

А К А Д Е М И Я Н А У К С С С Р

ВСЕСОЮЗНОЕ БОТАНИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО

БОТАНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ТОМ 62

ОТДЕЛЬНЫЙ ОТТИСК



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»
ЛЕНИНГРАДСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

ЛЕНИНГРАД

1977

УКД (23.071) (47+57) 531.3

П. Л. Горчаковский, С. Г. Шиятов

ВЕРХНЯЯ ГРАНИЦА ЛЕСА В ГОРАХ
БОРЕАЛЬНОЙ ЗОНЫ СССР И ЕЕ ДИНАМИКАP. L. GORCHAKOVSKY, S. G. SHIYATOV. THE UPPER FOREST LIMIT
IN THE MOUNTAINS OF THE BOREAL ZONE OF THE U.S.S.R. AND ITS DYNAMIC

В пределах бореальной зоны выделяются следующие крупные подразделения верхних границ леса по физиономическим признакам: а) с доминированием летнезеленых лиственных; б) с доминированием летнезеленых хвойных и в) с доминированием вечнозеленых хвойных деревьев. Обосновывается расчленение высокогорий бореальной зоны по составу основных физиономических типов верхней границы леса на 3 сектора: 1) западный (атлантический) умеренно-континентальный с океаническими влияниями (криволесья из *Betula tortuosa*); 2) центральный (сибирский) резко континентальный (редколесья из *Larix sibirica*, *L. sibirica* var. *sukaczewii* и *L. dahurica*) и 3) восточный (тихоокеанский) муссонный (редкостойные леса из *Betula ermanii*). Рассматриваются динамические тенденции верхнего рубежа лесов в связи с циклическими колебаниями климата.

Верхняя граница леса — один из важных ботанико-географических рубежей, привлекающих в последнее время все большее внимание исследователей. Характер верхней границы леса, как и характер высотной поясности, зависит прежде всего от положения данной горной страны в системе горизонтальной зональности растительности. Бореальная (хвойно-лесная, таежная) зона — наиболее широкая из зон растительности, представленных в СССР. Она охватывает приблизительно 51% территории страны. В пределах этой зоны находится ряд более или менее крупных горных массивов с безлесными вершинами, где выражен верхний предел лесов (рис. 1).

Верхние границы леса в бореальной зоне следует подразделить на две большие группы: естественные и антропогенные. В пределах первой группы в зависимости от основных лимитирующих факторов необходимо различать следующие экологические типы верхних границ леса: климатический (с подразделением на термический и ветровой), эдафический и лавинный. В этой статье мы сосредоточили внимание на естественных и главным образом климатически обусловленных верхних границах леса, так как они представляют наибольший интерес для выяснения общих ботанико-географических закономерностей и динамики верхнего рубежа лесной растительности.

ФИЗИОНОМИЧЕСКАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ ВЕРХНЕЙ ГРАНИЦЫ ЛЕСА

В пределах бореальной зоны состав и другие особенности лесов, выходящих на верхний предел, сильно варьируют, что дает основание выделить несколько физиономических типов верхней границы леса.

В Хибинских горах верхняя граница леса проходит на высоте 300—600 м над ур. м.; представлена березовыми криволесьями из *Betula tortuosa* и реже *B. kusmisscheffii*, которые образуют сравнительно узкий пояс (не шире 40—50 м по вертикали). Небольшую примесь составляют кустовидные экземпляры *Picea obovata* и *Pinus sylvestris*. Высота дре-

весного яруса — до 4—6 м, диаметр стволиков — до 6—12 см, сомкнутость крон — 30—40%. В кустарниковом ярусе произрастают *Sorbus glabrata*, *Juniperus sibirica*, *Betula nana*, в кустарничково-травяном — *Vaccinium vitis-idaea*, *V. myrtillus*, *V. uliginosum*, *Linnaea borealis*, *Trientalis europaea*, *Deschampsia flexuosa*, *Solidago virgaurea*; в мохово-лишайниковом ярусе — *Cetraria islandica*, *Cladonia elongata*, *C. rangiferina*, *C. mitis*, *Lophozia lycopodioides*, *Pleurozium schreberi*, *Hylocomium splendens*, *Dicranum scoparium* (Миняев, 1963). Преобладают ассоциации с доминированием *Empetrum hermaphroditum*, *Vaccinium myrtillus* или *V. uliginosum*.

На западном склоне Полярного (южная часть), Приполярного и Северного Урала, отличающемся более мягким и теплым климатом, более обильными атмосферными осадками, на верхнем пределе лесов преобладают криволесья *Betula tortuosa* (Горчаковский, 1975). Высота деревьев 4—8 м, диаметр 10—12 см, сомкнутость крон 40—50%. Ярус кустарников образуют *Juniperus sibirica*, *Rosa acicularis*, *Betula nana*, *Salix glauca*, *S. arbuscula*. Травяно-кустарничковый ярус — *Vaccinium myrtillus*, *V. uliginosum*, *Empetrum hermaphroditum*, *Deschampsia flexuosa*, *Geranium albiflorum*, *Veratrum lobelianum*, *Anemone biarmiensis*, *Trollius europaeus*, *Viola biflora*, *Cirsium heterophyllum*, *Calamagrostis langsdorffii* и др. В мохово-лишайниковом ярусе преобладают *Pleurozium schreberi*, *Hylocomium splendens*, *H. pyrenaicum*, *Cladonia alpestris*, *C. fimbriata*. Преобладают ассоциации с доминированием *Vaccinium myrtillus*, *V. uliginosum* или разнотравья.

В более южных районах западного склона Урала местами верхнюю границу леса образуют мелколесья из *Picea obovata* и *Pinus sibirica*.

В состав древостоя мелколесий с доминированием *Picea obovata* входят также *Betula tortuosa* и *Abies sibirica*. Сомкнутость крон 30—70%, высота деревьев 5—7 м, диаметр 12—18 см. Кустарниковый ярус: *Rubus idaeus*, *Sorbus sibirica*, *Juniperus sibirica*. В травяно-кустарничковом покрове: *Vaccinium myrtillus*, *Calamagrostis obtusata*, *C. arundinacea*, *Linnaea borealis*, *Trientalis europaea*, *Polygonum bistorta*, *Aconitum excelsum*, *Dryopteris austriaca*, *Pleurospermum uralense* и др. Моховой покров — *Pleurozium schreberi*, *Dicranum congestum*, *Polytrichum commune*.

В мелколесьях с доминированием *Pinus sibirica* высота деревьев 6—11 м, диаметр около 20 см, сомкнутость крон 20—25%. Кустарниковый ярус слагают *Juniperus sibirica*, *Sorbus sibirica* и др. Травяно-кустарничковый покров состоит из *Empetrum hermaphroditum*, *Vaccinium vitis-idaea*, *Arctous alpina*, *Festuca supina*, *Rubus saxatilis* и др. В мохово-лишайниковом покрове — *Hylocomium splendens*, *Pleurozium schreberi*, *Peltigera aphthosa*, *Nephroma arcticum*.

Очень редко небольшими участками на верхнем пределе леса встречаются мелколесья с доминированием *Abies sibirica*.

Восточный склон Уральских гор в отличие от западного характеризуется более суровым континентальным климатом. Здесь на верхнем пределе леса преобладают редколесья с доминированием *Larix sibirica* var. *sukaczewii*. Высота деревьев 4—11 м, диаметр 6—10 см, сомкнутость крон 20—30%. В кустарниковом ярусе: *Betula nana*, *Salix glauca*, *S. arbuscula*, *S. phylicifolia*, *Ledum palustre*, *Rosa acicularis*. Травяно-кустарничковый ярус: *Vaccinium uliginosum*, *V. myrtillus*, *Empetrum hermaphroditum*, *Festuca supina*, *Polygonum bistorta*, *Calamagrostis lapponica*, *Hierochloë alpina*, *Valeriana capitata*, *Luzula wahlenbergii*, *L. confusa*, *Deschampsia flexuosa*, *Anthoxanthum alpinum*, *Veratrum lobelianum*, *Pachypleurum alpinum*, *Juncus trifidus* и др. В мохово-лишайниковом ярусе: *Aulacomnium palustre*, *Polytrichum commune*, *Dicranum congestum*, *Stereocaulon paschale*, *Cladonia amaurocraea*. Преобладают ассоциации с доминированием *Vaccinium uliginosum*, *V. myrtillus*, *Betula nana*.

В южной части Северного Урала на каменистых склонах верхняя граница леса на отдельных участках образована мелколесьями из *Pinus sibirica*.

В горах П у т о р а н а, большая часть которых находится в подзоне северной редкостойной тайги, верхний предел лесов образован лиственничными редколесьями (доминант — *Larix dahurica*), он проходит на высоте 500—700 м над ур. м. В кустарниковом ярусе: *Salix lanata*, *Betula nana*, *Alnus fruticosa*. Преобладают лишайниковые, зеленомошно-лишайниковые и кустарничковые редколесья (Водопьянова, 1976).

В горах с е в е р о - в о с т о ч н о й Я к у т и и (хребты Черского, Верхоянский и др.) на верхнем пределе лесов также преобладает *Larix dahurica*. В южных горных районах предел лесов проходит на высоте 1200—1300 м над ур. м., а в северных (хр. Черского) — около 1000 м. В южной части этой горной системы выше лиственничных редколесий иногда встречаются небольшие рощи *Betula ermanii* и единичные экземпляры *Picea obovata* (Работнов, 1936). Лиственничные древостой разреженные, под их пологом хорошо развит кустарниковый ярус из *Betula middendorffii*, *B. exilis*, *Rhododendron parvifolium*, *Alnus fruticosa*, *Pinus pumila*. В травяно-кустарничковом ярусе обычны *Vaccinium vitis-idaea*, *Empetrum nigrum*, *Ledum palustre*, *Arctous alpina*, *Carex ensifolia*, *Eriophorum scheuchzeri*, *E. vaginatum*, *Dryas punctata*. В напочвенном покрове — *Cladonia alpestris*, *C. mitis*, *Cetraria cucullata*, *C. islandica*, *Sphagnum warnstorffii*, *S. girgensohnii* (Шелудякова, 1938).

В горах П р и б а й к а л ь я и З а б а й к а л ь я (Алданское и Становое нагорья, хребты: Большой Становой, Тукурингра, Тунгирский, Керчинский, Баргузинский, Байкальский и др.) на верхней границе леса преобладают лиственничные редколесья (доминант — *Larix dahurica*, а на побережье Байкала — местами *L. dahurica* × *L. sibirica*) с более или менее густым подлеском из *Pinus pumila*. Преобладают лишайниковые и кустарниковые ассоциации, иногда зеленомошные. В наиболее влажных районах (Байкальский и Баргузинский хребты) на верхний предел выходят темнохвойные деревья (*Picea obovata*, *Abies sibirica*, *Pinus sibirica*), местами встречаются участки мелкоколесий с доминированием *Betula ermanii*. На водоразделе Яны и Алдана верхний предел лесов расположен на высоте 1000 м, в Северном Забайкалье — 1200—1300 м, а на юге — до 1500 м и выше (Сукачев, 1912; Сукачев, Поплавская, 1914; Тюлина, 1949; Галазий, 1954; Малышев, 1957; Панарин, 1966; Сипливинский, 1967, 1975).

В В о с т о ч н о м С а я н е (Глуздаков, 1953, 1966; Дылис, 1959; Красноборов, 1961; Чередникова, 1963; Малышев, 1965); верхний предел лесов проходит на высоте 1500—2200 м. Его образуют *Larix sibirica* (в центральной, наиболее континентальной части горного массива и в смежных с Монголией районах) и *Pinus sibirica* (северная и восточная части горной страны). Изредка встречаются одиночные экземпляры *Picea obovata*. Под пологом лиственничных редколесий развит подлесок из *Betula rotundifolia*. На Кизыр-Казырском междуречье на верхнем пределе лесов, расположенном на высоте 1500 м, произрастают *Abies sibirica* и *Pinus sibirica* (Куминова, 1946).

В горах полуострова К а м ч а т к а (Срединный хребет, вулканические вершины Ключевская сопка и др.), на хребте Джугджур и в горах о. Сахалин верхний предел лесов, проходящий на уровне 700—850 м, образуют низкорослые редкостойные леса из *Betula ermanii* (Толмачев, 1950; Любимова, 1961; Турков, Шамшин, 1963; Кабанов, 1972). В древостое имеется небольшая примесь *Larix dahurica* и *Picea jezoensis*. Для березовых кривоколесий характерен кустарниковый ярус из *Pinus pumila*, *Sorbus sambucifolia*, *Alnus fruticosa*, *A. kamtschatica*, *Juniperus sibirica*. Очень богат и разнообразен травяной покров, часто достигающий высоты 2 м. В состав его входят *Filipendula kamtschatica*, *Angelica ursina*, *Ligularia speciosa*, *Polygonum weyrichii*, *Thalictrum minus*, *Equisetum hiemale*, *Calamagrostis hakonensis*, *Veratrum oxyspermum*, *Cimicifuga simplex*, *Aconitum maximum*, *Heraclium dulce*, *Pleurospermatum kamtschaticum*. Наиболее распространены ассоциации, относящиеся к группам разнотравных и кустарниковых. Высота древесного яруса 8—16 м, диаметр стволов до 20—28 см, сомкнутость крон 40—70%.

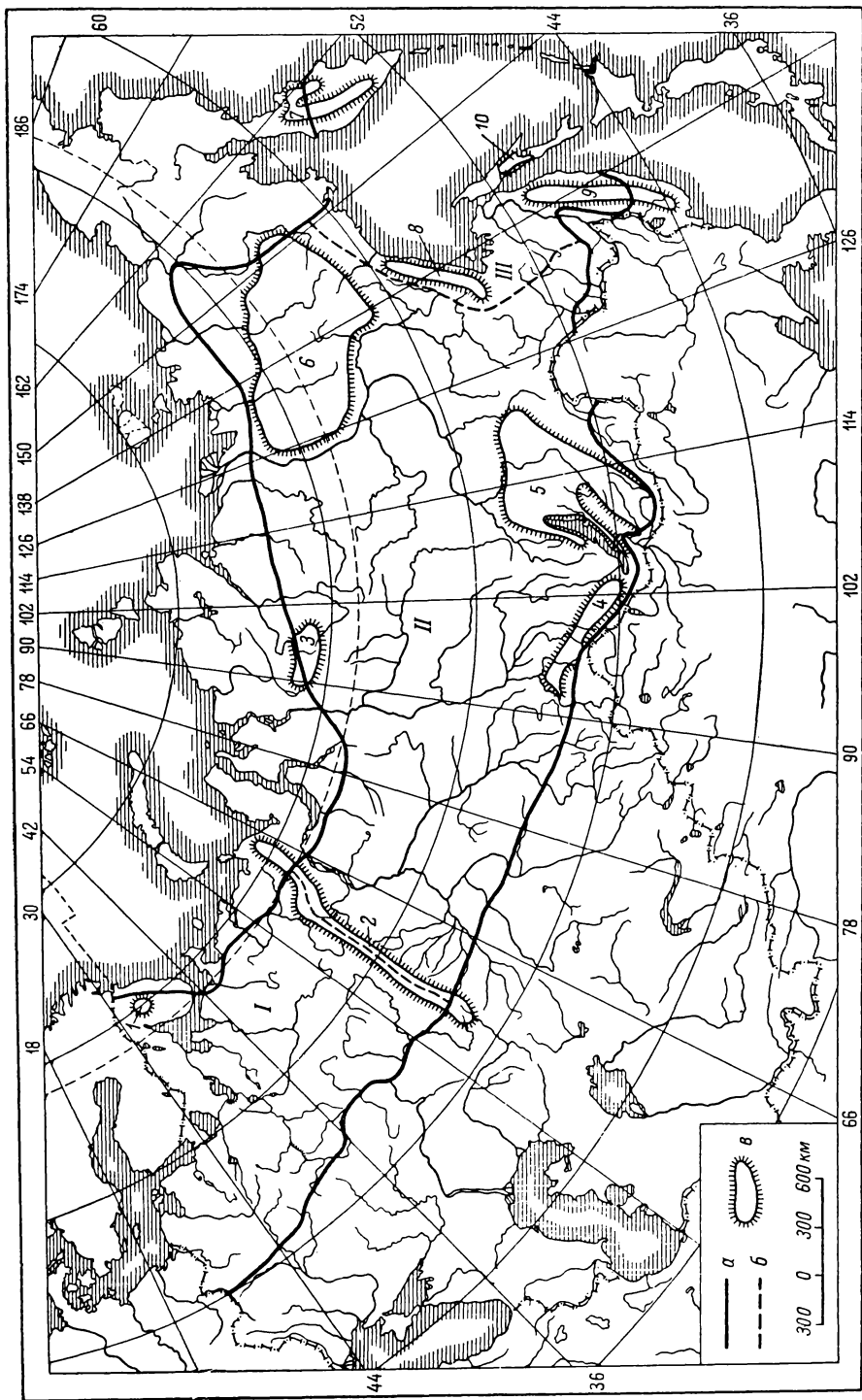


Рис. 1. Подразделение высокогорий бореальной зоны СССР на секторы по характеру верхней границы леса.

a — границы бореальной зоны, *b* — границы секторов, *6* — границы некоторых горных массивов: *I* — западный (атлантический) сектор, *II* — центральный (сибирский) сектор, *III* — восточный (тахокеанский) сектор. Горные массивы: *1* — Хибины, *2* — Урал, *3* — Путоран, *4* — Восточный Саян, *5* — горы Прибайкалья и Забайкалья, *6* — горы северо-восточной Сибири, *7* — горы полуострова Камчатка, *8* — хребет Джунджур, *9* — хребет Сихоте-Алинь, *10* — горы острова Сахалин.

В северной и средней части хребта С и х о т э - А л и н ь (Васильев, Куренцова, 1960; Колесников, 1968) верхняя граница леса достигает 1300—1500 м; также преобладают мелколесья из *Betula ermanii*, но местами в составе древостоев имеется примесь *Picea jezoensis*, *Abies nephrolepis* и *Larix ochotensis*.

Анализ приведенных данных показывает, что в зависимости от состава доминирующих видов деревьев и структуры высокогорных лесов в пределах бореальной зоны СССР можно выделить следующие физиономические подразделения верхней границы леса.

А. Границы леса с доминированием летнезеленых лиственных деревьев (типы: извилистоберезовый — *Betula tortuosa*, каменноберезовый — *Betula ermanii*).

Б. Границы леса с доминированием летнезеленых хвойных деревьев (типы: сибирсколиственничный — *Larix sibirica*, *L. sibirica* var. *sukaczewii*, даурсколиственничный — *Larix dahurica*).

В. Границы леса с доминированием вечнозеленых хвойных деревьев (типы: сибирскососновый — *Pinus sibirica*, еловый — *Picea obovata*, пихтовый — *Abies sibirica*).

Границы леса с доминированием летнезеленых лиственных и хвойных деревьев прослеживаются на значительном пространстве, а с доминированием вечнозеленых хвойных выражены лишь на небольших участках, где местные климатические условия благоприятны для существования этих более теплолюбивых древесных растений.

По составу основных физиономических типов верхней границы леса высокогорья бореальной зоны СССР расчленяются на три сектора: 1) западный (атлантический) умеренно-континентальный с океаническими влияниями, где доминируют криволесья из *Betula tortuosa* (горы Кольского полуострова, западная часть Полярного, Приполярного и Северного Урала); 2) центральный (сибирский) резко континентальный, с доминированием редколесий из *Larix sibirica*, *L. sibirica* var. *sukaczewii* и *L. dahurica* (восточная часть Полярного, Приполярного и Северного Урала, горы северо-восточной Сибири, Прибайкалья и Забайкалья, северной части Восточного Саяна); 3) восточный (тихоокеанский) муссонный, с преобладанием редкостойных лесов из *Betula ermanii* (горы полуострова Камчатка, побережья Охотского моря, Сихотэ-Алинь, горы о. Сахалин).

Как видно (рис. 1 и таблица), на крайних флангах бореальной зоны, в западном (атлантическом) и восточном (тихоокеанском) секторах, верхнюю границу леса образуют лиственные летнезеленые деревья (соответственно *Betula tortuosa* и *B. ermanii*); лишь на юге восточного сектора появляется небольшая примесь вечнозеленых и летнезеленых хвойных. В центральном секторе с его резко континентальным климатом на верхний предел леса выходят преимущественно хвойные деревья с опадающей на зиму листвой (*Larix sibirica*, *L. sibirica* var. *sukaczewii*, *L. dahurica*); в некоторых районах этого сектора с более благоприятным режимом тепла и влаги на верхнем пределе леса встречаются вечнозеленые хвойные (*Picea obovata*, *Pinus sibirica*, *Abies sibirica*), которые делают господство с лиственницей или даже преобладают над ней.

Абсолютная высота климатически обусловленной верхней границы леса в том или ином районе зависит главным образом от количества солнечной радиации, что определяется географической широтой местности, а также степенью океаничности (или континентальности) климата. На севере евразийского материка верхний предел лесов располагается ниже, чем в более южных районах, причем градиент повышения верхнего рубежа леса при движении с севера на юг составляет приблизительно 100 м на 1 градус широты. В океанических областях верхний предел леса расположен ниже, чем в континентальных. Локальные отклонения реального уровня верхней границы леса от возможного климатически обусловленного предела могут быть вызваны рядом других факторов (массивность гор, ориентация склонов, характер горной породы, антропогенные влияния). Наиболее низкий уровень верхнего предела леса характерен для се-

Физиономическая и высотная дифференциация
верхней границы леса в горах бореальной зоны СССР

Сектор	Горный массив	Градус сев. широты	Доминирующий вид деревьев на верхней границе леса	Абсолют- ная высо- та грани- цы леса, м	Литературный источник
Западный (ат- лантический)	Хибины	68	<i>Betula tortuosa</i>	300—600	Козубов, Шайду- ров, 1965
	Приполярный Урал, за- падный склон	65	<i>B. tortuosa</i>	500—600	Горчаковский, 1958
	Северный Урал, запад- ный склон	60	<i>B. tortuosa</i> , реже <i>Picea obovata</i>	700—800	Горчаковский, 1975
Центральный (сибирский)	Приполярный Урал, восточный склон	60°30'	<i>Larix sibirica</i> var. <i>sukaczewii</i>	600—700	Исследования ав- торов статьи
	Северный Урал, восточ- ный склон	60	<i>L. sibirica</i> var. <i>sukaczewii</i> , реже <i>Pinus sibirica</i>	800—1000	Горчаковский 1975
	Путорана	69	<i>Larix dahurica</i>	500—700	Водопьянова, 1976
	Якутия, хр. Черского	65	<i>L. dahurica</i>	1000	Шелудякова, 1938
	Якутия, Оймякон- ский р-н	62	<i>L. dahurica</i>	1300	Панарин, 1966; Шелудякова, 1938
	Баргузинский хр.	54	<i>Larix dahurica</i> , <i>Picea obovata</i> , <i>Abies sibirica</i> , <i>Betula ermanii</i>	1100—1490	Тюлина, 1949; Сипливинский, 1967
	Северо-западное побе- режье оз. Байкал	55	<i>Larix dahurica</i> , <i>L. sibirica</i>	800—1300	Сукачев, Поплав- ская, 1914
	Забайкалье, Олек- минский Становик, голец Кропоткина	54	<i>Larix dahurica</i>	1300—1400	Панарин, 1966
	Восточный Саян	52	<i>L. sibirica</i> , <i>Pinus sibirica</i>	1600—2200	Малышев, 1963
Восточный (тихоокеан- ский)	Хр. Джугджур	57	<i>Betula ermanii</i>	700—800	Васильев (по Ста- нюковичу, 1973)
	П-ов Камчатка, средняя часть	56	<i>B. ermanii</i>	600—800	Любимова, 1961
	О. Сахалин (гора Лопатина)	51	<i>B. ermanii</i>	800—500	Толмачев, 1950
	Сихотэ-Алинь	49	<i>B. ermanii</i> , <i>Picea jezoensis</i> , <i>Abies nephrolepis</i> , <i>La- rix ochotensis</i>	1300—1600	Васильев, Курен- цова, 1960; Ко- лесников, 1968

верной части западного и восточного секторов бореальной зоны (Хибины, Камчатка), а наиболее высокий — для южной части центрального сектора (Саяны).

ДИНАМИКА ВЕРХНЕЙ ГРАНИЦЫ ЛЕСА

Для изучения динамики верхней границы леса можно использовать такие показатели, как жизненность деревьев, их семенная продуктивность, естественное возобновление, присутствие отмерших деревьев, наличие опушек и островков леса, колебания прироста деревьев, возрастная структура древостоев, переход одной формы роста в другую. Для датировки остатков древесины в последнее время используется радиоуглеродный метод (La Marche, Mooney, 1967). Наиболее информативные показатели — колебания годичного прироста деревьев и возрастная структура древостоев, поскольку на их основе можно производить реконструкцию динамики рубежей леса за длительные промежутки времени и судить о их возможном смещении в будущем.

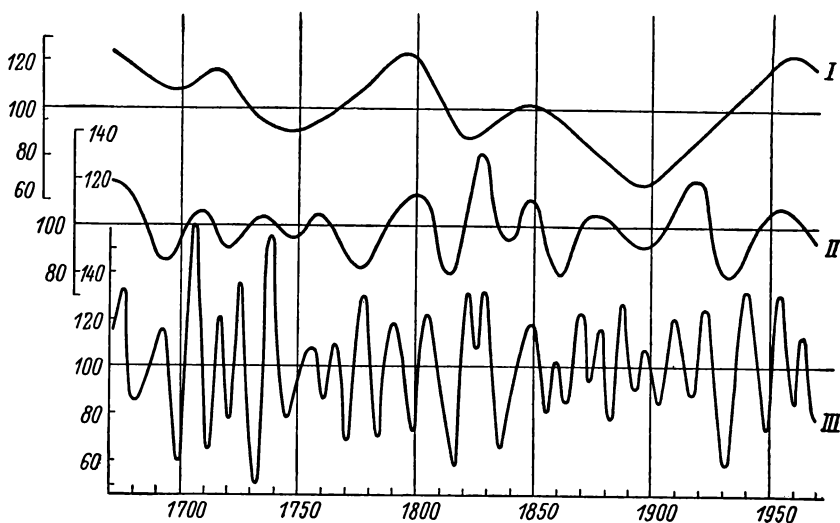


Рис. 2. Циклические колебания индексов прироста *Larix sibirica* на верхней границе леса в горах Приполярного Урала.

Циклы: I — 60—80-летний (вековой), II — 22—35-летний, III — 12-летний. Здесь и на рис. 3 по оси абсцисс — годы, по оси ординат — проценты прироста.

Изучение колебаний годичного прироста (при помощи дендрохронологического метода) наиболее старых из ныне живущих деревьев позволяет выявить чередование периодов, благоприятных и неблагоприятных для произрастания древесной растительности. Колебания ширины годичных колец деревьев во времени, как правило, имеют циклический характер и обусловлены циклическими колебаниями климата и солнечной активности. На верхней границе леса в гумидных областях умеренной и субарктической зон наибольшее влияние на величину годичного прироста древесины оказывают термические условия вегетационного периода, в частности самого теплого месяца — июля (Erlandsson, 1936; Eklund, 1957—1958; Колішук, 1958; Шиятов, 1965). На рис. 2 показаны результаты разложения дендрохронологического ряда у лиственницы сибирской (Приполярный Урал, верхняя граница леса) на циклические составляющие при помощи метода скользящего осреднения. Верхняя кривая (I) вскрывает наличие векового цикла, длительность которого составляет 60—80 лет. Длительные снижения прироста деревьев наблюдались в середине XVIII и конце XIX вв., а увеличения прироста — в конце XVII, конце XVIII и середине XX вв. На рис. 3 показан вековой цикл колебаний прироста лиственницы сибирской на верхней границе леса в различных по режиму увлажнения условиях обитания. Несмотря на то что изученные деревья росли в неодинаковых почвенно-грунтовых условиях, вековые колебания прироста в целом синхронны. Это дает основание полагать, что прирост деревьев в основном определялся колебаниями термического режима. Наиболее значительное снижение прироста наблюдалось в первой половине XVII и в конце XIX веков (рис. 3).

Изучение возрастной структуры древостоев в Скандинавии (Siren, 1963) и на Полярном Урале (Шиятов, 1965) показало, что обильное возобновление, формирование отдельных возрастных поколений и продвижение лесов в горы связано с достаточно длительными (80—90, 160—180, 250—260 лет) периодами, благоприятными для роста деревьев, а усыхание древостоев и снижение верхнего предела лесов — с достаточно длительными неблагоприятными периодами. Кратковременные циклические колебания прироста деревьев, а следовательно, и климата (продолжительность 22—35 и 12 лет, см. кривые II и III на рис. 2), существенного влияния на положение верхнего рубежа леса не оказывают.

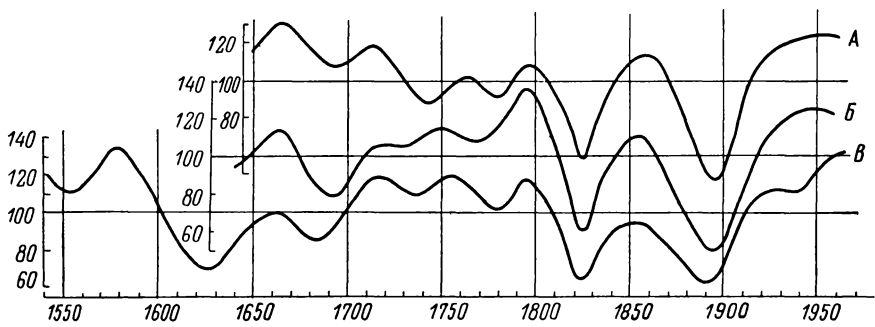


Рис. 3. Вековой цикл колебаний индексов прироста лиственницы *Larix sibirica*, произрастающей на верхней границе леса в различных условиях местообитаний на Полярном Урале.

А — свежие, Б — сухие, В — обильно проточно-увлажненные почвы.

Анализ более крупных циклов прироста деревьев дает возможность реконструировать смещения верхнего рубежа леса в прошлом.

Сделаем обзор имеющихся данных о смещениях и динамических тенденциях верхней границы леса в бореальной зоне СССР.

1. Западный (атлантический) сектор

Х и б и н с к и е г о р ы. Исследователи растительности Хибинских гор (Ануфриев, 1922; Чечот, 1925; Корчагина, Корчагин, 1932; Некрасова, 1938; Солоневич, 1940; Крючков, 1957) находили остатки сильно выветренных толстых стволов сосен и берез на 100—160 м выше современного положения верхней границы леса. Основываясь на этом, многие из них высказывали мнение о происходящей в современную эпоху деградации древесной растительности на ее верхнем пределе. Г. М. Козубов и В. С. Шайдунов (1965) произвели радиоуглеродный анализ образца древесины сосны, извлеченного из одного выветрелого ствола, и установили, что возраст его равен 600 ± 90 лет. Используя эту датировку и характер высотного распределения стланиковых и стволовых форм роста сосны, они пришли к выводу, что последний максимум поднятия границы леса завершился около 800—900 лет назад, когда она проходила на высоте 520—550 м над ур. м. (современная граница леса расположена на высоте 360—365 м над ур. м.). Наступившее затем ухудшение климатических условий повлекло за собой снижение верхнего предела леса до 230—300 м над ур. м. Около 200—250 лет назад началось поднятие верхнего рубежа леса, которое особенно интенсивно происходило в течение последних 30—40 лет. О современном наступлении леса на тундру свидетельствуют и данные В. В. Крючкова (1957). На южном склоне горы Юкспорлак он наблюдал расселение березы *Betula tortuosa* выше в горы в течение последних 20—40 лет, что, по-видимому, обусловлено потеплением климата. Анализ хода годичного прироста деревьев в этом районе (Возовик и др., 1971а) показал, что в течение последних 150 лет повышенный прирост наблюдался в 1825—1830, 1850—1860, 1925—1930 гг. и около 1945 г., а пониженный — около 1820 г., в 1840—1845, 1870—1915 и 1935—1950 гг. На основе дендрохронологических данных установлено два периода усиления лавинной деятельности (1810—1862 и 1919—1960), в течение которых несомненно происходило снижение верхней границы леса на участках склонов, подверженных действию лавин (Возовик и др., 1971б).

Западный склон Урала. Исследователи, работавшие на западном склоне Полярного, Приполярного и Северного Урала во второй половине XIX и в начале XX вв., приводили данные о деградации лесов на их верхнем пределе (Ковальский, 1853; Шенников, 1923; Говорухин, 1929; Корчагин, 1940). В начале сороковых годов XX в. стали появляться

высказывания об улучшении условий для произрастания древесной растительности (Тихомиров, 1941; Говорухин, 1947; Игошина, 1952; Овеснов, 1952; Горчаковский, 1975), по-видимому, в связи с потеплением климата.

2. Центральный (сибирский) сектор

Восточный склон Урала. Снижение верхней границы леса на восточном склоне Полярного, Приполярного и Северного Урала отмечалось во второй половине XIX и в начале XX вв. (Ковальский, 1853; Федоров, Иванов, 1886; Сукачев, 1922; Городков, 1926, 1929; Сочава, 1927, 1930), а поднятие — начиная примерно с 20-х годов XX в. (Тихомиров, 1941; Говорухин, 1947; Куваев, 1952; Игошина, 1952; Горчаковский, 1975). На Полярном Урале на основе изучения динамики прироста старых деревьев и возрастной структуры древостоев лиственничных редколесий была реконструирована динамика верхней границы леса за последние 300—350 лет (Шиятов, 1965, 1967). Оказалось, что смещение этой границы обусловлено циклическими колебаниями климата протяженностью примерно 160—180 лет. В периоды потепления (1630—1690, 1780—1850, 1920—1960 гг.) леса поднимались выше в горы, а в периоды похолоданий (1690—1780, 1850—1920 гг.) — снижались. В течение последних 10—15 лет (Шиятов, 1974) происходило ухудшение климатических условий (нисходящая ветвь векового цикла), в связи с чем в высокогорьях Приполярного Урала уже отмечены первые признаки деградации древесной растительности.

П у т о р а н а. Обнаружена массовая гибель лиственницы даурской ниже современной верхней границы леса (Ловелиус, 1970а). Датировка времени гибели деревьев при помощи дендрохронологического анализа показала, что они усохли во втором десятилетии XIX века, когда наблюдались очень низкие величины годичного прироста деревьев, связанные с похолоданием климата. В течение последних десятилетий, особенно между 1930—1940 гг., происходило значительное увеличение прироста лиственницы. Это указывает, что в настоящее время условия для произрастания леса на его верхнем пределе благоприятны.

В о с т о ч н ы й С а я н. Данные о динамике верхней границы леса противоречивы. Есть указания (Куминова, 1946; Глуздаков, 1953, 1966), что в настоящее время предел лесов понижается. Это мнение основано на присутствии усохших деревьев и даже целых рощ, а также лесных видов растений и скрытоподзолистых почв выше современного предела лесов. Упомянутые авторы связывают возможное снижение границы леса с происходящим интенсивным поднятием этой горной страны (до 6 см в год) или аридизацией климата. Работавший в районе Кугурчинского белогорья И. М. Красноборов (1961) не обнаружил каких-либо следов смещений границы леса. Н. В. Дылис (1959) в верховье р. Маны встречал как небольшие отмершие островки леса и много сухостоя в редколесьях, так и появление молодых рощ на ранее безлесных участках горной тундры. Он пришел к выводу, что современное положение верхней границы леса довольно устойчиво, а случаи небольших смещений на отдельных участках склонов связаны с эпизодическими колебаниями климата. Отмечается также вытеснение светлохвойных лесов темнохвойными (Красноборов, 1961), а кедр пихтой (Дылис, 1959). Анализ прироста деревьев лиственницы, произраставших на границе леса, показал, что в течение последних 100—120 лет наблюдалось усиление роста, связанное, по-видимому, с потеплением климата (Ловелиус, 1966).

П р и б а й к а л ь е и З а б а й к а л ь е. Исследования, проведенные Г. И. Галазием (1954) на хр. Хамар-Дабан, показали, что в течение последних 50—70 лет происходило довольно интенсивное наступление древесной растительности на горные тундры. За это время предел лесов поднялся на 30—80 м по вертикали. Экспансия древесной растительности объясняется улучшением климатических условий (повышением температуры воздуха и почвы). Хорошее возобновление кедр сибирского выше границы леса на Хамар-Дабане отмечал и А. В. Смирнов (1957). На Бар-

гузинском хребте Л. Н. Тюлина (1949) наблюдала хорошее возобновление березы каменной, пихты сибирской и ели сибирской в горных тундрах и на субальпийских лугах. В северных районах Забайкалья (хр. Черского) хорошее возобновление лиственницы даурской в верхней части подгольцового пояса отметил И. И. Панарин (1966). Что касается высокогорий южного Забайкалья (Борщовский хребет), то здесь, видимо, граница леса снижается (Сипливинский, 1975).

3. Восточный (тихоокеанский) сектор

К а м ч а т к а. На Срединном хребте отмечается общее смещение вертикальных поясов растительности вверх (Турков, Шамшин, 1963). Ель аянская внедряется под полог каменноберезовых криволесий, а каменная береза в свою очередь, заселяет прилегающие к верхней границе леса участки горных тундр. Дендрохронологические исследования в районе Ключевской сопки показали, что с конца прошлого столетия до 60-х годов текущего столетия происходило увеличение прироста древесных растений на верхнем пределе леса (Ловелиус, 1970б).

С и х о т э - А л и н ь. В настоящее время верхняя граница леса поднимается, хотя этот процесс и сдерживается на многих склонах отсутствием почвенного покрова и пожарами (Пономаренко, 1964; Розенберг, 1966; Куренцова, 1968; Колесников, 1968). Об этом свидетельствует расселение ели аянской *Picea jezoensis* и пихты белокорой *Abies nephrolepis* в полосе каменноберезовых криволесий, а каменной березы *Betula ermanii* — в зарослях микробиоты *Microbiota decussata*, кедрового стланика *Pinus pumila* и на субальпийских лугах. В течение последних 30—40 лет прирост деревьев в высоту и по диаметру усилился. Отмечаются хорошее состояние подроста, отсутствие массового отмирания деревьев на их верхнем пределе.

Подводя итог анализу динамики верхней границы леса в горах бореальной зоны СССР, можно отметить, что противоречивость данных о характере взаимоотношения лесной и тундровой растительности находит свое объяснение в представлениях о циклических колебаниях климата. На основе изучения прироста старых деревьев и возрастной структуры древостоев в Хибинах, на Урале, на севере Сибири и на Камчатке выявлены климатические циклы продолжительностью от 5—6 до 800—900 лет. Наиболее существенное влияние на смещение верхней границы леса оказывают циклические колебания климата (термического режима) продолжительностью 60—80, 140—160 лет и более.

В пределах большей части бореальной зоны СССР в настоящее время наблюдается поднятие верхней границы леса, которое большинство исследователей связывают с потеплением климата в северном полушарии в течение последних нескольких десятков лет. Однако во многих районах продвижению леса выше в горы препятствуют пожары и хозяйственная деятельность человека. Некоторое снижение верхнего рубежа лесной растительности, видимо, происходит в самых южных отрогах Восточного Саяна и в горных районах Забайкалья, примыкающих к Монголии (в связи с аридизацией климата и интенсивным поднятием гор). Прогнозируемое климатологами и гелиофизиками (Вительс, 1962; Геденов, 1969) похолодание климата в конце XX—начале XXI столетий может повлечь за собой снижение верхней границы леса во многих горных районах бореальной зоны.

Верхняя граница леса в бореальной зоне СССР еще мало нарушена антропогенными воздействиями. Однако в связи с нарастающим темпом хозяйственного освоения горных районов возникает опасность ее нарушения. Поэтому необходима бережная охрана лесов на их верхнем пределе.

ЛИТЕРАТУРА

А н у ф р и е в Г. И. (1922). О болотах Кольского полуострова. Работы Кольск. почв.-бот. отряда Северной научно-промысл. экспедиции, III, 11б.— В а с и л ь е в Н. Г., Г. Э. К у р е н ц о в а. (1960). Поясность растительного покрова на горе Ко в сред-

нем Сихотэ-Алине. Комаровские чтения, 8. — В и т е л ь с Л. А. (1962). Аномалии циклического хода солнечной активности и тенденции современных колебаний климата. Тр. Гл. геофиз. обсерватории, 133. — В о д о п ь я н о в а Н. С. (1976). Растительность Пutorана. В кн.: Флора Пutorана, Новосибирск. — В о з о в и к Ю. И., Л. М. Л у к ь я н о в а, С. М. М я г к о в. (1971a). Вариации пророста годичных колец деревьев в Хибинах и их связь с климатом. В кн.: Фитоиндикационные методы в гляциологии. М. — В о з о в и к Ю. И., Л. М. Л у к ь я н о в а, С. М. М я г к о в. (1971b). Лавинный режим в Хибинах в течение последних 150 лет. В кн.: Фитоиндикационные методы в гляциологии. М. — Г а л а з и й Г. И. (1954). Вертикальный предел древесной растительности в горах Восточной Сибири и его динамика. Тр. БИН АН СССР, сер. III, Геоботаника, 9. — Г е д е о н о в А. Д. (1969). Об использовании солнечно-климатических циклов для сверхдолгосрочного прогноза аномалий температуры. Тр. Гл. геофиз. обсерватории, 245. — Г л у з д а к о в С. И. (1953). Ботанико-географические наблюдения на хребте Еркин-Таргак-Тагга (Восточные Саяны). Изв. ВГО, 85, 1. — Г л у з д а к о в С. И. (1966). Субальпийское редколесье Саян. Изв. СО АН СССР, 4, сер. биол.-мед. наук, 1. — Г о в о р у х и н В. С. (1929). Растительность бассейна р. Илыча (Северный Урал). Тр. Общ. изучения Урала, Сибири и Д. Востока, 1, 1. — Г о в о р у х и н В. С. (1947). Динамика ландшафтов и климатические колебания на Крайнем Севере. Изв. ВГО, 3. — Г о р о д к о в Б. Н. (1926). Полярный Урал в верхнем течении р. Соби. Тр. Бот. музея АН СССР, 19. — Г о р о д к о в Б. Н. (1929). Полярный Урал в верховьях рек Войкара, Сыни и Ляпина. Матер. экспед. исслед. АН СССР, Уральск. сер., 7. — Г о р ч а к о в с к и й П. Л. (1958). Растительность хребта Саблы на Приполярном Урале. В кн.: Растительность Крайнего Севера СССР и ее освоение, 3, М.—Л. — Г о р ч а к о в с к и й П. Л. (1975). Растительный мир высокогорного Урала. — Д ы л и с Н. В. (1959). Растительность альпийской области Восточного Саяна в пределах бассейна р. Маны. Уч. зап. МГУ, 189, Биogeография. — И г о ш и н а К. Н. (1952). Растительность субальпийского Среднего Урала. Тр. БИН АН СССР, сер. III, Геоботаника, 8. — К а б а н о в Н. Е. (1972). Каменноберовые леса в ботанико-географическом и лесоводственном отношениях. — К о в а л ь с к и й М. (1853). Северный Урал и береговой хребет Пай-Хой, 1. — К о з у б о в Г. М., В. С. Ш а й д у р о в. (1965). Вертикальная поясность в Хибинских горах и колебания верхней границы леса. Изв. АН СССР, сер. геогр., 3. — К о л е с н и к о в Б. П. (1968). Высокогорная растительность среднего Сихотэ-Алиня. — К о л и щ у к В. Г. (1958). Сучасна верхня межа лісу в Українських Карпатах. — К о р ч а г и н А. А. (1940). Растительность северной половины Печорско-Ильчского заповедника. Тр. Печорско-Ильчского гос. заповедника, 2. — К о р ч а г и н А. М. В., А. А. К о р ч а г и н. (1932). Растительность Хибинских тундр. В кн.: Путеводитель по Хибинским тундрам. — К р а с н о б о р о в И. М. (1961). Растительность Кутурчинского белогорья (Восточный Саян). Уч. зап. Красноярск. гос. пед. инст., XX, 1, каф. бот. — К р у ч к о в В. В. (1957). О факторах, определяющих верхний предел березы и ели в Хибинских горах. Вестн. МГУ, 3, сер. биол., почв., геол., геогр. — К у в а е в В. Б. (1952). Высотное распределение растительного покрова Ляпинского Урала. — Автореф. канд. дисс. М. — К у м и н о в а А. В. (1946). Растительность Кызыр-Казырского междуречья. Изв. Зап.-Сиб. ФАН СССР, сер. биол., 1. — К у р е н ц о в а Г. Э. (1963). Растительность Приморского края. — Л о в е л и у с Н. В. (1966). Опыт применения дендрохронологического анализа для изучения изменений климата (на примере Восточных Саян). Тез. докл. XIX Герпензовских чтений (география, геология). Л. — Л о в е л и у с Н. В. (1970a). Теплообеспеченность гор Пutorана и ледовитость Балтики. Изв. ВГО, 102, 1. — Л о в е л и у с Н. В. (1970b). Влияние извержений вулканов на растительность Камчатки. Бот. ж., 55, 11. — Л ю б и м о в а Е. Л. (1961). Камчатка. — М а л ы ш е в Л. И. (1957). Вертикальное распределение растительности на побережье Северного Байкала. Изв. Вост.-Сиб. ФАН СССР, 10. — М а л ы ш е в Л. И. (1965). Высокогорная флора Восточного Саяна. — М и н я е в Н. А. (1963). Структура растительных ассоциаций. — Н е к р а с о в а Т. П. (1938). Растительность альпийского и субальпийского поясов Чуна-тундры. Тр. Лапландск. гос. заповедн., 1. — О в е с н о в А. М. (1952). Горные луга Западного Урала. П а н а р и н И. И. (1966). Леса Центрального Забайкалья (регионально-типологические особенности, лесоводственные свойства, микро- и фитоклимат, лесовостановительные процессы). Зап. Забайкальск. фил. Геогр. общ. СССР, ч. II, 26. — П о н о м а р е н к о В. М. (1961). О динамике верхней границы леса в горах южного Сихотэ-Алиня. Изв. СО АН СССР, 5. — Р а б о т н о в Т. А. (1936). Леса из *Betula ermanii* в южной Якутии. Природа, 4. — Р о з е н б е р г В. А. (1966). Верхний предел лесов в горах материкового побережья Дальнего Востока. В кн.: Проблемы ботаники, 8. — С и п л и в и н с к и й В. Н. (1967). Очерк высокогорной растительности Баргузинского хребта. Тр. Баргузинск. гос. заповедн., 5. — С и п л и в и н с к и й В. Н. (1975). Высокогорная растительность горы Сохондо (Забайкалье). Бот. ж., 60, 3. — С м и р н о в А. В. (1957). Высокогорные кедровые леса Прибайкалья. Изв. вост. филиалов АН СССР, 10. — С о л о н е в и ч К. И. (1940). О регрессии ареала сосны на Кольском полуострове. Тр. БИН АН СССР, сер. III, Геоботаника, 4. — С о ч а в а В. Б. (1927). Ботанический очерк лесов Полярного Урала от р. Нельки до р. Хулги. Тр. Бот. музея АН СССР, 21. — С о ч а в а В. Б. (1930). Пределы лесов в горах Ляпинского Урала. Тр. Бот. музея АН СССР, 22. — С т а н ю к о в и ч К. В. (1973). Растительность гор СССР (ботанико-географический очерк). — С у к а ч е в В. Н. (1912). Растительность верхней части бассейна Тунгира. Тр. Амурск. экспед., 1. — С у к а ч е в В. Н. (1922). К вопросу об изменении климата и растительности на севере Сибири в послетре-

тичное время. Метеорол. вестн., 32, 1—4. — С у к а ч е в В. Н., Г. И. П о п л а в с к а я. (1914). Ботаническое исследование северного побережья Байкала в 1914 г. Изв. Имп. Акад. наук, VI сер., 17. — Т и х о м и р о в Б. А. (1941). К вопросу о динамике полярного и вертикального пределов лесов в Евразии. Сов. бот., 5—6. — Т о л м а ч е в А. И. (1950). О высокогорной флоре горы Лопатина (остров Сахалин). Бот. ж., 35, 4. — Т у р к о в В. Г., В. А. Ш а м ш и н. (1963). Лесоводственно-таксационная характеристика каменноберезовых древостоев Камчатки. В кн.: Леса Камчатки и их лесохозяйственное значение. — Т ю л и н а Л. Н. (1949). Очерк растительности Баргузинского заповедника. Науч.-метод. зап. Гл. управления по заповедникам при Совете Министров РСФСР. — Ф е д о р о в Е. С., П. П. И в а н о в. (1886). Сведения о Северном Урале. Изв. Русск. геогр. общ., 22, 3. — Ч е р е д н и к о в а Ю. С. (1963). Типы кедровых лесов северного склона хребта Манское белогорье. В кн.: Типы лесов Сибири, М. — Ч е ч ч о т А. Г. (1925). Леса западных склонов Хибинских гор и окрестностей г. Мурманска. Изв. Географ. инст., 5. — Ш е л у д я к о в а В. А. (1938). Растительность бассейна реки Индигирки. Сов. бот., 4—5. — Ш е н н и к о в А. П. (1923). Краткий ботанический очерк района в верховьях р. Печоры. Север, 3—4. — Ш и я т о в С. Г. (1965). Возрастная структура древостоев и формирование лиственничных редколесий на верхней границе леса в бассейне р. Соби (Полярный Урал). Тр. Инст. биол. УФАН СССР, 42. — Ш и я т о в С. Г. (1967). Колебания климата и возрастная структура древостоев лиственничных редколесий в горах Полярного Урала. В кн.: Растительность лесотундры и пути ее освоения, Л. — Ш и я т о в С. Г. (1974). Некоторые данные о современных тенденциях в характере взаимоотношений леса и тундры в горах Приполярного Урала. В кн.: Биологические проблемы Севера. VI симпозиум, 5, тезисы докл., Якутск. — E k l u n d В. (1957—1958). Om granens arsringsvariationer inom mellersta Norrland och deres samband med klimatet. Medd. States skogsforskningsinst., 47, 1. — E r l a n d s s o n S. (1936). Dendrochronological studies. Stockholms Högskolas Geokronol. Inf., Data 23. Uppsala. — L a M a r c h e V., Н. М о о n e y. (1967). Altithermal timberline advance in western United States. Nature, 213, 5080. — S i r e n G. (1963). Tree rings and climate forecasts. New Scientist, 346.

Институт экологии растений и животных
Уральского научного центра
АН СССР,
Свердловск.

Получено 6 VI 1977.

S U M M A R Y

The high-mountain areas of the boreal zone of the U. S. S. R. may be subdivided, according to the composition of the physiognomic types of the upper forest limit, into 3 sectors: western (Atlantic) moderately-continental sector with oceanic influences, central (Siberian) strongly continental sector and eastern (Pacific) monsoon sector. At the extreme flanks of this zone, in the western and eastern sectors, the upper forest limit is formed by deciduous summergreen trees (correspondingly *Betula tortuosa* and *B. ermanii*). In the central sector the summer-green coniferous trees (*Larix sibirica*, *L. sibirica* var. *sukaczewii*, *L. dahurica*) form the upper forest limit, but in some southern regions of this sector, where the climate is more warm and humid, some evergreen coniferous trees (*Picea obovata*, *Pinus sibirica*, *Abies sibirica*) reach the upper forest limit. On the basis of complex use of different methods (evaluation of vitality of trees, of changes of their growth, of natural regeneration of high-mountain forests etc.) the fluctuations of the upper forest limit caused by cyclic fluctuations of climate (especially thermic regime) were revealed. The 60—80 and 140—160 year climatic cycles produce the most important influence on the fluctuation of the upper forest limit. A certain uplifting of the upper forest limit was observed during the few last decades in the most parts of the boreal zone.