденция к смене доминантов, по нашему мнению, связана со сменой гидрологического режима ключа с надруслового тока (способствующего развитию оптимальных для лиственницы влажных условий произрастания) на подрусловое, что приводит к формированию условий, к которым в лучшей степени адаптированы особи кедра. Последний, как видно из диаграммы, и активизировал свой прирост. Многолетние наблюдения климата на стационаре Букукун показывают устойчивое за последние 50 лет повышение средних летних и особенно зимних температур (Маврина, Маврин, 2009). Изменение условий данного местообитания связано также с более быстрой протайкой весной сезонной мерзлоты и с деградацией мерзлоты многолетней.

Сравнить две выборки и отобразить квартили можно с помощью ящичной диаграммы (boxplot). Минимальное и максимальное значение: (первый и последний элементы ряда) обозначим через x_{\min} и x_{\max} . Разность между ними называется размахом. В центре определены два члена ряда (количество членов выборки четно). Медианой ряда будем считать полусумму этих двух значений:

$$\text{med} = (x_1 + x_{i+1})/2$$

Если объем выборки нечетен, то в качестве медианы будет средний элемент. Элементы вариационного ряда, на четверть отстоящие от краев, называются соответственно нижней и верхней квартилями и обозначаются $z1/4$ и $z3/4$. Если чет-

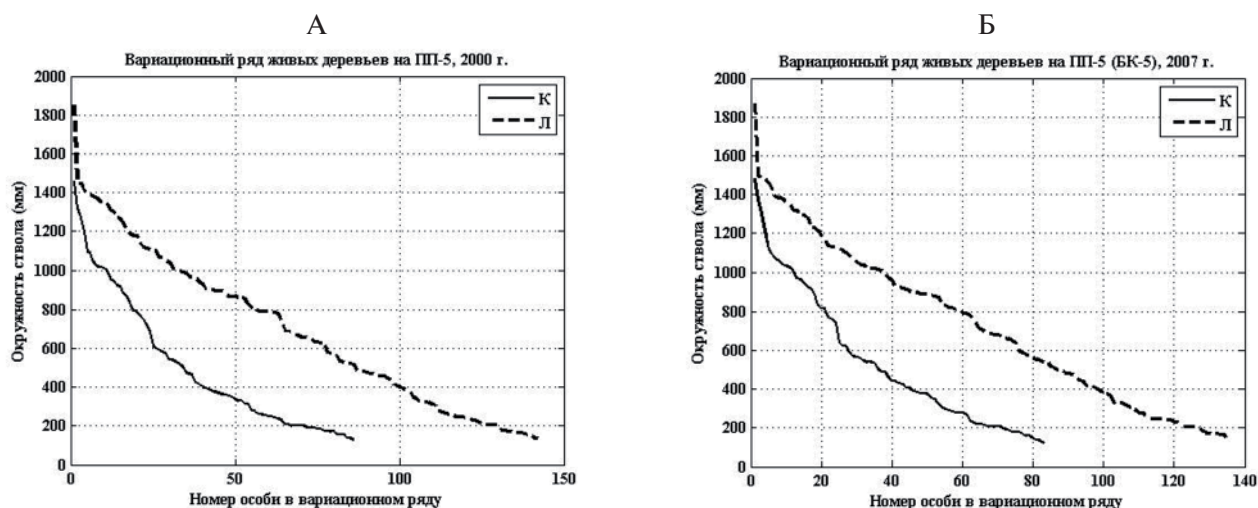


Рис. 1. Вариационный ряд деревьев на ППП–5 в 2000 г. (А) и в 2007 г. (Б). По оси абсцисс: номер особи в вариационном ряду, построенном по убыванию толщины ствола. По оси ординат: длина окружности ствола на высоте 1,3 м от поверхности почвы. Популяция лиственницы за 7 лет изменилась совсем незначительно, в основном за счет сокращения числа молодых особей.

верть от величины объема выборки n – нецелое число, то возьмем от него целую часть: i . Затем отсчитаем от начала и от конца по i элементов. i -тые по счету от начала и конца и будут квартилями.

Поскольку мы имеем дело со статистическими, то есть с вероятностными данными, прямоугольник обозначает диапазон среднего значения, в которое среднее значение попадает с 95 % вероятностью (так называемую ошибку среднего). Наконец, «усы» показывают меру разброса результатов вокруг средней результативности (стандартное отклонение). Значения, выбивающиеся из распределения, явно много больше или много меньше всех остальных членов ряда, называются выбросами (показатели, которые «портят статистику»). «Квартиль» – четверти отрезка (размаха выборки). Именно такова длина усов, длина ящика – половина размаха. Медиана делит сам ящик пополам.

Отобразим данные двух массивов, использованных для построения потоковой диаграммы выше, в виде «ящика с усами» (ящичной диаграммы), помогающего оценить среднее значение, разброс и квартили в динамике (рис. 2, А и Б). По точкам, расположенным внутри ящиков, можно судить, какая из популяций доминирует. Чем выше расположена точка, тем доминирование популяции или особи выше. На диаграмме лидерами являются особи лиственницы. По высоте самих ящиков можно судить о том, насколько компактной является структура популяции. Несмотря на то, что доминирует лиственница, в ценозе компактностью (а значит, большей целостностью), обладает популяция кедра. На это указывает и размах «усов».

«Усы» у ящиков показывают максимальное и минимальное значения окружности стволов деревьев. Показано, что максимумы для популяций имеют значение большие, чем минимумы, что по-

казывает тенденцию развития, роста ценоза. За период исследований как размах, так и размеры «ящиков» практически не изменились, что указывает на острую конкуренцию внутри ценоза. Отмечается некоторое смещение к 2007 г. по сравнению с 2000 г. на диаграмме «ящиков» лиственницы и кедра, что связано с увеличением обхвата особей во времени. Как показали натурные исследования, на стадии развития практически не происходит выпадения конкурентов при низкой плотности популяции. Асимметрия диаграммы кедра (медиана смещена к области тонких особей), на наш взгляд, показывает стадию «накопления» подроста, в то время как центральное положение медианы в выборке лиственницы отражает преобладание среднетолстых особей, не способных к росту. В ценозе отсутствуют выбросы по кедру и лиственнице, что говорит о слабой дифференцированности структуры.

Таким образом, для прирусловых лесов верхнего лесного пояса Сохондинского биосферного заповедника в настоящее время характерна сукцессия, направленная в сторону стагнации лиственницы даурской и активизации кедра сибирского. В верхний лесной пояс очень активно в последние 15 лет начала проникать сосна обыкновенная, что также зафиксировано нами на постоянных пробных площадях. Изменение экологического режима в сторону иссушения приводит к деградации мохового покрова и замене его покровом из кустистых лишайников.

Однако иссушение пойм небольших речек и ручьев происходит только там, где их падение значительное, где они стекают по склонам гор. Там же, где ручьи протекают по субгоризонтальным поверхностям, например, в пределах Джермалтай-Ингодинской депрессии, в результате протайки многолетней мерзлоты на вышележащих склонах

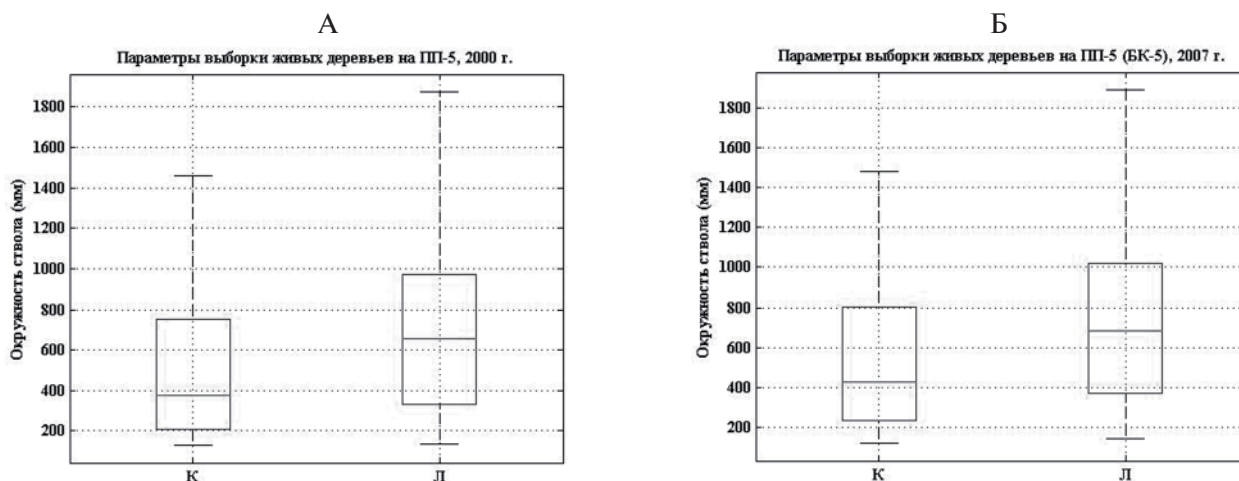


Рис. 2. Ящичная диаграмма выборки в популяциях по диаметру кедра сибирского (К) и лиственницы сибирской (Л) на ППП-5 в 2000 г. (А) и в 2007 г. (Б). По оси ординат: длина окружности ствола на высоте 1,3 м от поверхности почвы.

и нагорных террасах, напротив, происходит обводнение пойм и усиление подруслового тока речек и ручьев. В таких местах заметно активизировалась ель сибирская (*Picea obovata*).

Прирусловые леса в долине р. Букукун и его притоков в верхнем лесном поясе являются важным индикатором смены экологических условий, происходящих в заповеднике под влиянием глобального изменения климата. Локальный мониторинг динамики фитоценозов с опорой на анализ изменений структуры лесных сообществ на постоянных пробных площадях позволяет получить важную информацию о скорости и направлении климатической сукцессии в условиях определенной конкретной флоры. Анализ состояния лесной растительности на ключевом участке кедрово-лиственничного леса показал, что леса верхнего лесного пояса весьма устойчивы и лабильны к изменениям гидрологического режима рек. При этих изменениях изменяется активность видов доминантов: то активизируется лиственница даурская (похолодания и усиление увлажнения), то кедр сибирский (потепления и иссушение местообитаний).

Л и т е р а т у р а

Беликович А.В., Галанин А.В. Изменения в растительном покрове Сохондинского заповедника по результатам ревизии геоботанических пробных площадей (1983–2001) // Растительный и животный мир Сохондинского государственного заповедника. — Чита: изд-во СБЗ, 2002. С. 14–34. (Труды Сохондинского биосферного заповедника. Вып. 1).

Беликович А.В., Галанин А.В. Предварительный список видов сосудистых растений Сохондинского биосферного заповедника и его окрестностей // Растительный и животный мир Сохондинского государственного заповедника. — Чита: изд-во СБЗ, 2002. С. 81–103. (Труды Сохондинского биосферного заповедника. Вып. 1).

Галанин А.В., Беликович А.В., Галанина И.А. Анализ растительности лиственнично-березового леса в долине р. Агуца в Сохондинском биосферном заповеднике // Растительный и животный мир Сохондинского государственного заповедника. — Чита: изд-во СБЗ, 2002. С. 35–54. (Труды Сохондинского биосферного заповедника. Вып. 1).

Галанин А.В., Беликович А.В. Постоянные геоботанические пробные площади Сохондинского биосферного заповедника. — Чита: Поиск, 2004. — 228 с.

Маврина Т.Н., Маврин И.Б. Фенологические тенденции в природе южного Забайкалья // Ритмы и катастрофы в растительном покрове II. Опустынивание в Даурии. — Владивосток: БСИ ДВО РАН, 2009. С. 100–120.

DYNAMICS OF *PINUS SIBIRICA-LARIX GMELINII* FOREST STAND IN THE UPPER FOREST BELT OF SOKHONDO BIOSPHERE RESERVE

A. V. Galanin, L. M. Dolgalyeva
Botanical Garden-Institute FEB RAS, Vladivostok

Keywords: vegetation monitoring, larch forest, Transbaikalia

The paper analyzes forest stand monitoring results on the constant sample plot, which was established in 1983 in the upper forest belt in Sokhondo Biosphere Reserve, Southern Transbaikalia. It is shown that coenotic activity of *Larix gmelinii* has been decreasing for 7 years, backwards, activity of *Pinus sibirica* has been increasing. The changes are connected with global climate changes, mostly with air warming and more intense thawing of seasonal permafrost and degradation of long-lived permafrost.

И. 1. Bibl. 5.