

Библиографический список

Ваганов, Е.А. Дендроклиматические исследования в Урало-Сибирской Субарктике [Текст]/ Е.А. Ваганов и [др.] // Новосибирск: Наука, 1996. 248 с.

Hantemirov, P.M. A 2,305 year tree-ring reconstruction of mean June-July temperature deviation in the Yamal Peninsula [Text]/ P.M. Hantemirov // Int. Conf. Past, Present and Future Climate. Helsinki: Finland Acad.Publ., 1995. № 6. P. 124-127.

Шиятов, С.Г. Дендрохронология верхней границы леса на Урале [Текст]/ С.Г. Шиятов. М.: Наука, 1986. 136 с.

Шиятов, С.Г. Методы дендрохронологии. Ч.1 : Основы дендрохронологии. Сбор и получение древесно-кольцевой информации [Текст]: учеб.-метод. пособие / С.Г. Шиятов. Красноярск: КГУ, 2000. 80 с.

Briffa, K.R. Unusual twentieth-century summer warmth in a 1,000-year temperature record from Siberia [Text]/ K.R. Briffa, P.D. Jones // Nature. 1995. Vol.376. P. 156-159.

Fritts, H.C. Tree rings and Climate [Text]/ H.C. Fritts. London: Academic Press, 1976. 567 p.

УДК 630.182.2(23)+630.552

А.А. Баргыш, З.Я. Нагимов, А.С. Акулов
(Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург),
П.А. Мойсеев, В.А. Галако
(Институт экологии растений и животных УрО РАН, Екатеринбург)

ДИНАМИКА ВЕРХНЕЙ ГРАНИЦЫ ЛЕСА НА СКЛОНАХ СЕРЕБРЯНСКОГО КАМНЯ (СЕВЕРНЫЙ УРАЛ)

Выполнен анализ динамики верхней границы леса на склонах Серебрянского Камня. Результаты исследований показали смещение верхней границы леса примерно на 100 м вверх по высотному градиенту с середины XVIII века и до нашего времени.

В последнее время значительно возрос интерес к изучению реакции экосистем и их отдельных компонентов на потепление климата нашей планеты. Эта проблема стала предметом работы целой серии научных конференций и программ.

В 1970-1990-х гг. в специальной литературе появились работы по изучению естественных процессов, происходящих в растительных сооб-

ществах лесотундрового экотона, которые наиболее чувствительны к изменению климата. Так, усиление процесса лесовозобновления и увеличение сомкнутости редколесий и криволесий чуть ниже верхней границы леса было отмечено в Канаде (Keatney, 1982), в различных районах США, в Северной Европе (Kullman, 1986), в России (Шиятов, 1983). Выявлен факт расселения подроста выше границы леса и его продвижения вверх по вертикальному профилю на 30-80 м в течение последних 60-80 лет (Gogchakowsky, Shiyatov, 1978; Шиятов, 1983).

Целью нашей работы являлось изучение динамики верхней границы леса на склонах Серебрянского Камня (Тылайско-Конжаковский-Серебрянский горный массив, Северный Урал). Для достижения этой цели были поставлены следующие программные задачи.

1. Изучение структуры древостоев на различных высотных уровнях в пределах экотона верхней границы леса на склонах Серебрянского Камня.

2. Сравнительный анализ структуры древостоев на разных высотных уровнях.

В основу работы был положен профильный метод, позволяющий получать информацию о составе и структуре растительности на различных высотных уровнях в пределах лесотундрового экотона.

Для закладки профилей выбраны склоны с хорошо сформированными почвами, где произрастает типичная для данного района растительность. В таких условиях наиболее четко проявляются пространственно-временные изменения растительности, обусловленные современными изменениями климата.

На выбранном участке склона, удовлетворяющем приведенным выше требованиям, при помощи буссоли определялось направление (азимут) профиля. В связи с особенностями рельефа не всегда можно было заложить профиль строго вдоль одной линии, поэтому допускалось изменение его направления на отдельных отрезках в пределах 5-15°.

Профиль включал три интенсивных высотных уровня. Верхний интенсивный уровень закладывался на высоте расположения верхней границы редин (составляющей в среднем 1005 м над уровнем моря), средний – верхней границы редколесий (950 м), нижний – верхней границы сомкнутых лесов (905 м).

На каждом интенсивном высотном уровне закладывались от 3 до 5 макроплощадок размером 20 x 20 м. В пределах уровня макроплощадки располагались таким образом, чтобы их центры отстояли друг от друга на расстоянии не более 5-10 м по вертикали и не более 100-200 м по горизонтали.

С помощью GPS уточнялась высота макроплощадки над уровнем моря и определялись ее географические координаты. Каждая макроплощадка разбивалась на мезоплощадки размером 10x10 м (А₁ и А₂; В₁ и В₂).

На всех мезоплощадках для каждого живого или усохшего дерева определялись следующие характеристики: номер, точное местоположение

(азимут и расстояние от центра макроплощадки до дерева), происхождение (семенное, вегетативное), форма дерева (одностовольная, многостовольная, стланиковая), высота, диаметр ствола у основания и на высоте груди, диаметр проекции кроны по двум направлениям (первое – вдоль господствующего направления ветров, второе – в перпендикулярном направлении; если крона состояла из стволовой и приземной частей, то их измерение производилось раздельно), протяженность кроны, жизнённость (здоровое, здоровое механически поврежденное, угнетенное, усыхающее, мертвое), высота повреждения осевого побега (раздвоения или облома).

На всех рабочих мезоплощадках (A_1 и A_2) у каждого живого дерева толще 5 см брали буровой образец древесины (кern) на высоте 25 см от основания с целью определения его возраста, а у усохшего выпиливали диск у основания ствола и на высоте пня (25 см). На этих же площадках (A_1 и A_2) у каждого молодого дерева (ствола) (высотой более 0,2 м и с диаметром у основания менее 5 см) на уровне корневой шейки и на высоте 20-30 см от основания и на высоте 20-30 см от основания с помощью ножовки брали поперечные диски.

Подсчет годичных колец на кернях и дисках производился при помощи бинокля от периферии к центру.

По разности количества годичных колец на спилах, взятых на уровне корневой шейки и высоте у стволов с диаметром менее 5 см у основания, вычислялся средний возраст, в котором подрост достигает высоты отбора кернов (20-30 см). Этот возраст использовался как поправка при определении точного возраста у деревьев диаметром более 5 см у основания ствола.

После определения возраста на всех макроплощадках устанавливались средние значения таксационных показателей деревьев: диаметры у основания и на высоте 1,3 м, высота ствола, возраст, диаметр кроны. Затем все деревья на площадках были сгруппированы на одностовольные и многостовольные, а каждая группа разделена на 1-летние возрастные группы. Таким образом, для каждого года временной шкалы от 1760 до 2000 гг. было известно общее количество деревьев. На основе этих данных была построена кривая изменения количества деревьев лиственницы сибирской, ели сибирской, сосны сибирской по годам.

В связи с невозможностью определения возраста всех деревьев в выборке с точностью до одного года (у деревьев с эксцентричным стволом и пораженных сердцевинной гнилью) данные по количеству деревьев в однолетних возрастных группах были осреднены при помощи метода трехлетней средней скользящей.

В ходе полевых работ были заложены три профиля: два на северном склоне Серебрянского Камня (основной и вспомогательный, называемые первый и второй), один на юго-востоке, далее называемый третьим. На этих профилях расположены 33 макроплощадки общей площадью 1,32 га.

Всего было протаксировано 3320 деревьев, у 1386 из них был определен возраст.

Результаты исследований показали, что в составе древостоев на заложенных нами профилях присутствуют следующие виды древесных растений: лиственница сибирская (*Larix sibirica* Leded.), береза извилистая (*Betula tortuosa* Leded.), сосна сибирская (*Pinus sibirica* (Rupr.) Mayr.), ель сибирская (*Picea obovata* Leded), пихта сибирская (*Abies sibirica* Leded.). Долевое участие указанных древесных пород на каждом высотном уровне и в пределах всего экотона верхней границы леса по количеству стволов и сумм площадей сечений представлено в табл. 1.

Как видно из данных табл. 1, наиболее представленной и равномерно распределенной по высотным уровням породой является лиственница. Причем она в основном представлена одноствольными деревьями. Береза и пихта в большей степени приурочены к нижнему и среднему уровням и имеют значительную долю многоствольных деревьев.

Таблица 1 – Долевое участие древесных пород в составе древостоев в пределах экотона верхней границы леса

Высотный уровень	Порода					Всего
	Лиственница	Ель	Кедр	Пихта	Береза	
Рассчитанное через сумму площадей сечений на высоте 1,3 м						
Верхний	96	1	2	0	0	100
Средний	88	0	1	0	11	100
Нижний	71	5	4	1	19	100
В целом по верхней границе леса	79	3	3	1	15	100
Доля одноствольной формы	90	90	92	47	82	88
Рассчитанное через количество стволов						
Верхний	49	8	39	1	4	100
Средний	45	11	6	7	32	100
Нижний	26	14	8	19	33	100
В целом по верхней границе леса	41	11	17	8	23	100
Доля одноствольной формы	81	91	94	66	83	84

Участие ели в образовании древостоев невелико. Эта порода достаточно равномерно распределена по высотным уровням и в основном, как и лиственница, представлена деревьями одноствольной формы. Кедр в основном представлен на верхнем уровне заложенных профилей. Следует отметить, что датирование времени появления многоствольных деревьев

сопряжено со значительными трудностями. В связи с этим в нашей работе основное внимание уделено лесоводственно-таксационному анализу древостоев лиственницы и ели. Эти породы наиболее равномерно распределены по высотным уровням и имеют значительную часть деревьев одноствольной формы.

Основные таксационные характеристики лиственницы и ели представлены в табл. 2 и 3.

Данные табл. 2 свидетельствуют о значительном улучшении морфометрических характеристик лиственницы по мере снижения высоты над уровнем моря. Средние значения диаметра, высоты, диаметра кроны, возраста деревьев увеличились примерно в три раза от верхнего уровня к нижнему, а сумма площадей проективного покрытия – в 4 раза. Наибольшее количество стволов отмечено на среднем уровне. Некоторое снижение процента здоровых стволов с уменьшением высоты над уровнем моря, видимо, связано с увеличением возраста деревьев в этом направлении.

Таблица 2 – Основные таксационные характеристики древостоев лиственницы сибирской по высотным уровням

Показатель	Высотный уровень		
	верхний	средний	нижний
Диаметр у основания, см	6,7±0,2	9,6±0,2	20,4±0,6
Максимальный диаметр у основания, см	23,0	31,6	62,1
Диаметр на высоте груди, см	4,6±0,2	7,4±0,2	15,7±0,5
Максимальный диаметр на высоте груди, см	21,7	21,5	44,6
Средняя высота, м	2±0,1	3±0,1	5,7±0,2
Максимальная высота, м	6,0	8,5	12,5
Средний возраст, лет	58±2	93±2	174±5
Максимальный возраст, лет	211	345	331
Высота до кроны, м	0,3±0,01	0,7±0,02	1,4±0,06
Средний диаметр кроны, м	1,1±0,04	1,7±0,05	2,9±0,09
Максимальный диаметр кроны, см	5,9	7,0	8,6
Число стволов выше 20 см, шт./га	868	1514	741
Сумма площадей проективного покрытия крон, м ² /га	1506	4956	5694
Сомкнутость крон, %	15,1	49,6	56,9
Процент мертвых или усыхающих стволов	3,5	15,6	16,2
Процент поврежденных стволов	12,5	15,9	18,2
Процент здоровых стволов	83,9	68,5	65,6

Такая же направленность в изменении таксационных характеристик выявлена и при анализе еловой части древостоя (см. табл. 3). Обращает на себя внимание более чем двукратное увеличение проективного покрытия крон по мере продвижения от верхнего уровня к нижнему.

Таблица 3 – Таксационная характеристика древостоев ели сибирской по высотным уровням

Показатель	Высотный уровень		
	верхний	средний	нижний
Высота над уровнем моря, м	1005	950	905
Диаметр у основания, см	1,7±0,3	2,1±0,2	6,5±0,4
Максимальный диаметр у основания, см	8,0	19,4	26,0
Диаметр на высоте груди, см	0,0	1,5±0,2	5,7±0,3
Максимальный диаметр на высоте груди, см	0,0	8,2	21,1
Средняя высота, м	0,39±0,05	0,61±0,04	2,4±0,1
Максимальная высота, м	1,2	4,0	9,0
Средний возраст, лет	28±7	28±2	87±7
Максимальный возраст, лет	95	183	241
Высота до кроны, м	0,08±0,01	0,18±0,01	0,4±0,02
Средний диаметр кроны, м	0,7±0,13	0,5±0,03	1,3±0,09
Максимальный диаметр кроны, см	3,1	2,4	8,0
Число стволов выше 20 см, шт./га	407	528	295
Сумма площадей проективного покрытия крон м ² /га	76	164	936
Сомкнутость крон, %	0,8	1,6	9,4
Процент мертвых или усыхающих стволов	8,6	9,2	17,8
Процент поврежденных стволов	57,1	39,8	25,7
Процент здоровых стволов	34,3	51,0	56,6

Для анализа возрастной структуры древостоев лиственницы и определения периодов смещения верхней границы леса (в данном случае заселения вышерасположенных высотных поясов) были построены графики распределения количества деревьев по времени их появления для каждого профиля и пределах профиля – высотного уровня (рис. 1, 2 и 3).

Данные рис. 1 свидетельствуют, что на первом профиле возрастная структура древостоев лиственницы резко отличается по уровням. На нижнем высотном уровне наблюдается относительно равномерное распределение деревьев по возрасту. Древостой лиственницы абсолютно разновозрастный. Более 48% деревьев заселились на данном уровне в период с 1763 по 1845 гг., т.е. наиболее старые деревья имеют возраст свыше 240 лет. Учитывая, что в подобных лесорастительных условиях максимальный возраст лиственницы может быть значительно большим, с известной долей условности временем заселения нижнего уровня лиственницей можно считать вторую половину восемнадцатого столетия.



Рис. 1. Распределение количества деревьев лиственницы сибирской одноствольной формы по периодам их появления на различных высотных уровнях первого профиля

На среднем уровне основной период заселения его деревьями лиственницы выделяется достаточно легко. Время появления наиболее старых деревьев датируется 1797 г. За период с 1896 по 1937 гг. заселились более 57% ныне произрастающих здесь деревьев. На этом уровне обнаруживаются еще два более поздних периода массового заселения деревьев: первый – с 1941 по 1956 гг. (когда появились 19% произрастающих в настоящее время деревьев), второй – с 1971 по 1997 гг. (14%).

На верхнем уровне время появления первых деревьев лиственницы датируется 1852 г. Массовое заселение данного уровня наблюдалось во второй половине двадцатого столетия – большая часть особей (87%) появилась после 1941 г., резкие всплески численности возобновления (62%) приходятся на период с 1964 по 1993 гг.

Анализ возрастной структуры древостоев лиственницы на втором профиле (см. рис. 2) позволяет отметить, что заселение нижнего высотного уровня происходило в 1779-1783 гг. – в этот период появилось 40% деревьев, произрастающих здесь в настоящее время. Массовое заселение среднего уровня наблюдалось в период с 1890 по 1960 гг., когда появилось 84% деревьев от их общего числа на данном уровне. Следует отметить, что на среднем уровне встречаются деревья, время возникновения которых датируется серединой XVIII столетия. Четко обнаруживаются два пика массового возобновления среднего уровня: первый приходится на период с 1890 по 1936 гг. (появился 48% ныне произрастающих деревьев), второй – на период с 1940 по 1960 гг. (36%).

Заселение верхнего уровня лиственниц началось в первой половине двадцатого столетия, массовый характер оно приняло в 1962-1993 гг. (в этот период появился 71% деревьев).

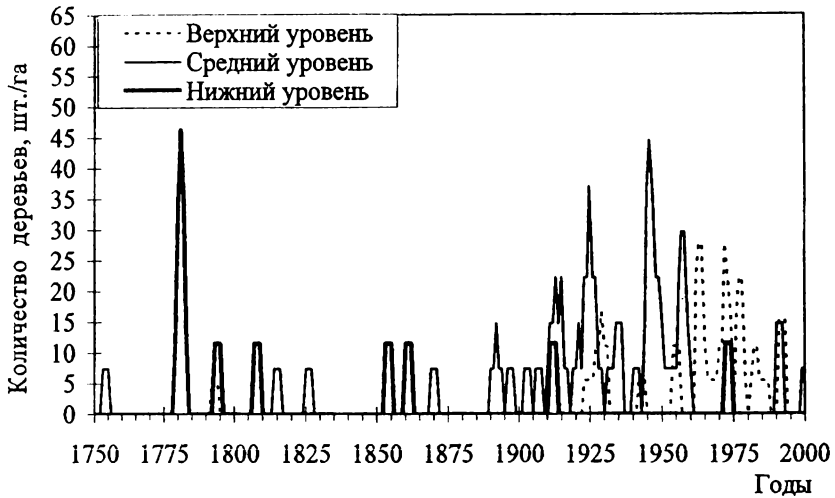


Рис. 2. Распределение количества деревьев лиственницы сибирской одноствольной формы по периодам их появления на различных высотных уровнях второго профиля



Рис. 3. Распределение количества деревьев лиственницы сибирской одноствольной формы по периодам их появления на различных высотных уровнях третьего профиля

Анализ данных, приведенных на рис. 3, также свидетельствует о существовании различий в возрастных структурах древостоев разных высотных уровней третьего высотного профиля.

На нижнем уровне можно выделить два периода массового возобновления лиственницы: первый – с 1761 по 1820 гг. (появились 43% деревьев, произрастающих в настоящее время), второй – с 1891 по 1935 гг. (45%).

Заселение среднего уровня лиственницей началось значительно позднее – с конца восемнадцатого столетия. Массовый характер этот процесс принял с конца девятнадцатого столетия. Причем довольно четко выделяются три периода заселения: первый – с 1892 по 1925 гг. (25% деревьев), второй – с 1927 по 1927 гг. (49%) и третий – с 1967 по 1982 гг. (19%).

Заселение лиственницей верхнего уровня началось на рубеже XIX - XX веков и продолжалось в течение XX столетия. Здесь также можно выявить цикличность возобновления, но она выражена нечетко.

Сравнительный анализ возрастной структуры лиственничников разных профилей позволяет выявить общие закономерности в смещении верхней границы леса и специфики особенностей этого процесса, связанного с расположением профилей относительно элементов рельефа (рис. 4).

На всех профилях заселение нижнего уровня лиственницей происходило на рубеже XVIII - XIX столетий. Однако этот процесс на разных профилях имеет отличительные особенности. Наиболее быстро он протекал на втором профиле, где за пятилетний период (с 1779 по 1783 гг.) появилось 40% деревьев, произрастающих в настоящее время.

На первом профиле процесс заселения растянут почти на столетие – с 1763 по 1845 гг. (48%). Третий профиль по интенсивности заселения его нижнего уровня занимает промежуточное положение между вторым и первым.

Массовое заселение средних уровней всех трех профилей происходило в конце XIX – первой половине XX веков. Для первого и второго профилей (северный склон) характерно наличие двух периодов массового возобновления лиственницы и их синхронность. На первом профиле первый период охватывает 1890-1936 гг., на втором – 1886-1937 гг., и второй период – соответственно 1940-1960 гг. и 1941-1956 гг. На третьем профиле (юго-восточный склон) имеет место отклонение периодов массового заселения лиственницы среднего уровня: 1890-1925 гг. и 1927-1960 гг.

Верхние уровни первого и второго профилей в основном заселялись лиственницей во второй половине XX века, а на третьем профиле процесс заселения верхнего уровня без явных скачков растянут на все XX столетие.

На рис. 4 показано обобщенное по всем трем профилям распределение деревьев лиственницы по периодам их появления на различных высотных уровнях. Оно показывает характер смещения верхней границы леса в целом для исследуемых профилей. Для получения более полной картины

этого процесса и сравнения характера заселения высотных уровней различными породами на рис. 5 и 6 показаны подобные распределения ели и кедра соответственно.

Как видно из приведенных материалов, для нижнего уровня характерны два периода массового заселения лиственницы: 1774-1815 гг. (37% деревьев, произрастающих в настоящее время) и 1981-1937 гг. (22%). Ель на нижнем уровне стала заселяться значительно позднее – с 1986 г. С этого периода по настоящее время наблюдается относительно равномерное возобновление этой породы на нижнем уровне.



Рис. 4. Распределение количества деревьев лиственницы сибирской одноствольной формы по периодам их появления на склонах Серебрянского Камня



Рис. 5. Распределение количества деревьев ели сибирской одноствольной формы по периодам их появления на склонах Серебрянского Камня

Кедр на нижнем уровне появился в начале XIX века, т.е. значительно раньше, чем ель, но позднее, чем лиственница. Однако наиболее активное возобновление кедра происходит в последние десятилетия, начиная с 1980 г.



Рис. 6. Распределение количества деревьев сосны сибирской одноствольной формы по периодам их появления на склонах Серебрянского Камня

Заселение среднего уровня данными породами также происходило в разные сроки. Вначале на этом уровне появилась лиственница, причем наиболее активно она распространилась здесь в период с 1890 по 1937 гг. С конца XIX века началось заселение среднего уровня елью, однако достаточно ощутимым этот процесс стал в середине XX века. Начало заселения кедром среднего уровня приходится на 1908 г., значительно увеличилось его присутствие в 1980-2000 гг.

На верхнем уровне, как и на двух предыдущих, вначале заселялась лиственница. Массовое ее появление наблюдалось в 1941-1992 гг., когда появилось 83% особей данной породы. Ель и кедр на этом уровне появились позже и практически одновременно – в 1975-2000 гг.

В целом результаты выполненных исследований позволяют констатировать факт продвижения границы леса вверх по высотному градиенту. С середины XVIII столетия по настоящее время это смещение составило примерно 100 м. Лиственница в этом процессе выступала пионерной породой, а ель, кедр, береза и пихта появились позже под ее защитой.

Библиографический список

Шиятов С.Г. Опыт использования старых фотоснимков для изучения смен лесной растительности на верхнем пределе ее произрастания [Текст]/ С.Г. Шиятов // Флористические и геоботанические исследования на Урале. Свердловск, 1983. С. 76 – 109.

Gorchakowsky, P.L. The upper forest limit in the mountains of the boreal zone of the USSR [Text]/ P.L. Gorchakowsky, S.G. Shiyatov// Arct. Alp. Res. 1978. № 10. P. 349 – 363.

Kearney, M.S. Recent seedling establishment at timberline in Jasper National Park, Alberta [Text]/ M.S. Kearney // Canadian Journal of Botany. 1982. № 60. P. 2282 – 2287.

Kullman L. Recent tree-limit history of *Picea abies* in the southern Swedish Scandes [Text]/ L. Kullman // Ca. J. For. Res. 1986. №16. P. 761 – 771.

УДК 630*528

Т. И. Берестова

(Брянская государственная инженерно-технологическая академия, Брянск),

Ю. А. Серов

(Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург)

МОНИТОРИНГ ЛЕСОВ ЗЕЛЕННЫХ ЗОН НА ОСНОВЕ ЦИФРОВОЙ АЭРО- И СКАНЕРНОЙ СЪЕМКИ И 3D – МОДЕЛИРОВАНИЯ

Рассмотрены возможности использования цифровой фотограмметрической системы Photomod. Предложены методические приемы интегрированного анализа дистанционных данных и картографической информации.

За последние два десятилетия в лесном хозяйстве России сформировалась методология использования дистанционных методов. Это системный подход, основанный на сочетании различных уровней сбора информации, средств и методов ее получения и обработки. Чаще всего включается трехступенчатый сбор данных с помощью спутниковых систем, авиационных носителей и наземных обследований. Основным методом признается интеграция дистанционных данных и информационных технологий в интересах повышения их эффективности в государственном управлении лесами и при учете и ведении лесоустройства. Интеграция рассматривается как комплексный совместный анализ различных информационных источников – сочетание разноуровневых методов сбора данных, а также сочетание модулей компьютерных программ. Все это предполагает использование ГИС-технологий. ГИС связывает пространственную, геометрическую информацию и описательную, тематическую, числовую. Методы апробируются опытным путем на новых материалах съемки.

Для картографирования и оценки современного состояния лесов используются снимки со спутников Quick-Bird II и IKONOS с пространственным разрешением 0,6 – 1 м. Высокое пространственное разрешение космических снимков позволяет использовать прямые дешифровочные признаки. Автоматическая классификация снимков выполняется в среде ГИС ERDAS 8.4 и модуле Image Analysis к Arc/View 3.2, что повышает объективность и детальность дешифрирования. При таком методе могут вкрасться ошибки дешифрирования, так как в меньшей степени представлено измерительное дешифрирование.