

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
УРАЛЬСКИЙ ФИЛИАЛ
ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ

На правах рукописи

С. Г. ШИЯТОВ

**ДИНАМИКА ВЕРХНЕЙ ГРАНИЦЫ ЛЕСА
НА ВОСТОЧНОМ СКЛОНЕ ПОЛЯРНОГО
УРАЛА
(БАССЕЙН РЕКИ СОБИ)**

Автореферат диссертации, представленной на соискание
ученой степени кандидата биологических наук

Научный руководитель — доктор биологических
наук, профессор П. Л. Горчаковский

СВЕРДЛОВСК, 1964 г.

Защита состоится на заседании Объединенного Ученого
Совета при Институте биологии Уральского филиала АН
СССР *5 июня* 1964 г.

Отзывы и замечания просим присылать по адресу:
г. Свердловск, улица 8 Марта, 202, Институт биологии,
Ученому секретарю Объединенного Ученого Совета Г. С.
Хреновой.

Автореферат разослан *30 апреля* 1964 г.

Учение о смещениях природных зон и поясов во времени и пространстве (или их динамика), которое стало усиленно разрабатываться с конца прошлого столетия главным образом благодаря работам Г. И. Танфильева (1894, 1894а, 1911), С. И. Коржинского (1888) и В. И. Талиева (1905), занимает видное место в ботанической географии и геоботанике. При этом наибольшее внимание уделяется изучению динамики таких важных ботанико-географических рубежей, как южные, полярные и верхние пределы лесов, т. е. взаимоотношений леса со степью и тундрой, в том числе горной.

Динамические процессы, происходящие на верхних и полярных пределах лесов, привлекали внимание многих исследователей как в нашей стране (Танфильев, 1894, 1911; Городков, 1926, 1926а, 1935, 1938; Сочава, 1927, 1930, 1940, 1950; Тюлина, 1936, 1937; Тихомиров, 1941, 1941а, 1956, 1962; Говорухин, 1947; Андреев, 1954, 1956; Горчаковский, 1954; Галазий, 1954; Колишук, 1960 и др.), так и за рубежом (Griggs, 1934; Regel, 1949, 1950; Hustich, 1939, 1959, 1959а). Интерес к этому вопросу объясняется тем, что верхние и полярные пределы лесов выступают «как важный природный рубеж, имеющий как биогеографическое, так и хозяйственное значение» (Тихомиров, 1962). Выяснение закономерностей смещения зональных и поясных рубежей, причин, вызывающих их смещение, тенденций изменения растительного покрова лесной и тундровой зон, познание биологических и экологических особенностей древесных растений на пределах их существования, причин и путей преодоления безлесья тундры, закономерностей изменения самой внешней среды — вот далеко не полный перечень важных теоретических проблем, решение которых тесно связано с изучением взаимоотношений леса и тундры. С другой стороны, предтундровые редкостойные леса имеют огромное значение в хозяйственной деятельности населения Крайнего Севера. Они выполняют большую защитную и климатоулучшающую роль. Древесина этих лесов используется как топливный и строительный материал. Успешность и эффективность оленеводства, животноводства и сельского хозяйства находится в закономерной связи с пределами лесов. Поскольку улучшение микроклимата в почвенной и воздушной средах при помощи искусственных лесных насаждений считается наиболее перспективным, проблема взаимоотношений леса и тундры приобрела в настоящее время особенно большое практическое значение.

В течение 1960—1962 гг. на восточном склоне Полярного Урала в бассейне р. Соби нами производилось изучение современного состояния верхней границы леса, прироста деревьев, возрастной структуры древостоев, семяношения лиственницы, лесовозобновительных процессов, а также картирование верхнего предела лесной растительности для выяснения современных и прошлых взаимоотношений леса и тундры и причин, их определяющих.

Изучение динамики верхней границы леса в горах Полярного Урала представляет интерес во многих отношениях. В этом районе Б. Н. Городковым (1926) и В. Б. Сочавой (1927) отмечено отмирание древостоев на их верхнем пределе, на основании чего был сделан вывод о происходящем в настоящее время снижении верхней границы леса. Но в течение последних десятилетий накапливаются данные, свидетельствующие о том, что в южной половине Уральского хребта и во многих районах Субарктики происходит, наоборот, активизация позиций леса на его верхнем и полярном пределах (Тихомиров, 1941, 1962; Говорухин, 1947; Горчаковский, 1954 и др.). Поэтому выяснение причин отмирания древостоев и современных тенденций во взаимоотношениях леса и тундры в этом районе представляет несомненный интерес. Немаловажное значение имеет и то обстоятельство, что в бассейне р. Соби лесная растительность на многих склонах поднимается до своего климатического предела, где динамические процессы выражены лучше. Поскольку верхние пределы лесов в горах Полярного Урала находятся вблизи их полярных пределов, то изучение взаимоотношений леса и тундры в горах должно пролить свет и на соответствующие взаимоотношения на прилегающих равнинах. Наконец, лесная растительность Полярного Урала на своем верхнем пределе сравнительно слабо подвержена хозяйственной деятельности человека. Здесь отсутствуют пожары и массовые вспышки размножения насекомых-вредителей, что позволяет выявить динамику верхней границы леса в ее ненарушенном виде.

ИЗУЧЕННОСТЬ ДИНАМИКИ ВЕРХНЕЙ ГРАНИЦЫ ЛЕСА В ГОРАХ УРАЛА

Несмотря на то, что вопрос о характере взаимоотношений леса и тундры в горах Урала дискутируется уже более чем сто лет, состояние его разработки оставляет желать много лучшего. Объяснить это можно тем, что «глубоко и детально этот вопрос почти никем не разрабатывался» (Гор-

чаковский, 1954). Отрывочные и зачастую трудно сопоставимые сведения, касающиеся динамики верхней границы леса, разбросаны в работах ботаников, геологов и географов, занимавшихся другими вопросами. Исследователи оперировали в основном материалом описательного характера, который сводился к констатации наблюдавшихся случаев отмирания деревьев на их верхнем пределе, или отмечалось наличие подроста под пологом редколесий и выше границы леса.

Однако рассмотрение имеющихся литературных данных позволяет подметить ряд интересных моментов во мнениях исследователей относительно характера взаимоотношений леса и тундры в горах Урала. Исследователи, работавшие в высокогорьях до 30-х годов текущего столетия, единодушно высказывались в пользу того, что верхний предел лесной растительности снижается (Ковальский, 1853; Федоров и Иванов, 1886; Сукачев, 1922; Шенников, 1923; Городков, 1926, 1926а, 1929, 1935, 1938; Сочава, 1927, 1930, 1940, 1950; Говорухин, 1929; Игошина, 1933; Андреев, Игошина и Лесков, 1935; Корчагин, 1940). После указанного срока мнения разделились. Стало появляться все больше высказываний в пользу того, что в настоящее время, наоборот, происходит активизация позиций леса, т. е. его продвижение выше в горы (Говорухин, 1940, 1941, 1947, 1947а; Тихомиров, 1941; Варсанюфьева и Краснов (по Говорухину, 1947); Игошина, 1952; Овеснов, 1952; Куваев, 1952; Горчаковский, 1954). Явные следы отмирания лесов на их верхнем пределе, выражавшиеся в усыхании целых лесных островков и опушек, отмечались исследователями только в северной половине Уральского хребта. В южной половине хребта отмечалось только изреживание подгольцовых древостоев. Более или менее достоверные данные, свидетельствующие о поднятии верхней границы леса, относятся только к южной половине Уральского хребта.

В отношении причин смещения верхней границы леса у разных авторов также нет единого мнения. Большинство авторов связывает смещение верхней границы леса с изменением климатических условий (Федоров и Иванов, 1886; Городков, 1926, 1926а, 1929, 1935, 1938; Сукачев, 1922; Сочава, 1927, 1930; Говорухин, 1929; Игошина, 1933, 1952; Андреев, Игошина и Лесков, 1935; Корчагин, 1940; Тихомиров, 1941; Овеснов, 1952; Горчаковский, 1954). В начале сороковых годов, когда появились первые факты в пользу возможного

продвижения верхней границы леса в горы, В. С. Говорухин (1940, 1947, 1947а) сделал попытку объяснить отмирание деревьев влиянием исключительно суровых зим, случающихся раз-два в столетие, внезапными летними похолоданиями, а также нападением насекомых и грибов. К. Н. Игошина (1963), стараясь объяснить тот факт, что гибнущие редколесья на границе леса приурочены к низкогорьям Малого Урала, в то время как лиственничники в пределах Большого Урала неуязвимы, высказала предположение, что гибель древостоев может быть объяснена действием не общих, а каких-то локальных причин, в частности они страдают от сильных западных ветров и снеговой корразии. В. Б. Сочава (1940, 1950) считает, что первопричиной снижения верхней границы леса являются происходящие в настоящее время эпейрогенические поднятия северной части Урала. В результате поднятия местности происходит ухудшение климата, а также усиление эрозии и смыв мелкозема на некоторых участках склона, что оказывает отрицательное влияние на лесную растительность.

НЕКОТОРЫЕ ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ О РАЙОНЕ ИССЛЕДОВАНИЙ

Высокогорная область Полярного Урала (или Большой Урал) представляет собой возвышенное плато, средняя высота которого 600—1000 м над ур. м. (отдельные вершины до 1500 м). Плато изрезано многочисленными долинами, трогами и карами, т. е. имеет типичный ледниковый ландшафт. Вдоль восточного склона хребта расположена довольно глубокая и широкая долина, которая отделяет Большой Урал от так называемого Малого Урала, состоящего из невысоких (до 300—400 м над ур. м) сглаженных гор и хребтов, вытянутых с северо-востока на юго-запад.

Важнейшие черты климата Полярного Урала формируются под влиянием особенностей радиационного режима высоких широт, довольно интенсивной циклонической деятельности, большой расчлененности рельефа при меридиональной вытянутости горных хребтов и близости к обширным поверхностям Северного Ледовитого океана (Шварева, 1962). Средняя годовая температура воздуха в высокогорьях составляет — 7,0—8°С, а на прилегающих равнинах — 5,5—6°,5С. Хорошо выражена температурная инверсия. Преобладание западного переноса влагосодержащих масс и мери-

диональное расположение хребта является причиной сильных различий в увлажнении западного и восточного склонов. Если на западном склоне выпадает до 600—800 мм осадков в год, то на восточном — не более 500—600 мм. Доля твердых осадков значительна (до 50%), так как зима длится свыше 5 месяцев. Сильными и часто дующими западными ветрами снег сдувается с повышенных склонов и скапливается в ущельях, карах и долинах. Но наибольшие запасы снега скапливаются на верхней границе леса. Самые верхние островки леса не способны удержать весь сдуваемый с гор снег, и он откладывается очень неравномерно и на значительном протяжении по склону (до 1 км). Максимальной мощности (до 3—4 м) снеговой покров на верхней границе леса достигает с подветренных сторон островков и полос леса, т. е. в тех местах, где лес отсутствует. Под пологом подгольцовых разреженных лесов мощность снега меньшая и колеблется в пределах от 0,5 до 2—3 м.

Полярный Урал расположен в пределах нескольких широтных растительных зон и подзон. Самая северная оконечность хребта окружена подзоной типичных тундр (моховых, лишайниковых и кустарничковых). Большая часть территории, прилегающей к хребту (особенно вдоль западного склона) покрыта кустарниковыми тундрами. Подзона лесотундры, наоборот, лучше выражена в Зауралье, где она простирается от низовьев р. Щучьей до низовьев р. Соби. На западном склоне хребта лесотундровые редколесья не подходят близко к горам, отделяясь от них довольно широкой полосой кустарниковых тундр.

Характерной чертой растительного покрова Полярного Урала как горной страны является изменение его с высотой, т. е. вертикальная поясность. Выделены следующие растительные пояса (снизу вверх): горнотаежный, подгольцовый, нижний гольцовый и верхний гольцовый. Горнотаежный пояс выражен только в южной части Полярного Урала и представлен редкостойными елово-лиственничными лесами вдоль восточного склона хребта и елово-березовыми вдоль западного. Эти леса занимают небольшую площадь, произрастая в глубоких речных долинах и на южных склонах сопок Малого Урала. В пределах этого пояса много безлесных пространств, занятых болотами и кустарниковыми тундрами. Северные форпосты елово-лиственничных редкостойных лесов в верховьях р. Соби не поднимаются выше 150—160 м над ур. м., а на юге Полярного Урала — до 200 м над ур. м.

Подгольцовый пояс на восточном склоне хребта представлен почти чистыми лиственничными редколесьями, которые заходят далеко на север (до рек Щучья и Байдарата), а на западном — елово-березовыми, произрастающими в долине р. Усы и по ее левым притокам. Леса подгольцового пояса составляют верхнюю границу леса, которая в верховьях р. Соби находится в среднем на высоте 200—250 м над ур. м., а на юге Полярного Урала доходит до 350—380 м над ур. м. Восточные склоны Полярного Урала облесены значительно лучше, чем западные. Это объясняется различиями в климатических условиях этих склонов. Западные склоны более увлажнены, имеют худший радиационный режим, меньшую продолжительность вегетационного периода, более низкую температуру воздуха, большое число дождливых и пасмурных дней, более сильные ветры, а также худший дренаж. Нижний гольцовый (или горнотундровый) пояс представлен различными типами горных тундр, которые на крутых склонах сменяются полями каменных россыпей (курумов). При движении снизу вверх в пределах этого пояса можно выделить три полосы, отличающиеся друг от друга преобладанием того или другого типа тундр: полоса кустарниковых, кустарничковых и мохово-лишайниковых тундр. В северной части Полярного Урала пояс тундр распространен от подножий склонов до высоты 500—600 м над ур. м., а в южной части — от верхней границы леса до высоты 700—800 м над ур. м. Верхний гольцовый пояс (или пояс холодных гольцовых пустынь) занимает самые верхние части гор и хребтов. Растения в этом поясе не образуют сомкнутых сообществ, а произрастают единично на тех немногих участках, где скопляется мелкозем. Основную площадь здесь занимают каменные россыпи, покрытые накипными и листоватыми лишайниками.

ХАРАКТЕРИСТИКА ВЕРХНЕЙ ГРАНИЦЫ ЛЕСА

Основной лесобразующей породой на верхней границе леса в бассейне р. Соби является лиственница сибирская (*Larix sibirica*). Небольшая доля участия в составе лиственничных редколесий приходится на березу извилистую (*Betula tortuosa*) и ель сибирскую (*Picea obovata*). Роль березы заметно увеличивается на западном склоне хребта, где она зачастую преобладает на верхней границе леса.

В зависимости от мощности снегового покрова, листвен-

ница на верхней границе леса имеет следующие три основные формы роста: стволовую, кустовую и стланиковую. Наши данные подтверждают вывод Б. Н. Норина (1958), что резкого снижения урожайности лиственницы на ее климатическом пределе не происходит. В средний по урожайности год семенная продуктивность редколесий составляет около 2 кг с га (или 500—700 тыс. семян). Лиственница плодоносит ежегодно, и периодичность плодоношения у нее, по-видимому, лучше выражена в пределах однородных типов местобитания. Специальные наблюдения над временем вылета семян показали, что они вылетают не осенью и зимой, как это наблюдается в восточных частях ареала лиственницы сибирской, а только летом следующего года, при наступлении сухой и жаркой погоды, способствующей раскрытию шишек. Из шишек в первую очередь вылетают наиболее развитые и тяжелые семена. Около 10—15% семян вообще не вылетает из шишек. Так как вылет семян происходит летом, то возможности их распространения сильно снижаются. Основная масса семян от материнского дерева не отлетает дальше 50—60 м. Поэтому семенное обеспечение тундровых территорий, находящихся выше верхней границы леса, затруднено, за исключением узкой полосы, примыкающей к стене леса. Процент всхожих семян низкий (5—10%), хотя количество жизнеспособных составляет 20—30%. В холодные и дождливые годы семена лиственницы могут не успеть вызреть до наступления осенних заморозков.

Вслед за многими авторами (Лесков, 1932; Крылова, 1951; Колищук, 1959; Станюкович, 1960) мы под верхней границей леса понимаем не линию, а более или менее широкую полосу (или пояс), где в силу неблагоприятных условий лесная растительность начинает вытесняться и, в конце концов, уступает место безлесным растительным группировкам. В общем понятии «верхняя граница леса» обычно различают несколько границ более мелкого ранга. Применительно к району наших работ можно выделить следующие границы: сомкнутых лесов, редколесий и отдельных деревьев. Чаще термин «верхняя граница леса» употребляют в более узком смысле, понимая под ним полосу редколесий (или криволесий), где древесные растения сохраняют еще в какой-то степени эдификаторные свойства. В нашем случае это будет подгольцовый пояс. Узкую полосу, соединяющую самые верхние части лесных массивов, мы называем верхней кромкой границы леса,

Многообразии причин, обуславливающих высотное положение верхней границы леса на том или другом склоне, вынуждало исследователей подразделять ее на отдельные типы в зависимости от основных факторов, которые ограничивают расселение леса выше в горы. Наиболее распространено деление верхней границы леса на климатически обусловленную (или климатическую) и почвенно обусловленную (или эдафическую) (Сочава, 1930; Тихомиров, 1941; Галазий, 1954; Горчаковский, 1954 и др.). В последнее время предприняты попытки более дробного деления типов верхней границы леса в зависимости от одного главного ограничивающего фактора (Колищук, 1959, 1960; Станюкович, 1960). Нами в бассейне р. Соби выделены следующие шесть типов верхней границы леса: термическая, ветровая, курумная, болотная, снеговая и лавинная.

По преобладанию тех или других типов верхней границы леса обследованная нами территория разделена на пять районов. Первый район занимает склоны вдоль широтной долины р. Бол. Ханмей и левый берег верховьев р. Соби. Здесь преобладают болотная (48%) и курумная (43%) границы леса. Второй район расположен южнее первого и занимает северный и северо-восточный склоны перидотитового массива Рай-Из. Наличие очень крутых склонов обуславливает преобладание курумной границы леса (81%). Третий район занимает юго-восточные склоны массива Рай-Из и восточные предгорья г. Черной. Здесь верхняя граница леса отходит от гор Большого Урала на 4—6 км, так как из верховьев рек Енга-Ю и Кэр-Доман-Шор дуют сильные долинныи ветры. Поэтому преобладает ветровая граница леса (46%). Четвертый район занимает склоны высоты 302,0, расположенной в 4 км к юго-востоку от г. Черной. Этот район интересен в том отношении, что преобладает термическая граница леса (45%). Причиной этого является наличие пологих склонов с развитым мелкоземистым субстратом и защищенность от ветров. Пятый, самый южный исследованный нами район, занимает юго-восточные склоны массива Рай-Из от р. Орех-Юган до р. Макар-Рузь. Здесь, как и в первом районе, преобладают болотная (40%) и курумная (36%) границы леса. Характерным для этого района является значительная выветренность снеговой границы леса (15%), так как на подветренных склонах невысоких сопков, по которым проходит граница леса, скапливаются большие сугробы снега.

Особенности верхней границы леса в бассейне р. Соби определяются тем, что этот район расположен в заполярной части Уральского хребта, в пределах подзоны лесотундры. Первая особенность состоит в том, что здесь лесная растительность на многих склонах поднимается до своего климатического предела. Напротив, в южной половине Уральского хребта лес, как правило, не достигает этого предела из-за небольших высот гор и наличия на их вершинах крутых каменных склонов. Климатические типы верхней границы леса (термическая, ветровая и снеговая) зафиксированы на протяжении 42,3 км, что составляет 32% от общей протяженности закартированной нами границы леса. Лучше всего выражена ветровая граница леса (20%), затем идет термическая (7%) и снеговая (4%). Вторая особенность заключается в том, что верхняя граница леса образована в основном почти чистыми лиственничными древостоями. В более южных районах, особенно в пределах Северного Урала, наблюдается значительно большее количество видов древесных растений, произрастающих на верхнем пределе леса. Третья особенность состоит в том, что верхняя граница леса в бассейне р. Соби представлена отдельно расположенными или соединенными между собой островками и полосами леса различной величины, в то время как на южнее расположенных вершинах Урала она представляет собой более или менее сплошной лесной массив, обрывающийся на определенной высоте. Лесопокрываемая площадь в пределах подгольцового пояса составляет всего около 60—70%. Безлесными являются заболоченные участки и площади голых каменных россыпей, а также местообитания, имеющие слишком большую (более 3—4 м) или незначительную (менее 0,5 м) мощность снегового покрова. Сход снега в местах его больших скоплений задерживается, что приводит к сокращению продолжительности вегетационного периода на 2—3 недели. В таких местообитаниях древесные растения не могут пройти нормально годичный цикл роста и развития из-за краткости вегетационного периода. Безлесье малоснежных местообитаний определяется неблагоприятным микроклиматическим режимом зимнего времени (сильное охлаждение почвы, отсутствие защиты от ветров и снеговой корразии), а также вредным воздействием резко переменного увлажнения верхних горизонтов почвы в летнее время на появление всходов лиственницы. Размах колебаний мощности снега, при котором возможно существование лесных сообществ, зави-

сит от характера увлажнения местообитаний и связанного с ним теплового режима почвы. На более сухих местообитаниях диапазон мощности снега, при котором возможно произрастание лиственницы, увеличивается как за счет снижения минимальной мощности снега, так и за счет увеличения максимальной.

Лиственничные редколесья, произрастающие на верхней границе леса, объединены в следующие пять групп ассоциаций: лишайниковые, мохово-лишайниковые, зеленомошные, травяные и сфагновые. Они занимают соответственно постоянно-сухие, переменнo-сухие, влажные, обильно-проточные и избыточно-застойные местообитания.

ПРИРОСТ ДЕРЕВЬЕВ НА ВЕРХНЕЙ ГРАНИЦЕ ЛЕСА И КОЛЕБАНИЯ КЛИМАТА

Для того, чтобы доказать климатическую обусловленность смещений верхнего предела лесной растительности, необходимо знание прошлых климатических условий за достаточно длительный промежуток времени. Но так как инструментальные метеорологические наблюдения в нашем районе стали проводиться недавно, то для восстановления климатов прошлого были использованы дендрохронологические методы, т. е. изучение колебаний ширины годовых колец деревьев.

Уже давно было подмечено, что ширина годовых колец деревьев, произрастающих в умеренной зоне, во многом зависит от метеорологических условий года их образования. В связи с этим представилась возможность по ширине годовых колец восстанавливать климатические условия прошлого. Первые работы, посвященные специально изучению влияния климата на прирост деревьев, появились во второй половине XIX столетия (Рокогну, 1868; Шведов, 1892). С начала текущего столетия многочисленные исследования по дендрохронологии стали проводиться в США А. Е. Дугласом (Douglass, 1909, 1914, 1919, 1928, 1936) и его последователями (Glock, 1933, 1937, 1941; Schulmann, 1947, 1951, 1954; Hungtington, 1935 и др.). В Советском Союзе и Европе дендрохронологией начали усиленно заниматься лишь в течение двух последних десятилетий (Тольский, 1904, 1913, 1936; Huber, 1941, 1948, 1954; Тихомиров, 1941; Гурский, 1949, 1953; Schove, 1950, 1954; Müller-Stoll, 1951; Рудаков, 1951, 1952, 1953, 1958, 1960, 1961; Jazewitsch, 1953, 1961;

Eidem, 1953, 1955; Галазий, 1954, 1955, 1956, 1959, 1962; Костин, 1954, 1960, 1961, 1962; Maršakova-Nemejcova, 1954; Eklund, 1954/1955, 1957/1958; Ermich, 1955; Nøeg, 1956; Hustich, 1956; Slastad, 1957; Corona, 1958; Дмитриева, 1959; Лисеев, 1961, 1962; Вихров, 1962; Колчин, 1962, 1963).

Деревья лиственницы сибирской, произрастающие на верхней границе леса в бассейне р. Соби, являются удобным объектом для изучения прошлых колебаний климата. Они произрастают на своем климатическом пределе одиночно или в редколесьях, природа тех мест подвержена незначительному влиянию со стороны человека, отсутствуют пожары и массовые вспышки размножения насекомых-вредителей. Кроме того, на изменение величины прироста слабое влияние оказывает такой фактор, как возраст дерева, так как лиственница произрастает на своем климатическом пределе существования.

Для анализа ширины годовых колец брались срезы на высотах 25—50 см от поверхности земли. Замер колец производился по наибольшему радиусу при помощи стереоскопического микроскопа МБС-2 с точностью 0,015 и 0,025 мм.

Ширина годовых колец лиственниц, произрастающих на верхней границе леса, зависит в основном от метеорологических условий года их образования. Об этом свидетельствует согласованный ход изменения ширины колец и суммы средних месячных температур воздуха за июнь и июль в Салехарде (рис. 1), а также синхронность изменения ширины годовых колец у деревьев разного возраста, особенно у тех, которые произрастают в сходных условиях местобитания. Повышение летней температуры воздуха приводит к увеличению ширины годовых колец и наоборот. По изменению ширины годовых колец деревьев, произрастающих на верхней границе леса в нашем районе, можно судить об изменениях климата в сторону потепления и похолодания.

Исследования показали, что в условиях севера на величину прироста деревьев лиственницы большое влияние оказывает и другой фактор — влага. Изменения в количестве выпадающих осадков сильно сказывается на характере увлажнения местообитаний, в результате чего изменяется весь комплекс почвенно-грунтовых условий. Для того, чтобы выявить климатически обусловленные изменения в почвенно-грунтовых условиях, мы произвели сопоставление ширины годовых колец у деревьев, выросших в различных условиях

увлажнения (избыточно-застойных, влажных и постоянно-сухих). Во влажные годы величина прироста деревьев, произрастающих на избыточно-застойных местообитаниях, уменьшается, а на сухих увеличивается и наоборот. Деревья на влажных местообитаниях слабо реагируют на изменение количества выпадающих осадков. На рис. 1 приведены кривые изменения ширины годичных колец лиственниц, росших в этих трех типах условий местообитания. Каждая кривая была построена на основе вычисления средней ежегодной величины прироста 10 деревьев разного возраста, которые для наглядности были сглажены при помощи 5-летней средней скользящей.

Графики изменения ширины годичных колец показывают, что климатические условия в нашем районе непрерывно изменяются. Хорошо проследживаются как кратковременные колебания климата продолжительностью 10—30 лет, так и более длительные (вековые). Кратковременные колебания климата не могут оказать существенного влияния на динамику верхней границы леса, а поэтому они нас меньше интересуют.

Как видно из рис. 1, продолжительные по времени потепления климата наблюдались в середине XVII, во второй половине XVIII—начале XIX столетий, и, наконец, начиная с 20-х годов текущего столетия вплоть до настоящего времени. В конце XVII—первой половине XVIII, во второй половине XIX—начале XX столетий прирост деревьев сильно снижался, что свидетельствует о происходивших в эти периоды похолоданиях климата. Изменения климата носят циклический характер, т. е. волна потепления сменяется волной похолодания. Продолжительность одного цикла составляет примерно 140—160 лет. В литературе имеются указания о проявлении цикла такой продолжительности в колебаниях климата и солнечной активности (Ляхов, 1956; Эйгенсон, 1957, 1963). В пределах этого цикла продолжительность теплых и холодных периодов примерно одинакова и составляет 60—80 лет. Кроме того, графики изменения ширины годичных колец показывают, что в течение последних четырех столетий происходило неуклонное улучшение условий для роста деревьев, т. е. потепление климата. По-видимому, кроме вековых колебаний климата, проявляет свое действие восходящая ветвь более длительного (многовекового) цикла.

В середине XVIII столетия произошло резкое изменение соотношения величины прироста у деревьев, ныне произра-

стающих на заболоченных и сухих местообитаниях. Если до этого времени величина прироста лиственниц, произрастающих на заболоченных местообитаниях, была значительно большей, чем у лиственниц, произрастающих на сухих, то после указанного срока соотношение изменилось на обратное. Это можно объяснить тем, что в период с 1760 по 1770 гг. произошла довольно резкая смена сухого континентального климата на значительно более влажный, сохраняющийся до настоящего времени.

Для понимания многих вопросов взаимоотношений леса и тундры большое значение имеет изучение роста и развития деревьев в течение вегетационного периода и выявление решающих факторов, оказывающих влияние на величину и интенсивность роста. В течение летнего периода 1961 года нами на 12 участках изучался вегетационный прирост в высоту верхушечных побегов. В каждом участке было отобрано по 10 лиственниц, у которых через каждые 5 дней замерялась длина их верхушечных побегов. Данные этих наблюдений показали, что продолжительность вегетационного периода является главным фактором, препятствующим расселению леса дальше определенного рубежа. Хорошо выраженные на Полярном Урале циклические колебания климата приводят к сильному изменению продолжительности вегетационного периода. В теплые периоды она увеличивается примерно на месяц, в результате чего условия для роста и развития деревьев улучшаются. В холодные периоды продолжительность вегетационного периода сокращается и она становится недостаточной для нормального прохождения цикла и роста развития деревьев, в связи с чем наблюдается массовое усыхание вновь образовавшихся побегов, приводящее к истощению и отмиранию деревьев.

ВОЗРАСТНАЯ СТРУКТУРА И ФОРМИРОВАНИЕ ЛИСТВЕННИЧНЫХ ДРЕВОСТОЕВ

Изучение возрастной структуры древостоев предтундровых редколесий представляет большой интерес при выяснении взаимоотношений леса и тундры и закономерностей формирования древостоев. Располагая данными о возрастной структуре древостоев, произрастающих в различных почвенно-грунтовых условиях и находящихся на разном удалении от верхней кромки границы леса, можно судить о времени заселения лесом ранее безлесных площадей и о време-

ни появления того или иного поколения деревьев. Изучение возрастной структуры древостоев помогает расшифровать историю взаимоотношений леса и тундры за период, равный продолжительности жизни деревьев в нашем районе, т. е. за последние 400—450 лет.

Возрастная структура древостоев предтундровых редколесий изучена слабо. Имеются лишь отдельные высказывания и небольшой фактический материал, разбросанный в работах исследователей, занимавшихся изучением других вопросов (Овсянников, 1930; Тюлина, 1936, 1937; Андреев, 1954, 1956; Галазий, 1954; Тихомиров и Штепа, 1956; Акимов и Братцев, 1957; Горчаковский, 1958; Норин, 1958; Пивник, 1958 и др.).

Определение возраста деревьев мы производили по методике, предложенной Г. Е. Коминым (1961), т. е. не на высоте пня, а на уровне шейки корня однолетнего всхода. В эту методику были внесены лишь дополнения, связанные со спецификой роста наших объектов. Обнаружилось, что у большей части деревьев лиственницы происходит выпадение годичных колец, особенно с наветренной стороны и в основании ствола. Выпадающие кольца обнаруживались при помощи анализа ширины годичных колец у большого количества деревьев, основываясь на исторически неповторимом и синхронном изменении ширины колец. Подсчет колец производился в лабораторных условиях под увеличительным прибором на специально выпиленных срезах. Определение времени отмирания деревьев, древесина которых не успела полностью перегнить, производилось при помощи метода «переломного датирования» А. Е. Дугласа (Douglass, 1919).

Для суждения о возрастной структуре древостоев использовались в основном модельные деревья с пробных площадей, которые закладывались в различных почвенно-грунтовых условиях и на разном удалении от верхней кромки границы леса. С каждой пробной площади (их было заложено 48 шт.) бралось 5—6 модельных деревьев. Кроме того, было спилено 28 модельных деревьев вне пробных площадей с кратким описанием растительности и условий местообитания, в которых они произрастали. В конечном итоге был определен точный возраст у 315 деревьев лиственницы.

При осмотре древостоев, произрастающих на верхней границе леса в бассейне р. Соби, бросается в глаза довольно резкая морфометрическая обособленность групп деревьев лиственницы друг от друга (по высотам, диаметрам и фор-

ме стволов, по характеру развития крон и др. показателям). Кривые распределения деревьев, например, по диаметрам и высотам имеют несколько пиков.

Оказалось, что эти группы деревьев хорошо обособлены и по возрасту. В предтундровых редколесьях имеется довольно хорошая связь между размерами деревьев и их возрастом. Другими словами, древостой состоит из обособленных морфометрически и по возрасту поколений¹ лиственницы. Более того, сопоставляя время возникновения отдельных поколений лиственницы в древостоях, произрастающих в различных почвенно-грунтовых условиях, оказалось, что они появлялись лишь в строго определенных промежутки времени. На рис. 1 показано распределение количества модельных деревьев со всех пробных площадей в зависимости от времени их появления, где хорошо видно, что в отдельные периоды лесовозобновление отсутствовало или было очень слабым, а в другие периоды, наоборот, было весьма интенсивным. Были выделены следующие четыре поколения лиственницы:

а) перестойное поколение, возраст которого колеблется от 270 до 330 лет. Оно появилось в 1630—1690 гг.;

б) средневозрастное поколение, возраст которого 110—180 лет, появившееся в течение 1780—1850 гг.;

в) молодое поколение, возраст которого не превышает 45 лет. Начало его появления относится к 20-м годам текущего столетия и продолжает появляться в настоящее время;

г) кроме того, в некоторых местах на верхней границе леса единично встречаются толстые лиственницы, диаметр которых на высоте груди достигает 50—70 см. Перестойное поколение в сходных условиях местообитания не достигает таких размеров. Это, по-видимому, представители более старого, к настоящему времени почти вымершего поколения деревьев. Точный возраст деревьев этого поколения установить не удалось, так как все стволы, срубленные нами, имели выгнившую сердцевину. Можно предположить, что деревьям почти вымершего поколения не менее 400 лет и появились они в первой половине XVI столетия.

¹ В лесоведении «под поколением деревьев в древостое понимается совокупность деревьев более или менее близкого возраста, возникшая в результате одной из смен, восстановительной или возрастной, отдельные деревья которой появляются, растут и развиваются в сходных условиях, т. е. имеют сходную историю происхождения, роста и развития при одинаковых условиях местопроизрастания» (Семечкин, 1963).

Таким образом, на верхней границе леса в течение последних 400—450 лет было три периода (с учетом вымершего поколения — четыре), благоприятных для лесовозобновления, когда происходило образование рассмотренных выше поколений лиственницы. В промежутках времени, отделяющих появление одного поколения от другого, лесовозобновление прекращалось или было незначительным. В результате этого на верхней границе леса образуются древостои, состоящие из обособленных по возрасту поколений деревьев. Согласно классификации Г. Е. Комина (1963), древостои, образующие границу леса, относятся к ступенчато- или циклично-разновозрастным.

Довольно хорошо выраженная морфометрическая обособленность поколений лиственницы в редколесьях обуславливается, во-первых, значительным разрывом в возрастах (не менее 70—80 лет) и, во-вторых, слабым угнетающим влиянием верхнего древесного полога на нижний.

Одновременность появления поколений лиственницы в разных древостоях, несмотря на различия в почвенно-грунтовых условиях, позволяет сделать предположение, что их образование обусловлено изменением внешних условий, в частности климатических. Как видно из рис. 1, появление выделенных нами поколений лиственницы приурочено к продолжительным по времени (вековым) потеплениям климата. В холодные периоды (вторая половина XVI, конец XVII—первая половина XVIII, вторая половина XIX—начало XX столетий) лесовозобновление на верхней границе леса отсутствовало. Более того, в периоды похолоданий происходило изреживание и даже полное отмирание некоторых древостоев.

Анализ условий, в которых произрастают в настоящее время отдельные поколения лиственницы, показал, что ныне почти вымершее и перестойное поколения приурочены к наиболее увлажняемым местообитаниям, в то время как средневозрастное и отчасти молодое — к наименее увлажняемым. Это подтверждает установленную по анализам ширины годовичных колец смену сухого континентального климата на значительно более влажный, которая произошла во время появления средневозрастного поколения.

Таким образом, причиной образования ступенчато — и циклично-разновозрастных древостоев на верхней границе леса в бассейне р. Соби являются вековые циклические колебания климата то в сторону потепления, то в сторону похо-

лодания. Данные по возрастной структуре древостоев подтверждают наличие 140—160-летней цикличности в колебаниях климата. Расселение и возобновление леса в пределах этого цикла происходит в течение 60—70 лет, а прекращение лесовозобновления и отмирание древостоев — в течение остальных 70—80 лет.

Чтобы появилось то или другое поколение деревьев, необходимы следующие три условия: достаточное количество жизнеспособных семян, благоприятные условия для появления всходов и благоприятные условия для роста и развития подроста.

Количество жизнеспособных семян вполне достаточно для появления необходимого количества подроста под пологом лиственничных редколесий. Недостаток семян ощущается только в местах, расположенных выше верхней границы леса, так как вылет семян происходит летом и основная масса семян не отлетает от материнского дерева дальше чем на 50—60 м.

Неблагоприятные условия для появления всходов лиственницы (сильное затенение и задернение почвы, резко переменная влажность верхних горизонтов почвы в лишайниковых редколесьях) имеют место лишь в определенных типах местообитаний и не являются препятствием для появления поколений деревьев.

Решающее значение для появления поколений лиственницы имеют условия, способствующие выживанию появившихся всходов. Было отмечено большое кол-во отмершего подроста под пологом лиственничных редколесий и на ранее безлесных участках (до 30—50% от количества живого). Оказалось, что высота основной массы отмершего подроста на 10—20 см превышает высоту кустарникового или кустарничкового ярусов, в зависимости от роли того или иного яруса в сообществе. Причиной массовой гибели подроста лиственницы при выходе его из нижних растительных ярусов, по-видимому, является резкое изменение на этой высоте микроклиматических условий в сторону ухудшения (более низкая температура воздуха и более резкие колебания, увеличение скорости ветра и т. п.). Гибель подроста продолжается и при достижении им больших высот, чем вышеуказанная, но не в таком количестве. На уровне снегового покрова количество отмершего подроста снова увеличивается, так как он достигает высоты, крайне неблагоприятной в зимнее время (сильные ветры, снеговая коррозия).

Выше уровня снега отмершего подроста в настоящее время, как правило, нет.

Чтобы выйти в верхний древесный полог, подросту необходимо преодолеть опасную приземную зону (от высоты кустарников или кустарничков до высоты снегового покрова), где даже в теплый современный период происходит его массовая гибель. Естественно предположить, что в холодные периоды погибает весь появившийся подрост. В связи с этим понятно, почему кратковременные потепления климата (до 20—30 лет) не приводят к образованию поколений лиственницы. За такой короткий промежуток времени подрост не успевает выйти из опасной приземной зоны и при наступлении очередного похолодания гибнет. Только потепления климата продолжительностью свыше 50—60 лет могут привести к образованию обособленных по возрасту поколений лиственницы.

ДИНАМИКА ВЕРХНЕЙ ГРАНИЦЫ ЛЕСА

Так как лесовозобновление на верхней границе леса приурочено к продолжительным по времени потеплениям климата, то из этого следует, что лес выше в горы может подняться только в течение этих теплых периодов, за счет образования новых поколений деревьев. Снижение верхнего предела лесной растительности происходит в холодные периоды за счет отмирания деревьев всех имеющихся поколений.

Используя морфометрическую и возрастную обособленность ныне живущих поколений деревьев, можно точно определить, на каком рубеже остановилось продвижение леса в горы в тот или другой лесообразовательный период. Гораздо труднее установить характер и величину снижения верхней границы леса, так как в этом случае мы имеем дело не с живыми деревьями, возраст которых определить легко, а с остатками пней и стволов различной степени перегнивания. Для определения принадлежности этих остатков к тому или другому поколению использовались такие признаки, как размеры стволов и пней, степень их разрушения гнилью. Хорошо сохранившиеся образцы древесины анализировались дендрохронологическими методами, т. е. определялось время их отмирания при помощи анализа ширины годичных колец.

Величина смещений верхней кромки границы леса за последние 300—400 лет определялась при помощи карти-

рования верхней части подгольцового пояса. При помощи барометрического нивелирования и маршрутных линий на карту наносилось не только современное положение верхней границы леса, но и положения, которые она занимала в прошлом, основываясь на морфометрической и возрастной обособленности ныне живущих поколений. На карту наносились также полностью усохшие лесные массивы, находящиеся выше современной границы лесов. Протяженность закартированной границы леса по ее верхней современной кромке составила 134 км (от р. Бол. Ханмей на севере до р. Макар-Рузь на юге вдоль восточного склона хребта).

Установить точное положение верхней кромки границы леса в период появления ныне почти вымершего поколения лиственницы (первая половина XVI столетия) довольно трудно. Можно лишь сказать, что верхняя граница леса в то время находилась гораздо ниже ее современного положения. Деревья этого поколения приурочены к наиболее увлажняемым и смежным местообитаниям, что свидетельствует о господстве континентальных условий.

В течение второй половины XVI — начале XVII столетий лесовозобновление отсутствовало, в связи с чем приостановилось и продвижение верхней границы леса. Возможно, что на некоторых склонах она снижалась. Свидетели наблюдавшегося в то время похолодания климата — остатки пней — сильно разрушились, и судить о характере снижения верхней границы леса затруднительно.

Перестойное поколение лиственницы, появившееся в середине XVII столетия, является свидетелем новой волны возобновления и расселения леса, причем довольно интенсивной. На некоторых склонах верхняя кромка границы леса продвинулась вверх по склону на 500—700 м. В настоящее время деревья этого поколения еще довольно обильны в редколесьях, многие из них имеют вполне здоровый вид.

В конце XVII—первой половине XVIII столетий снова сложились неблагоприятные условия для лесовозобновления на верхней границе леса, в связи с чем прекратилось продвижение лесной растительности выше в горы. Более того, похолодание климата вызвало изреживание древостоев и небольшое снижение верхней границы леса.

Потепление климата, обусловившее появление среднеговосточного поколения лиственницы (вторая половина XVIII—начало XIX столетий) привело к значительному поднятию верхней границы леса. В исследованном нами

районе за счет продвижения верхней кромки границы леса этим поколениям была занята территория, площадь которой составила 1527 га. Если бы граница леса на всем своем протяжении продвигалась равномерно, то поднялась бы вверх по склону на 115 м. На некоторых пологих склонах лес продвинулся на расстояние до 2 км. В настоящее время в древостоях на верхней границе леса преобладает лиственница средневозрастного поколения. Средний возраст у большей части древостоев более или менее одинаков и колеблется в пределах времени появления этого поколения. Сравнительная одновозрастность предтундровых древостоев отмечалась многими исследователями (Овсянников, 1930; Андреев, 1954, 1956; Норин, 1958; Пивник, 1958). Объяснение этого явления лежит в закономерностях возрастного строения древостоев, в частности, в ступенчатой их разновозрастности. Облик подгольцовых редколесий в настоящее время определяется средневозрастным поколением лиственницы, так как перестойное поколение отмирает, а молодое еще не успело выйти в верхний древесный полог.

Похолодание климата, происходившее в течение второй половины XIX — начале XX столетий, привело не только к прекращению лесовозобновления, но и к значительному снижению верхней границы леса. Отмирали, в основном, деревья ныне почти вымершего и перестойного поколений. При этом первое поколение почти полностью отмерло, а второе, более молодое, потеряло свое господствующее положение. В обследованной части выше современной верхней кромки границы леса полностью отмерло 337 га редколесий. Основная площадь отмерших редколесий находится в третьем районе (330 га), т. е. на юго-восточных склонах массива Рай-Из.

Современное интенсивное потепление климата вызвало новую волну лесовозобновления на верхней границе леса. Судить о характере и темпах смещения верхнего лесного предела в настоящее время еще трудно, так как процесс расселения молодого поколения лиственницы не закончился и оно не вышло из опасной приземной зоны. Повсеместно граница леса продвинулась на тех склонах, где препятствием для расселения леса являются большие скопления снежных масс. Это свидетельствует о значительном удлинении продолжительности вегетационного периода в современный теплый период. Если 140—160-летняя цикличность в колеба-

ниях климата в будущем сохранится, то процесс образования молодого поколения лиственницы и поднятие верхней границы леса будет продолжаться еще примерно лет 20—30, до наступления новой волны похолодания.

Заселение лесом тундровых пространств осуществляется двумя путями. Первый состоит в том, что обильное лесовозобновление происходит только в полосе шириной 50—60 м, примыкающей к стене леса, так как основная масса семян не отлетает дальше указанного расстояния. В этом случае редколесья достигают нормальной густоты в течение одного лесообразовательного этапа. Второй путь облесения тундровых пространств сводится к тому, что в один из лесообразовательных этапов на удалении до 500—700 м от верхней кромки границы леса появляются одиночные лиственницы. Если они благополучно переживут холодный период, то к следующему теплому периоду они начинают плодоносить и обсеменяют окружающую их территорию. Лесообразовательный процесс в данном случае совершается в течение двух или трех этапов. Второй путь обеспечивает значительно более быстрое продвижение леса в горы. Довольно часто поднятие верхнего предела леса осуществляется этими двумя путями одновременно.

ВЫВОДЫ

1. Изучение динамики верхних и полярных пределов лесов (или взаимоотношений леса и тундры) представляет большой теоретический и практический интерес. Особенно актуальна эта проблема в настоящее время, в связи с интенсивным освоением высокогорных и северных районов. Правильное решение таких вопросов, как охрана и рациональное использование предтундровых редкостойных лесов, выяснение причин безлесья тундры и путей его преодоления, невозможны без знания динамических процессов, которые происходят на этих важных ботанико-географических рубежах.

2. Верхняя граница леса в районе исследований (бассейн р. Соби) представлена почти чистыми лиственничными редколесьями, поднимающимися до 200—400 м над ур. м. В зависимости от главного фактора, ограничивающего распространение леса выше в горы, выделено шесть типов верхней границы леса: термическая, ветровая, курумная, болотная, снеговая и лавинная. На многих склонах лес поднимается

до своего климатического предела.

3. Для нашего района характерно скачкообразное смещение верхней границы леса, связанное с циклическими колебаниями климата, т. е. она то повышается, то снижается. Анализ прироста деревьев, возрастной структуры древостоев и пространственного распределения поколений лиственницы показал, что наибольшее влияние на динамику верхней границы леса оказывают вековые колебания климата продолжительностью примерно 140—160 лет. Возобновление леса и его расселение выше в горы в течение этого цикла приурочено к теплым периодам и продолжается 60—70 лет. В холодные периоды, продолжительность которых составляет 70—80 лет, происходит прекращение лесовозобновления, усыхание древостоев, приостановка продвижения верхней границы леса и даже ее снижение. В результате этого на верхней границе леса образуются ступенчато- и циклично-разновозрастные древостои.

4. Лесообразовательные этапы, приуроченные к периодам потеплений климата, приводят к возникновению обособленных морфометрически и по возрасту поколений лиственницы, увеличению облесенности территории, повышению густоты древостоев, улучшению роста деревьев и продвижению лесной растительности выше в горы. В течение последних 400—450 лет в нашем районе наблюдалось четыре таких периода: в первой половине XVI столетия, когда появилось почти вымершее к настоящему времени поколение лиственницы; в середине XVII столетия, когда появилось современное перестойное поколение; во второй половине XVIII — начале XIX столетий, когда появилось нынешнее средновозрастное поколение и, наконец, начиная с 20-х годов текущего столетия происходит появление молодого поколения. В промежутках времени, отделяющих время появления одного поколения лиственницы от другого, т. е. в периоды похолоданий климата (вторая половина XVI — начало XVII, конец XVII — первая половина XVIII, вторая половина XIX — начало XX столетий), происходила деградация леса на его верхнем пределе (прекращение лесовозобновления, изреживание и отмирание древостоев, сокращение лесопокрытой площади, ухудшение роста деревьев, приостановка и даже снижение верхней границы леса). Если 140—160-летняя цикличность в колебаниях климата в будущем сохранится, то процесс образования молодого поколения лиственницы и поднятие верхней границы леса, происходящее в настоящее время,

будет продолжаться еще примерно лет 20—30, до наступления новой волны похолодания. Возможность наступления в недалеком будущем нового похолодания климата необходимо учитывать при освоении этого района и, в частности, при проведении лесохозяйственных и лесокультурных мероприятий.

5. Большое влияние на динамику верхней границы леса оказала происшедшая в середине XVIII столетия смена влажности климата. Сухой континентальный климат, господствующий в нашем районе в течение XVI, XVII и первой половины XVIII столетий, сменился на значительно более влажный, сохраняющийся до настоящего времени. Это привело к смещению экологического оптимума для произрастания лиственницы. Если во время появления ныне почти вымершего и перестойного поколений лиственницы экологической оптимум ее находился в наиболее увлажняемых местообитаниях, то в период появления средневозрастного и отчасти молодого поколений — в наиболее сухих. В соответствии с этим до середины XVIII столетия границы леса поднимались по наиболее увлажненным склонам, а после этого срока — по наиболее сухим. Изменение влажности климата явилось причиной наиболее сильного снижения верхней границы леса во время последнего похолодания климата за счет отмирания деревьев ныне вымершего и перестойного поколений (вторая половина XIX — начало XX столетий). Прежние похолодания климата происходили при господстве континентальных условий, когда экологический оптимум лиственницы не смещался, а поэтому не наблюдалось сильного снижения верхней границы леса. Последнее похолодание произошло при господстве более влажного климата, в связи с чем отмирали, в основном, древостой, образовавшиеся в условиях сухого континентального климата.

6. Изучение прироста деревьев и пространственного распределения выделенных поколений лиственницы приводит к заключению, что в течение последних 400—500 лет происходило неуклонное улучшение условий для произрастания лесной растительности и поднятие верхней границы леса, несмотря на то, что в отдельные периоды продвижение ее приостанавливалось. По-видимому, кроме вековых (140—160-летних) колебаний климата, проявляет свое действие восходящая ветвь более длительного (многовекового) цикла.

7. Учет влияния циклических колебаний климата на динамику верхней границы леса позволяет, как нам кажется,

объяснить противоречивость во мнениях различных авторов, работавших на Урале в разное время. Последний перелом в характере взаимоотношений леса и тундры произошел в 20-х годах текущего столетия. Есть все основания утверждать, что в настоящее время лес продвигается в горы на всем протяжении Уральского хребта. Динамические явления на верхней границе леса лучше всего прослеживаются в северной половине Уральского хребта, где лес на многих склонах поднимается до своего климатического предела и где амплитуды колебаний климата более значительны.

8. Сопоставление полученных нами материалов с литературными данными по динамике полярного предела лесов на прилегающих к Уралу равнинах (Большеземельская тундра, Приобский Север) показало, что имеется большое сходство в характере взаимоотношений леса и тундры в горах и на равнинах. Например, деградация лесов в конце XIX—начале XX столетий и современное продвижение леса в тундру отмечено как на равнинах, так и в горах.

9. При выяснении взаимоотношений леса и тундры наиболее перспективно изучение прироста деревьев, позволяющего восстанавливать прошлую экологическую обстановку за достаточно длительный промежуток времени, возрастной структуры древостоев, на основе которой устанавливаются периоды, благоприятные или неблагоприятные для лесовозобновления, и крупномасштабное картирование, позволяющее судить о темпах смещений верхней границы леса в пространстве.

Основное содержание диссертации изложено в следующих работах автора:

1. Верхняя граница леса на Полярном Урале и ее динамика в связи с изменениями климата. Доклады первой научной конференции молодых специалистов-биологов. Институт биологии Уральского филиала АН СССР, Свердловск, 1962.

2. К методике определения возраста деревьев, произрастающих на верхней границе леса. Лесной журнал, № 3, 1963.

3. Возрастная структура древостоев и формирование лиственничных редколесий на верхней границе леса в бассейне реки Соби (Полярный Урал). Сб. «Вопросы географии и динамики растительного покрова», Институт биологии Уральского филиала АН СССР, Свердловск, 1964 (в печати).

4. Рост лиственницы в высоту в течение вегетационного периода на верхней границе леса в горах Полярного Урала. Сб. «Физиология и экология древесных растений» (Материалы Уральского совещания по экологии и физиологии древесных растений, посвященного памяти члена-корреспондента АН СССР Л. А. Иванова. Свердловск, 4—6 марта 1963 г.). Институт биологии филиала АН СССР, Свердловск, 1964 (в печати).

5. Колебания климата и возрастная структура древостоев лиственничных редколесий в горах Полярного Урала. Сб. «Проблема лесотундры в биогеографии и пути освоения лесотундровых территорий» (Материалы симпозиума по проблеме лесотундры. Ленинград, 9—15 декабря 1963 г.), (в печати).

НС 23080

15/IV-64 г.

Заказ 2355,

тираж 170

Типография г. В. Пышма Управления по печати

Рис.1. ПОКОЛЕНИЯ ЛИСТВЕННИЦЫ И СРЕДНИЕ 5-ЛЕТНИЕ
 СКОЛЬЗЯЩИЕ ШИРИНЫ ГОДИЧНЫХ КОЛЕЦ у ДЕРЕВЬЕВ, ВЫРОСШИХ
 НА СУХИХ (1), ВЛАЖНЫХ (2) И ИЗБЫТОЧНО-ЗАСТОЙНЫХ (3) МЕСТОБИТАНИЯХ,
 А ТАКЖЕ СУММЫ СРЕДНИХ МЕСЯЧНЫХ ТЕМПЕРАТУР ^{803ДЮХА} ИЮНЯ И ИЮЛЯ
 В САЛЕХАРДЕ (4).

