

УДК 574.4+581.524.3

## ИЗМЕНЕНИЯ В СОСТАВЕ, СТРУКТУРЕ И ВЫСОТНОМ ПОЛОЖЕНИИ МЕЛКОЛЕСИЙ НА ВЕРХНЕМ ПРЕДЕЛЕ ИХ ПРОИЗРАСТАНИЯ В ГОРАХ СЕВЕРНОГО УРАЛА

© 2006 г. Д. С. Капралов\*, С.Г. Шиятов\*\*, П.А. Моисеев\*\*, В. В. Фомин\*

\* Уральский государственный лесотехнический университет 620100 Екатеринбург, Сибирский тракт, 37 \*\*  
Институт экологии растений и животных УрО РАН 620144 Екатеринбург, ул. 8 Марта, 202 E-mail:  
gislab@mail.ru, stepan@ipae.uran.ru

Поступила в редакцию 24.04.2006 г.

На Тылайско-Конжаковско-Серебрянском горном массиве (Северный Урал) изучены изменения в составе, структуре и высотном положении мелколесий на верхнем пределе их произрастания, которые произошли в течение последних 50 лет. Для качественной и количественной оценки этих изменений использовались описательные, фотографические и картографические материалы, полученные в 1956 и 2005 гг. Показано, что на большинстве склонов верхняя граница мелколесий поднялась выше в горы. Существенные изменения произошли в составе, сомкнутости и высоте древесного яруса сообществ, которые в 1956 г. формировали верхнюю границу мелколесий. Из довольно большого числа древесных видов, произрастающих в подгольцовом поясе (*Picea obovata*, *Larix sibirica*, *Pinus sibirica*, *Abies sibirica*), наиболее активно расселялась береза извилистая (*Betula tortuosa*). Участие ели сибирской и особенно лиственницы сибирской в составе древостоев мелколесий снизилось. Эти изменения обусловлены происходившим в последние десятилетия потеплением и увлажнением климата.

*Ключевые слова:* верхняя граница мелколесий, состав и структура древостоев, потепление и увлажнение климата, географическая информационная система, Северный Урал.

Изучению динамики лесных сообществ и их компонентов под влиянием происходящих в настоящее время изменений климата уделяется большое внимание. Особенно актуально проведение таких исследований в высокогорных районах, где древесная растительность произрастает в экстремальных почвенно-климатических условиях и реакция лесных экосистем на происходящие изменения климата более четко выражена (Моисеев и др., 2004; Шиятов и др. 2005; Shiyatov, 1993; Korner, 1999; Holtmeier, 2003; Kullman, 2003). Наибольший интерес представляют районы, в которых высокогорная растительность не подвергалась существенному воздействию антропогенных факторов. В этом отношении высокогорные районы Уральского хребта, который меридионально простирается от зоны тундр на севере до зоны степей на юге, являются одними из наиболее перспективных.

Цель данной работы – изучение качественных и количественных изменений в составе, структуре и высотном распределении мелколесий на верхнем пределе их произрастания на Тылайско-Конжаковско-Серебрянском горном массиве (Северный Урал), которые произошли во второй половине XX в.

### РАЙОН ИССЛЕДОВАНИЙ

Тылайско-Конжаковско-Серебрянский горный массив (59°30'–59°40' с. ш., 59°00'–59°20' в. д.) расположен в осевой водораздельной полосе Северного Урала, простираясь с запада на восток на 20 км. Массив состоит из трех горных вершин: Тылайского Камня – высота 1470 м над ур.м., Конжаковского Камня (1569 м) и Серебрянского Камня (1306 м). К югу и северу от центральной оси массива простираются многочисленные отроги (см. рисунок). Массив сложен пироксенитами, дунитами и габбро и занимает водораздельное положение: с северо-западных склонов берет начало р. Косьва (приток р. Камы), а с остальных склонов – р. Лобва (приток р. Сосьвы). Выше верхней границы мелколесий преобладают крутые склоны, покрытые крупноглыбовыми каменными россыпями (курумами).

Подножия гор до высоты 850–900 м занимает горно-лесной пояс, где преобладают темнохвойные леса с господством ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb.), пихты сибирской (*Abies sibirica* Ledeb.) и кедра сибирского (*Pinus sibirica* Du Tour). В восточной части массива и в окрестностях пос. Кытлым распространены сосновые (из *Pinus sylvestris* L.) и березовые (из *Betula pubescens* Ehrh.) леса. Выше горно-лесного расположен

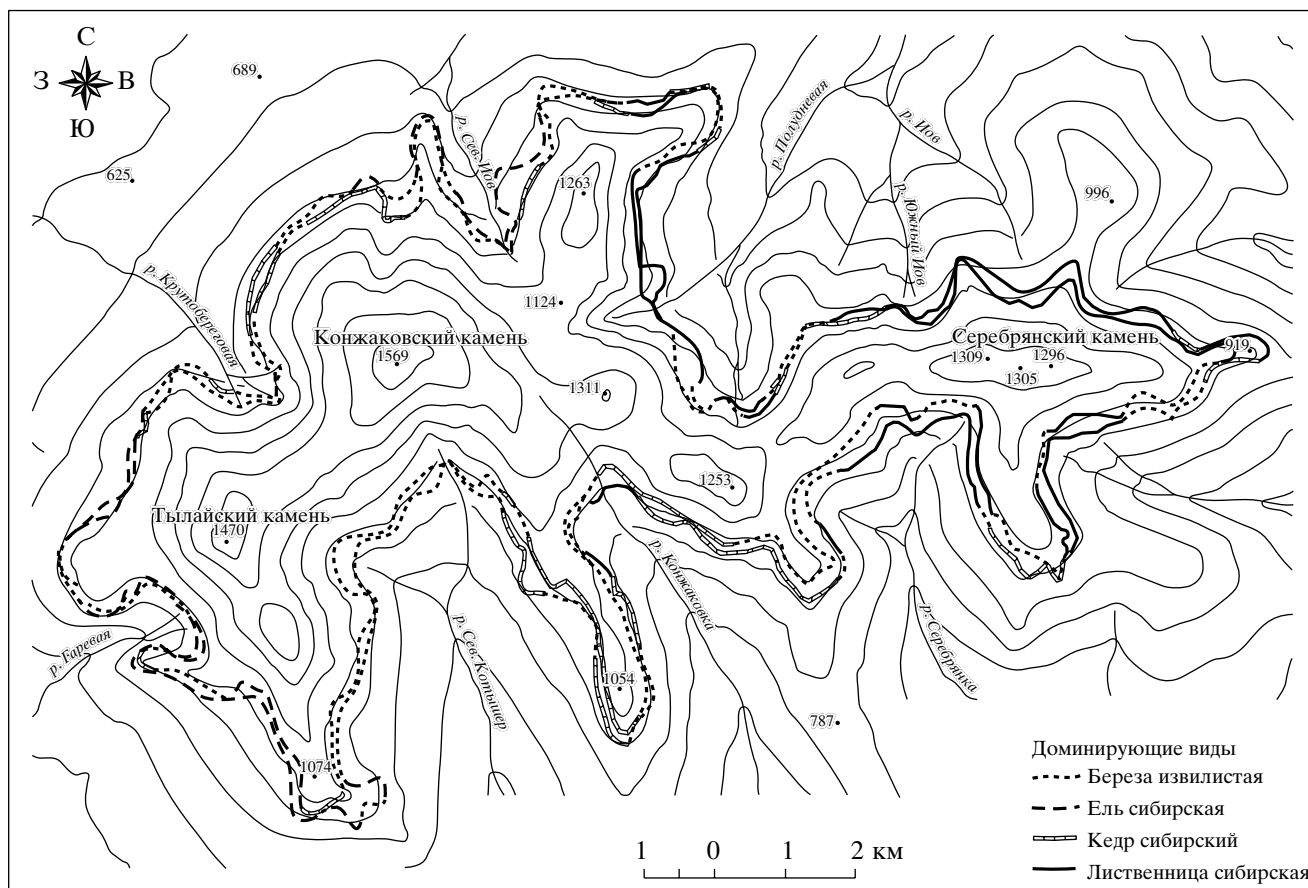


Рисунок. Картограмма расположения верхней границы мелколесий в 1956 г. (нижняя линия) и 2005 г. (верхняя линия) с учетом доминирования различных видов деревьев.

подгольцовый пояс, представленный мелколесьями (криволесьями и редколесьями), где произрастают перечисленные выше таежные виды, за исключением сосны обыкновенной. В восточной части массива к ним присоединяется лиственница сибирская (*Larix sibirica* Ledeb.), образующая редкостойные сообщества. Береза пушистая заменяется близкородственным видом березой извилистой (*Betula tortuosa* Ledeb.). Пихта сибирская встречается в качестве примеси, при этом для нее характерны стланиковая и многоствольная формы роста. Верхнюю часть гор (выше 900–1000 м) занимает горно-тундровый пояс.

Массив удален от крупных промышленных центров (Карпинск и Краснотурьинск – 60 км, Серов – 80 км, Березники – 135 км) и автомагистралей, поэтому произрастающая на его склонах лесная растительность не подвергается воздействию техногенных загрязнений. Основными антропогенными воздействиями в нижней части склонов являются добыча полезных ископаемых, рубки и лесные пожары, а в высокогорьях – рекреация. Однако последняя до сих пор не оказывает суще-

ственного воздействия на состав и структуру высокогорных мелколесий.

### ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

В 1956 г. С.Г. Шиятов изучал состав, структуру и высотное положение верхней границы мелколесий на Тылайско-Конжаковско-Серебрянском горном массиве (Горчаковский, Шиятов, 1970). Под верхней границей мелколесий понималась линия, до которой поднимаются лесные сообщества, сомкнутость крон древостоев которых была не менее 15–20%. Высотное положение этой границы определялось при помощи барометрического нивелирования и топографической карты М 1 : 100000. Одновременно производилось глазомерное описание состава и структуры древостоев, произрастающих в пределах верхней полосы мелколесий шириной 50–100 м. Определяли следующие показатели: состав древостоя (по запасу стволовой древесины), сомкнутость крон, средняя высота и диаметр древостоя и отдельных видов деревьев, направление флагообразности крон. Верхняя полоса мелколесий была разделе-

на вдоль склона на однородные по составу и структуре выделы, при этом новый выдел выделялся при изменении состава древостоя на единицу и более. Всего описано 124 выдела, абсолютная высота определена на 136 точках.

В 2005 г. Д.С. Капраловым и П.А. Моисеевым на этом горном массиве были проведены полевые работы в целях оценки изменений, которые произошли в составе, структуре и высотном положении верхней границы мелколесий за последние 50 лет. При этом использовалась оцифрованная топографическая карта М 1 : 25000, на которую предварительно была нанесена информация, полученная в 1956 г. (высотное положение верхней границы мелколесий, границы выделов, состав древостоев, высоты точек барометрических замеров). Местонахождение этих выделов и точек на местности определяли при помощи топографической карты, барометрического высотомера и приемника GPS. При повторном описании мелколесий на выделах 1956 г. выяснилось, что за последние 50 лет верхняя граница мелколесий с сомкнутостью крон древостоев более 15–20% поднялась выше в горы на большинстве склонов. В связи с этим были проведены работы по картированию и описанию современной границы мелколесий по методике 1956 г., чтобы можно было сравнить полученные результаты. Для оценки произошедших изменений в высокогорной растительности широко использовались повторные ландшафтные фотоснимки с тех же точек, с которых они были сделаны С.Г. Шиятовым в 1956, 1957 и 1969 гг.

По данным полевых исследований 1956 и 2005 гг. в ГИС ARC/INFO (ESRI, США) были созданы векторные цифровые картосхемы, характеризующие высотное положение верхней границы мелколесий, а также другую атрибутивную информацию. На основе предварительно созданной цифровой модели рельефа (ЦМР) района исследований были рассчитаны растры, содержащие информацию о крутизне склонов и их экспозиции. Для оценки произошедших изменений в составе, структуре и высотном положении верхней границы мелколесий цифровые картосхемы были конвертированы в растры формата GRID, ячейки которых содержат информацию из атрибутивных таблиц векторных картосхем. Этот формат данных позволяет проводить адресный анализ по каждой ячейке растра и сопоставлять результаты по различным параметрам.

Анализ высотного положения верхней границы мелколесий выполнен в ГИС путем наложения на ЦМР растров, содержащих информацию о конфигурации выделов и доминирующих древесных видах.

Оценку величины горизонтального смещения границы мелколесий за период с 1956 по 2005 гг.

осуществляли в географической информационной системе с использованием специально разработанного нами алгоритма. Он заключается в следующем. От линии, характеризующей положение верхней границы мелколесий в начале исследуемого периода, были рассчитаны буферные области в виде полигональных покрытий. Границы этих областей удалены от исходной линии на одинаковое расстояние, которое кратно размеру ячейки ЦМР района исследований. В результате данной процедуры получен слой, содержащий буферные области, последовательно сменяющие друг друга. После растеризации данного слоя на него было наложено растровое покрытие, характеризующее положение границы мелколесий в конце исследуемого периода. Таким образом, каждой ячейке границы мелколесий в конце периода соответствует ячейка буферного слоя, содержащая величину горизонтального смещения этой границы в начале периода.

Кроме того, были проанализированы климатические данные ближайших метеостанций “Карпинск” (187 м над ур.м.) и “Бисер” (408 м над ур.м.) с 1881 по 1996 гг., расположенных в 60 км и 125 км от района исследований соответственно.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

В табл. 1 приведены сведения об изменении доминирования видов в древостоях, которые в 1956 г. произрастали в пределах верхней полосы мелколесий шириной 50 – 100 м. Обращает на себя внимание резкое усиление доминирования березы извилистой. Если в 1956 г. в целом по массиву протяженность выделов с доминированием березы составляла 38%, то в 2005 г. – 53%, т.е. увеличилась на 15%. Наиболее интенсивная экспансия березы наблюдалась на Серебрянском Камне, где протяженность выделов с доминированием березы увеличилась на 27% (с 17 до 44%). На Конжаковском и Тылайском Камнях, где березовые древостои на верхней границе мелколесий были широко представлены в 1956 г. (53% и 46% соответственно), также произошло увеличение протяженности выделов с доминированием березы на 10% и 6% соответственно.

Доминирование хвойных видов в составе древостоев на выделах, описанных в 1956 г., снизилось или осталось на том же уровне. Ель сибирская и, особенно, лиственница сибирская утратили свои позиции в целом по массиву (на 5% и 10% соответственно), в то время как кедр сибирский сохранил прежние позиции (15%). Роль лиственницы в составе древостоев наиболее сильно снизилась на Серебрянском Камне (на 24%). Наиболее существенные изменения произошли в составе преобладавших здесь лиственничных и березово-лиственничных древостоев, в которых резко возросла роль березы. Протяженность вы-

**Таблица 1.** Изменение доминирования видов в древостоях, произрастающих в 1956 г. на верхней границе мелколесий

Гора	Протяженность верхней границы мелколесий в 1956 г., км	Год обследования	Доминант древесного яруса							
			береза извилистая		кедр сибирский		ель сибирская		лиственница сибирская	
			км	%	км	%	км	%	км	%
Тылайский Камень	16.82	1956	7.70	46	0.36	2	8.76	52	–	–
		2005	8.70	52	0.74	4	7.38	44	–	–
Конжаковский Камень	28.33	1956	15.09	53	3.60	13	4.91	17	4.73	17
		2005	17.78	63	4.17	15	2.15	7	4.23	15
Серебрянский Камень	25.84	1956	4.30	17	6.78	26	–	–	14.76	57
		2005	11.44	44	5.84	23	–	–	8.56	33
Итого	70.99	1956	27.09	38	10.74	15	13.67	19	19.49	28
		2005	37.92	53	10.75	15	9.53	14	12.79	18

делов с доминированием ели снизилась как на Конжаковском Камне (на 10%), так и на Тылайском Камне (на 8%). Доминирование кедра увеличилось на Тылайском и Конжаковском Камнях на 2%, в то время как на Серебрянском Камне оно снизилось на 3% (см. табл. 1).

Одновременно с изменением состава древостоев, произошло увеличение сомкнутости их крон в среднем на 11% (с 49% до 60%), причем в наибольшей степени на выделах с доминированием кедра (на 26% – с 46 до 72%). За последние 50 лет практически не изменилась сомкнутость крон на выделах с доминированием ели. Средняя высота древостоев увеличилась на 0.6 м (с 4.8 до 5.4 м).

На рисунке показано высотное положение верхней границы мелколесий в 1956 г. (нижняя кривая) и 2005 г. (верхняя кривая). Отчетливо видно, что за рассматриваемый промежуток времени на большей части склонов произошел сдвиг этой границы выше в горы. Лишь на незначительных по протяженности крутых склонах, а также на сильно ветрообдуваемых перевалах такого сдвига не наблюдалось. Этот результат оказался неожиданным, поскольку в верхней части массива преобладают крутые каменистые склоны. Анализ распространения появившихся после 1956 г. мелколесий показал, что они, как правило, приурочены к довольно многочисленным горным террасам, где происходит накопление мелкозема и формирование примитивных горно-тундровых почв. Таким образом, современная верхняя граница мелколесий отличается от прежней тем, что между островками и массивами криволинейных и редколесий встречается больше безлесных площадей, занятых каменистыми россыпями. Кроме того, на рисунке показана протяженность верхней границы мелколесий с доминированием различных видов в 1956 г. и в настоящее время. Видно,

что на некоторых склонах произошла смена доминирования одного древесного вида на другой.

В табл. 2 приведены количественные данные о доминировании различных видов деревьев на верхней границе мелколесий в 1956 и 2005 гг. В связи с тем, что в настоящее время эта граница поднялась выше в горы, ее общая протяженность в целом по массиву составляет 69.79 км, что на 1.2 км меньше, чем в 1956 г. Данные табл. 2 свидетельствуют об интенсивном расселении березы извилистой в горные тундры в течение последних 50 лет. Если в 1956 г. общая протяженность верхней границы мелколесий с доминированием березы составляла 38%, то в настоящее время – 54%. Наиболее активно береза расселялась на Серебрянском Камне: если 50 лет тому назад в верхней полосе мелколесий преобладали лиственничные древостои (57%), то в настоящее время протяженность выделов с доминированием лиственницы и березы сравнялась (43%). Увеличилась роль березы также в древостоях, образующих верхнюю границу мелколесий на Тылайском и Конжаковском Камнях (на 12% и 9%). В целом по массиву роль древостоев с доминированием ели на современной верхней границе мелколесий снизилась на 11%, а на Тылайском и Конжаковском Камнях – на 19 и 15% соответственно. Хотя доминирование кедра в целом по массиву увеличилось на 3%, на отдельных горных вершинах его позиция изменилась неоднозначно: на Тылайском и Конжаковском Камнях протяженность верхней границы мелколесий с доминированием кедра увеличилась на 7% и 13% соответственно, на Серебрянском Камне снизилась на 12%.

Мы также рассчитали изменение средней и максимальной высоты верхней границы мелколесий с доминированием различных древесных видов как в целом по массиву, так и по отдельным горным вершинам (табл. 3). Как в 1956 г., так и в

**Таблица 2.** Протяженность верхней границы мелколесий в 1956 и 2005 гг. с учетом доминирования различных видов древесных растений

Гора	Год обследования	Протяженность верхней границы мелколесий, км	Доминант древесного яруса							
			береза извилистая		кедр сибирский		ель сибирская		лиственница сибирская	
			км	%	км	%	км	%	км	%
Тылайский Камень	1956	16.82	7.70	46	0.36	2	8.76	52	–	–
	2005	16.16	9.40	58	1.42	9	5.34	33	–	–
Конжаковский Камень	1956	28.33	15.09	53	3.60	13	4.91	17	4.73	17
	2005	28.25	17.49	62	7.36	26	0.44	2	2.95	10
Серебрянский Камень	1956	25.84	4.30	17	6.78	26	–	–	14.76	57
	2005	25.38	10.92	43	3.60	14	–	–	10.86	43
Итого	1956	70.99	27.09	38	10.74	15	13.67	19	19.49	28
	2005	69.79	37.82	54	12.38	18	5.78	8	13.81	20

**Таблица 3.** Средняя (над чертой) и максимальная (под чертой) высота верхней границы мелколесий в 1956 и 2005 гг. с учетом доминирования различных видов деревьев, м над ур. м.

Доминант древесного яруса	1956 г.				2005 г.			
	Тылайский Камень	Конжаковский Камень	Серебрянский Камень	в целом по массиву	Тылайский Камень	Конжаковский Камень	Серебрянский Камень	в целом по массиву
Береза извилистая	$\frac{933}{1005}$	$\frac{928}{1032}$	$\frac{940}{993}$	$\frac{932}{1032}$	$\frac{964}{1049}$	$\frac{947}{1083}$	$\frac{983}{1070}$	$\frac{962}{1083}$
Кедр сибирский	$\frac{925}{940}$	$\frac{915}{997}$	$\frac{933}{1012}$	$\frac{925}{1012}$	$\frac{945}{1008}$	$\frac{984}{1089}$	$\frac{991}{1054}$	$\frac{981}{1089}$
Ель сибирская	$\frac{942}{1052}$	$\frac{906}{1009}$	–	$\frac{929}{1052}$	$\frac{1002}{1081}$	$\frac{990}{1005}$	–	$\frac{999}{1081}$
Лиственница сибирская	–	$\frac{878}{977}$	$\frac{934}{1024}$	$\frac{919}{1024}$	–	$\frac{899}{984}$	$\frac{975}{1066}$	$\frac{960}{1066}$

настоящее время средняя высота верхней границы мелколесий с доминированием березы, кедра и лиственницы была наибольшей на Серебрянском Камне, а с доминированием ели – на Тылайском Камне. Если 50 лет назад выше всех в горы поднимались мелколесья с доминированием березы (в среднем на высоте 932 м над ур. м.), то в 2005 г – мелколесья с доминированием ели (999 м). Наиболее низко располагалась верхняя граница мелколесий с доминированием лиственницы (в 1956 г. в среднем на высоте 919 м и в 2005 г. – 960 м).

Максимальная высота верхней границы мелколесий не всегда совпадает с ее средней высотой, что обусловлено наличием небольших по протяженности участков в разных частях массива, наиболее благоприятных для произрастания древесных растений. Если 50 лет назад максимальной высоты достигала верхняя граница мелколесий с

доминированием ели на Тылайском камне (1052 м над ур. м.), то в настоящее время – с доминированием кедра на Конжаковском Камне (1089 м).

Из данных табл. 3 видно, что в течение последних 50 лет произошло поднятие верхней границы мелколесий с доминированием всех видов деревьев в среднем на 41 м: выше всего поднялась граница мелколесий с доминированием ели (с 929 до 999 м, в среднем на 70 м), а меньше всего с доминированием березы – с 932 до 962 м, в среднем на 30 м. Средняя величина горизонтального сдвига верхней границы мелколесий по массиву в целом составила 113 м: максимальный – в верховьях рек Сев. Иов (до 420 м) и Полудневой (до 330 м).

### ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Приведенные выше материалы показывают, что на Тылайско-Конжаковско-Серебрянском

горном массиве в течение последних 50 лет происходила интенсивная экспансия древесной растительности как в пределах подгольцового пояса, так и в нижней полосе пояса горных тундр. В результате этого значительно увеличились сомкнутость и высота ранее существовавших древостоев, а верхняя граница мелколесий продвинулась выше в горы на большей части склонов. Улучшение условий для произрастания разных видов древесных растений в пределах всего массива и различных условиях местообитания может быть объяснено лишь изменением климатических факторов.

Анализ данных метеостанций Карпинск и Бисер, расположенных в предгорьях Северного Урала, показал, что за последние 40 лет средняя температура мая–сентября возросла на  $0.4^{\circ}\text{C}$  (с  $12.1$  до  $12.5^{\circ}\text{C}$ ), а октября–апреля – на  $2.0^{\circ}\text{C}$  (с  $-9.9^{\circ}$  до  $-7.9^{\circ}\text{C}$ ), количество осадков увеличилось на  $72$  мм (с  $360$  до  $432$  мм) и  $105$  мм (с  $302$  до  $407$  мм) соответственно. Обращает на себя внимание существенное улучшение температурных условий и увеличение осадков в зимние месяцы. Вполне вероятно, что в условиях высокогорий эти изменения были более значимыми.

На основе приведенных выше климатических данных можно объяснить интенсивное расселение различных видов древесных растений, особенно березы извилистой. Известно, что береза на верхней и полярной границе леса доминирует в приморских территориях, где выпадает много осадков. Существенное увеличение летних и, особенно, зимних осадков в районе исследования, по нашему мнению, стало причиной наиболее интенсивной экспансии березы по сравнению с хвойными видами. Этому способствуют такие ее эколого-биологические свойства, как светолюбие, способность поселяться на крутых каменистых склонах, где между камнями скапливаются небольшие участки мелкозема, высокая семенная продуктивность и отсутствие проблем с распространением семян, способность произрастать на многоснежных местообитаниях с укороченным периодом вегетации. На Серебрянском Камне создались наиболее благоприятные условия для расселения березы. Здесь под пологом редкостойных лиственничных древостоев сформировался второй густой ярус из березы, в результате чего на таких местообитаниях снеговой покров стал более мощным и прекратилось возобновление лиственницы. Интенсивную экспансию березы извилистой в тундровые и луговые сообщества на многоснежных местообитаниях в 1970 г. наблюдал С.Г. Шиятов на Приполярном Урале в районе г. Неройки (неопубликованные данные). Изучением экспансии березы извилистой в горах Скандинавии много занимался Л. Кульман (Kullman, 1979, 1993, 2001, 2002, 2003). Он привел многочисленные данные, свидетельствующие о раз-

растании ранее существовавших небольших куртин березы в крупные острова и о продвижении березовых криволесий в горные тундры. Таким образом, современное потепление и увлажнение климата способствуют расселению березы извилистой на верхнем пределе ее распространения.

Роль кедра сибирского в составе древостоев на прошлой и современной границе мелколесий изменилась незначительно за последние 50 лет. Это, на наш взгляд, связано с постоянным заносом его семян кедровкой в горные тундры. Кедр на малоснежных тундровых местообитаниях растет в виде сильно угнетенного стланика. Лишь через некоторое время, в случае улучшения климатических условий или увеличения мощности снегового покрова, у него формируются вертикальные стволы. В пределах подгольцового пояса кедр является одним из самых крупных деревьев, достигая высоты  $15$ – $17$  м и диаметра  $30$ – $40$  см.

Снижение роли ели сибирской в составе древостоев на современной верхней границе мелколесий связано с экстремальными условиями для ее произрастания и слабым возобновлением. Дело в том, что на западном склоне Тылайского Камня она формирует климатически обусловленную границу мелколесий, где еловые мелколесья и подрост имеют крайне угнетенный вид. В большинстве случаев продвижение и произрастание ели в наибольшей степени зависят от величины снегонакопления, что способствует ее защите от вымерзания в зимний период. Поэтому поднятие верхней границы мелколесий с доминированием ели происходит крайне медленно, а на более крутых и каменистых склонах доминирование переходит к березе.

Лиственница сибирская, формирующая верхнюю границу мелколесий исключительно в восточной части массива, частично утратила свои прежние позиции в связи с интенсивным расселением березы. Однако на северных и южных склонах Серебрянского Камня она успешно возобновляется и продолжает доминировать на современной границе мелколесий наравне с березой ( $43\%$ ). Достаточно прочные позиции она занимает в сухих, ветробойных и малоснежных местообитаниях, где конкуренция со стороны других видов слабая. Интересно, что в связи с улучшением температурных условий и увеличением мощности снегового покрова молодые лиственницы имеют в основном стволовую форму роста и хорошую жизнеспособность, в то время как старые лиственницы имеют угнетенный вид, а многие из них – полустланиковую и многоствольную формы роста.

Таким образом, приведенные выше материалы свидетельствуют об экспансии древесной растительности в высокогорьях Северного Урала, которая происходила в течение последних 50 лет

в результате потепления и увлажнения климата. Это выразилось в смене доминирующих видов, увеличении сомкнутости крон и продуктивности древостоев, произрастающих в подгольцовом поясе, а также в существенном продвижении верхней границы мелколесий выше в горы. Выявлены различия в реакции различных видов деревьев на климатические изменения и показано, что наиболее активно расселялась береза извилистая.

Работа выполнена благодаря финансовой поддержке РФФИ (гранты 05-04-48466 и 06-04-49359) и ИНТАС (грант 01-0052), а также технической поддержке ООО “ДАТА+” – официального представителя компании-производителя программного обеспечения ESRI (США).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Горчаковский П.Л., Шиятов С.Г.* Физиономическая и экологическая дифференциация верхней границы леса на Северном Урале // Зап. Свердловского отд. Всесоюзного ботан. об-ва. 1970. Вып. 5. С. 14–33.
- Моисеев П.А., Ван дер Меер М., Риглинг А., Шевченко И.И. Влияние изменений климата на формирование поколений ели сибирской в подгольцовых древостоях Южного Урала // Экология. 2004. № 3. С. 1–9.
- Шиятов С.Г., Терентьев М.М., Фомин В.В.* Пространственно-временная динамика лесотундровых сообществ на Полярном Урале // Экология. 2005. № 2. С. 1–8.
- Holtmeier F.-K.* Mountain Timberlines. Ecology, Patchiness, and Dynamics. Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academic Publishers, 2003. 369 p.
- Korner Ch.* Alpine Plant Life. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 1999. 343 p.
- Kullman L.* Change and stability in the altitude of the birch tree-limit in the southern Swedish Scandes 1915–1975 // Acta Phytogeographica Suecica. 1979. V. 65. 121 p.
- Kullman L.* Tree limit dynamics of *Betula pubescens* ssp. *tortuosa* in relation to climate variation: evidence from central Sweden // J. Vegetation Science. 1993. № 4. P. 765–772.
- Kullman L.* 20th century climate warming and tree-limit rise in the Southern Scandes of Sweden // Ambio. 2001. V. 30. № 2. P. 72–80.
- Kullman L.* Rapid recent range-margin rise of tree and shrub species in the Swedish Scandes // Journal of Ecology. 2002. V. 90. № 1. P. 68–77.
- Kullman L.* Recent reversal of Neoglacial climate cooling trend in the Swedish Scandes as evidenced by mountain birch tree-limit rise // Global and Planetary Change. 2003. V. 36. P. 77–88.
- Shiyatov S. G.* The upper timberline dynamics during the last 1100 years in the Polar Ural Mountains // Oscillations of the alpine and polar tree limits in the Holocene. Stuttgart, Jena, New York: Gustav Fischer Verlag, 1993. P. 195–203.

Подпись к рисунку статьи Д. С. Капралова, С. Г. Шиятова, П. А. Моисеева, В. В. Фомина: “Изменения в составе, структуре и высотном положении мелколесий на верхнем пределе их произрастания в горах Северного Урала”.