

ВОЗОБНОВЛЕНИЕ ХВОЙНЫХ В ЭКОТОНЕ ВЕРХНЕЙ ГРАНИЦЫ ДРЕВЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ (СЕВЕРО-ЧУЙСКИЙ ХРЕБЕТ)

Работа выполнена в рамках программы фундаментальных исследований СО РАН (проект 7.10.1.3.) при финансовой поддержке РФФИ.

В экотоне верхней границы древесной растительности Северо-Чуйского хребта (2235–2475 м над ур. м.) изучены особенности возобновления кедра сибирского (*Pinus sibirica* Du Tour) и лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ledeb.). Установлено, что на склонах разной ориентации и крутизны преобладает подрост кедра сибирского, подрост лиственницы сибирской встречается значительно реже.

Ключевые слова: верхняя граница леса, Центральный Алтай, *Pinus sibirica*, *Larix sibirica*, возобновление.

Изучение динамики взаимоотношений леса и тундры высокогорных и северных областей [1] представляет большой теоретический и практический интерес. Под лесотундровым экотонем [2–6] понимается экотон верхней границы древесной растительности – переходный пояс растительности между верхней границей сомкнутых лесов и верхней границей распространения отдельных деревьев в высокогорной тундре. В таких экотонах все виды деревьев произрастают в экстремальных климатических условиях, и здесь наиболее четко выражаются их реакции на изменения климата. С этой точки зрения значительный интерес представляет изучение возобновления хвойных видов деревьев, т.к. только они и формируют верхнюю границу леса.

Кедр сибирский (*Pinus sibirica* Du Tour) и лиственница сибирская (*Larix sibirica* Ledeb.) – основные виды, формирующие верхнюю границу леса на многих хребтах Центрального Алтая [7], в том числе и Северо-Чуйском [8].

Цель данной работы – изучение возобновления основных лесообразующих пород Алтая – кедра сибирского и лиственницы сибирской в экотоне верхней границы древесной растительности Северо-Чуйского хребта.

Материалы и методика

Наши исследования проводились в наиболее возвышенной части северного макросклона Северо-Чуйского хребта (горный узел Биш-Иирду, 50°05' с.ш., 87°45' в.д., Центральный Алтай) в экотоне верхней границы древесной растительности на склонах долины р. Актру и водоразделе рр. Актру – Ян-Карасу.

Возобновление хвойных изучалось в 2004–2007 гг. на постоянных пробных площадях и трансектах, заложенных в экотоне верхней границы древесной растительности по высотному градиенту (2220–2500 м над ур. м.), на восточно-юго-восточном, западно-северо-западном склонах долины р. Актру и северном склоне на водоразделе рр. Актру – Ян-Карасу. В нижней части экотона, где представлены группы деревьев лиственницы и кедра, на склонах разной ориентации и крутизны заложено 9 пробных площадей общей площадью около 3100 м²; в верхней части, где встречаются одиночные деревья – 5 трансект протяженностью 1100 м общей площадью 12000 м².

На каждой пробной площади и трансекте были картированы все обнаруженные молодые особи кедра и лиственницы, измерены высота и диаметр стволиков у

основания и диаметр крон у 200 модельных особей, подсчитано количество особей подроста, определена их плотность (количество на 100 м²). В наших исследованиях к подросту были отнесены молодые разновозрастные особи кедра и лиственницы в возрасте до 60–70 лет высотой до 2,5 м. У разновозрастных молодых особей кедра и лиственницы для определения возраста отобрано около 100 кернов и спилов на высоте 20 см и у корневой шейки. У каждого керна и спила подсчитано количество годичных колец и определен возраст молодых особей кедра и лиственницы для каждой пробной площади и трансекта. При статистической обработке полученных данных определены их средние значения и пределы изменчивости.

Результаты и их обсуждение

Граница леса в бассейне Актру [8] отнесена к двум экологическим типам – термическому и эдафическому [2]. На большей части восточно-юго-восточного и северном склонах долины р. Актру она относится к термическому типу и в условиях этого бассейна при высокой влажности воздуха определяется главным образом недостатком тепла для расселения кедра и лиственницы вверх по склонам. На участках западно-северо-западного и восточно-юго-восточного склонов, примыкающих к моренам ледников Малый Актру и Большой Актру, граница леса эдафического типа. Здесь скальные склоны и обширные подвижные осыпи снижают границу распространения этих видов деревьев.

В настоящее время лесотундровый экотон в Актру на восточно-юго-восточном склоне занимает неширокую полосу 300–500 м, на западно-северо-западном и северном – немногим более 100 м. На климатической границе группы деревьев кедра и лиственницы приурочены к высотам 2335–2350 м, единичные деревья кедра поднимаются до высоты 2475 м, лиственницы – до 2420 м над ур. м. На эдафической границе группы деревьев отмечены на высотах 2235–2260 м, единичные деревья кедра на скальных склонах (по расщелинам скал) – около 2450 м над ур. м. [9].

На крутом сухом восточно-юго-восточном склоне долины р. Актру с разнотравно-злаковым покровом в нижней части экотона на высотах 2235–2365 м над ур. м. в группах деревьев кедра и лиственницы отмечен подрост кедра сибирского, однако всходы кедра не встречены во все годы наблюдений. Выше групп деревьев в верхней части экотона, где встречаются единичные

отдельностоящие деревья лиственницы и кедра, подрост кедра отмечался до высоты 2400 м, лиственницы – до 2370 м над ур. м.

При сопоставлении морфологических характеристик подростка кедра (табл. 1) установлено, что в группах деревьев высота подростка и диаметры стволиков у основания в целом уменьшаются по мере увеличения абсолютной высоты, тогда как на трансектах высота подростка почти не изменяется, а диаметр у основания превышает таковой в группах деревьев. Диаметр кроны подростка кедра в группах деревьев на пробных площадях практически одинаков, а на трансектах увеличивается в 1,5–2 раза.

Высота молодых особей лиственницы, встретившихся только на одном из трансект, варьирует от 0,5

до 1,2 м, диаметр у основания стволика – от 2 до 6 см. Средний диаметр кроны составляет 0,7 м (табл. 1).

Средний возраст подростка кедра на пробных площадях в группах деревьев колеблется от 32 до 39 лет (пределы варьирования 19–49 лет), на трансектах – от 43 до 49 лет (пределы варьирования 27–73 года). Сравнение возрастных особенностей подростка кедра на пробных площадях и на трансектах показало, что его заселение произошло неодинаково. Так, молодое поколение кедра на пробных площадях представлено особями, заселившимися в 1957–1987 гг., в верхней части – в 1963–1984 гг. Основная часть молодых особей кедра на этом склоне появилась в 1963–1974 гг. Молодые особи лиственницы в верхней части экотона заселились в 1968–1982 гг.

Таблица 1

Характеристика подростка кедра сибирского и лиственницы сибирской на восточно-юго-восточном склоне долины р. Актру

Характеристики		Пробные площади				Трансекты		
		16	21	26	23	21	23	15
Высота над ур. м., м		2235	2240	2260	2265	2240–2425	2265–2330	2335–2475
Состав древесного яруса насаждений		10К+Л	8К2Л	10К	10К	10К+Л	9К1Л	8К2Л
Высота подростка, м	К	$1,9 \pm 0,2$ 1,0–2,5	$1,1 \pm 0,3$ 0,5–2,1	$1,6 \pm 0,2$ 1,1–2,2	$1,0 \pm 0,4$ 0,2–2,4	$1,9 \pm 0,3$ 0,5–2,1	$1,4 \pm 0,2$ 0,3–2,5	$1,9 \pm 0,2$ 0,6–2,5
	Л	–	–	–	–	–	–	$1,0 \pm 0,2$ 0,5–1,2
Диаметр стволика подростка у основания, см	К	$5,1 \pm 0,6$ 3,0–7,0	$2,4 \pm 0,7$ 1,0–4,9	$4,8 \pm 0,9$ 3,0–8,0	$2,8 \pm 1,2$ 0,4–6,9	$6,8 \pm 0,6$ 2,0–12,0	$6,4 \pm 0,7$ 2,0–11,0	$7,1 \pm 0,9$ 2,0–19,0
	Л	–	–	–	–	–	–	$4,3 \pm 1,0$ 2,0–6,0
Диаметр кроны подростка, м	К	$0,7 \pm 0,1$ 0,4–1,0	$0,5 \pm 0,1$ 0,1–0,8	$0,8 \pm 0,1$ 0,6–0,9	$0,8 \pm 0,1$ 0,4–1,2	$1,6 \pm 0,2$ 0,6–3,1	$1,3 \pm 0,2$ 0,5–2,5	$1,2 \pm 0,1$ 0,4–2,1
	Л	–	–	–	–	–	–	$0,7 \pm 0,2$ 0,3–1,0
Средний возраст подростка, лет	К	34 ± 4 20–49	39 ± 3 22–49	35 ± 3 24–44	32 ± 7 19–46	49 ± 5 27–69	46 ± 4 28–73	43 ± 5 28–59
	Л	–	–	–	–	–	–	34 ± 5 24–41
Количество подростка, шт./100 м ²	К	$1,3 \pm 0,6$ 0–3	$2,0 \pm 1,1$ 0–5	$1,3 \pm 0,6$ 0–3	$3,0 \pm 0,4$ 2–4	$0,8 \pm 0,2$ 0–6	$1,6 \pm 0,4$ 0–5	$1,5 \pm 0,5$ 0–15
	Л	–	–	–	–	–	–	$0,5 \pm 0,1$ 0–3

Примечание. К – кедр, Л – лиственница; в числителе – $x \pm Sx$, в знаменателе – пределы варьирования признака; «–» – особи лиственницы отсутствуют.

Плотность подростка кедра как на пробных площадях (1,3–3 шт./100 м²), так и на трансектах (0,8–1,6 шт./100 м²) очень низка. Подрост лиственницы встречен только на одном трансекте в количестве 0,5 шт./100 м² (табл. 1).

На более влажном западно-северо-западном склоне, где в кустарниковом ярусе преобладает березка круглолистная, в напочвенном – мхи и лишайники, группы деревьев кедра и лиственницы приурочены к высотам 2240–2390 м, отдельные деревья лиственницы поднимаются до 2420 м, кедра – до 2465 м над ур. м.

Молодые особи кедра встречаются как в нижней, так и в верхней части профиля до высоты 2460 м над ур. м. (табл. 2).

Высота подростка кедра в нижней и верхней частях профиля в среднем составляет 0,5 м. Диаметр стволика на пробных площадях варьирует от 0,2 до 6,5 см, а на трансекте – от 1,2 до 4,3 см. Самое большое значение диаметра стволика (6,5 см) отмечено на высоте 2240 м

над ур. м. (табл. 2). В разные годы, в отличие от восточно-юго-восточного склона, здесь отмечены проростки и в группах деревьев, и на крупных валунах на высотах до 2400 м над ур. м. Самый большой диаметр кроны молодых особей кедра на пробных площадях варьирует от 0,2 до 0,5 м, тогда как на трансекте в среднем составляет 1,0 м.

Средний возраст кедрового подростка на пробных площадях варьирует от 15 до 33 лет (пределы варьирования 5–67 лет), его заселение происходило в 1939–2001 гг. В верхней части профиля заселение происходило в более узкий период времени – 1956–1986 гг.

Количество подростка кедра на пробных площадях варьирует от 1,7 шт./100 м² (2270 м над ур. м.) до 12,7 шт./100 м² (2390 м над ур. м.).

Подрост лиственницы, отмеченный в верхней части профиля, имеет среднюю высоту 1,8 м, диаметр стволика – 8,5 см, размах варьирования диаметра кроны –

1,3–1,5 м. Средний возраст молодых особей лиственницы на трансекте составил 39 лет (пределы варьирования

32–46 лет), ее заселение в верхней части экотона происходило в 1960–1974 гг. (табл. 2).

Таблица 2

Характеристика подростка кедра сибирского и лиственницы сибирской на западно-северо-западном склоне долины р. Актру и на северном склоне водораздела рр. Актру – Ян-Карасу

Характеристики	Западно-северо-западный склон				Северный склон		
	Пробные площади			Трансекты	Пробные площади		
	14	22	30		28	27	
Высота над уровнем моря, м	2240	2270	2390	2400–2465	2380	2390	
Состав древесного яруса	4К6Л	8К2Л	9К1Л	7К3Л	8К2Л	8К2Л	
Высота подростка, м	К	$0,6 \pm 0,3$ 0,1–2,2	$0,4 \pm 0,1$ 0,1–0,9	$0,5 \pm 0,1$ 0,1–1,0	$0,5 \pm 0,1$ 0,3–0,7	$1,3 \pm 0,3$ 0,9–2,0	$0,3 \pm 0,1$ 0,1–0,5
	Л	–	–	–	$1,8 \pm 0,1$ 1,7–1,8	–	–
Диаметр стволика подростка у основания, см	К	$1,8 \pm 0,8$ 0,2–6,5	$1,1 \pm 0,2$ 0,2–2,4	$0,6 \pm 0,1$ 0,2–0,9	$2,4 \pm 0,5$ 1,2–4,3	$4,8 \pm 1,2$ 2,8–8,2	$0,7 \pm 0,2$ 0,2–1,4
	Л	–	–	–	$8,5 \pm 0,5$ 8,0–9,0	–	–
Диаметр кроны подростка, м	К	$0,3 \pm 0,1$ 0,1–0,9	$0,2 \pm 0,1$ 0,1–0,3	$0,5 \pm 0,1$ 0,1–0,8	$1,0 \pm 0,4$ 0,3–2,4	$0,9 \pm 0,2$ 0,5–1,3	$0,5 \pm 0,1$ 0,2–1,0
	Л	–	–	–	$1,4 \pm 0,1$ 1,3–1,5	–	–
Средний возраст подростка, лет	К	33 ± 9 5–67	15 ± 4 5–28	30 ± 3 6–39	31 ± 4 20–50	43 ± 7 29–58	28 ± 3 11–52
	Л	–	–	–	39 ± 7 32–46	–	–
Количество подростка, шт./100 м ²	К	$4,2 \pm 1,3$ 2–8	$1,7 \pm 0,6$ 0–3	$12,7 \pm 5,8$ 0–28	$2,9 \pm 0,8$ 0–8	$14,0 \pm 4,0$ 10–18	$20,0 \pm 1,2$ 18–22
	Л	–	–	–	$1,1 \pm 0,5$ 0–3	–	–

Примечание. К – кедр, Л – лиственница; в числителе – $\bar{x} \pm Sx$, в знаменателе – пределы варьирования признака; «–» – особи лиственницы отсутствуют.

На пологом увлажненном северном склоне водораздела Актру – Ян-Карасу, где лесотундровый экотон занимает наиболее узкую полосу между сомкнутыми кедрово-лиственничными лесами верхней части лесного пояса и ерниковыми (с господством *Betula rotundifolia*) тундрами, группы деревьев кедр и лиственницы поднимаются наиболее высоко (2390 м над ур. м). Деревья кедр и лиственницы, формирующие хорошо выраженный древесный ярус, здесь очень низкорослы. Высота молодых особей кедр изменяется от 0,1 до 2,0 м, диаметр стволика – от 0,2 до 8,2 см (см. табл. 2). Диаметр крон подростка кедр составляет в среднем 0,5–0,9 м. Возраст молодых особей изменяется от 11 до 58 лет, основное заселение кедр в этих условиях происходило в 1963–1978 гг.

На этих пробных площадях подрост кедр отмечен в большом количестве, здесь – наиболее высокая для района исследований плотность (14–20 экз./100 м²)

разновозрастного подрост кедр. Молодые особи лиственницы в этих условиях не обнаружены.

В экотоне верхней границы древесной растительности Северо-Чуйского хребта на склонах разной ориентации и крутизны преобладает подрост кедр сибирского, который встречается по всему высотному профилю от 2235 до 2460 м над ур. м. Наиболее высокая его плотность отмечена на склоне северной экспозиции.

Подрост кедр сибирского на более сухом восточного-восточном склоне старше, чем на влажном западно-северо-западном на 10–20 лет и отличается более высокими значениями морфологических признаков.

Подрост лиственницы сибирской в экотоне верхней границы древесной растительности Северо-Чуйского хребта встречается очень редко, преимущественно в его верхней части, как на восточно-юго-восточном, так и на западно-северо-западном склоне. На склоне северной экспозиции ее подрост отсутствует.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шиятов С.Г. Динамика верхней границы леса на восточном склоне Полярного Урала (бассейн реки Соби): Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Свердловск, 1964. 18 с.
2. Горчаковский П.Л., Шиятов С.Г. Фитоиндикация условий среды и природных процессов в высокогорьях. М.: Наука, 1985. 208 с.
3. Shiyatov S.G. The upper timberline dynamics during the last 1100 years in the Polar Ural Mountains // Oscillation of the alpine and polar tree limits in the Holocene / Ed. Burgkhard Frenzel. Stuttgart, Jena. N.Y.: Gustav Fisher Verlag, 1993. P. 8–20.
4. Körner Ch. Alpine Plant Life. Berlin, Heidelberg: Springer – Verlag, 1999. 343 p.
5. Kullman L. Dynamics of altitudinal tree-limits in Sweden: A review // Norsk Geographic's Tidsskrift. 1990. B. 44. P. 103–116.
6. Шиятов С.Г., Терентьев М.М., Фомин В.В. Пространственно-временная динамика лесотундровых сообществ на Полярном Урале // Экология. 2005. № 2. С. 83–90.
7. Куминова А.В. Растительный покров Алтая. Новосибирск: Изд-во Сиб. отд. АН СССР, 1960. 449 с.
8. Тимошок Е.Е. Растительность горноледникового бассейна Актру (Северо-Чуйский хребет) // Вестник Томского государственного университета. 2001. № 272. С. 78–82.
9. Тронов М.В. Проблема гляциоклиматических показателей. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1978. 166 с.

Статья представлена научной редакцией «Биология» 2008 г.