

# ГЕОГРАФИЯ И ДИНАМИКА РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА

МАТЕРИАЛЫ ПО ИЗУЧЕНИЮ ФЛОРЫ  
И РАСТИТЕЛЬНОСТИ УРАЛА

II

*Печатается по постановлению  
редакционно-издательского совета  
Уральского филиала АН СССР*

**ОТВЕТСТВЕННЫЙ РЕДАКТОР  
П. Л. ГОРЧАКОВСКИЙ**

С. Г. ШИЯТОВ

## ВОЗРАСТНАЯ СТРУКТУРА И ФОРМИРОВАНИЕ ДРЕВОСТОЕВ ЛИСТВЕННИЧНЫХ РЕДКОЛЕСИЙ НА ВЕРХНЕЙ ГРАНИЦЕ ЛЕСА В БАССЕЙНЕ РЕКИ СОБИ (ПОЛЯРНЫЙ УРАЛ)

Для выяснения динамики верхней границы леса в пространстве и во времени большое значение имеет изучение возрастной структуры древостоев в различных почвенно-грунтовых условиях и на разном удалении от верхней кромки границы леса. Располагая такими данными, мы можем судить о времени заселения лесом ранее безлесных площадей или о времени появления того или иного поколения деревьев. Изучение возрастной структуры древостоев позволяет не только выяснить характер взаимоотношения леса и тундры в период исследования, но также расшифровать историю их взаимоотношений за период, равный продолжительности жизни деревьев, т. е. за последние 400—450 лет. Деревья такого возраста произрастают в районе наших работ на верхней границе леса. В литературе также имеются указания о наличии деревьев 300—400-летнего возраста на полярном пределе леса (Тихомиров и Штепа, 1956).

В статье изложены материалы по возрастной структуре и формированию древостоев притундровых лиственничных редколесий, которые были собраны для выяснения взаимоотношений леса и тундры. Исследования проводились в 1960—1962 гг. на восточном склоне Полярного Урала в бассейне р. Соби.

Возрастная структура древостоев редколесий на верхнем и полярном пределах леса еще совершенно не изучена. Доказательством служит то, что в литературе нет ни одной работы, посвященной специально возрастной структуре этих лесов. Имеются лишь отдельные высказывания и небольшой фактический материал в работах исследователей, занимавшихся изучением других вопросов.

Поскольку возрастная структура древостоев очень тесно связана с вопросами взаимоотношения леса и тундры, то, естественно, больше всего сведений о ней мы находим в работах, посвященных динамике полярного и верхнего пределов леса. Большинство авторов, разбирая этот вопрос, обычно обращает внимание лишь на молодое поколение деревьев и на наличие сухостоя. Обильное возобновление под пологом редколесий и за пределами границы леса является одним из основных признаков, по которому судят о наступательных тенденциях леса (Тюлина, 1936, 1937; Галазий, 1954; Горчаковский, 1954; Тихомиров и Штепа, 1956; Акимов, Братцев, 1957; Норин, 1958 и др.). Наличие же усохших опушек леса и сухостоя в древостоях считается признаком, по которому судят об отступлении границы леса (Городков, 1926; Сочава, 1930 и др.). При этом не все авторы указывают возраст молодого поколения деревьев, тем более сухостоя, и

время его отмирания. Очень мало внимания обращают также на изучение возрастной структуры древостоев в целом.

Лишь в работах В. Н. Андреева (1954, 1956) был использован средний возраст древостоев для суждения о динамике полярного предела леса в прилегающих к Уралу районах (Большеземельская тундра, Приобский Север). Он обнаружил, что по мере продвижения от самых северных куртин и островков леса к югу средний (или преобладающий) возраст древостоев увеличивается. Самые северные и небольших размеров куртинки леса имеют древостои, средний возраст которых 20—30 лет (отдельные деревья до 80 лет), появившиеся в 1920—1921 гг. Более южные и более крупные лесные острова имеют древостои, преобладающий возраст которых составляет 80—100 лет (отдельные деревья до 150—200 лет). Они появились в 70-х годах XIX столетия. Еще южнее расположенные крупные лесные массивы имеют древостои с преобладающим возрастом более 100 лет, достигая иногда 150—200 лет. Появление деревьев в этих массивах приурочено к концу XVIII столетия. На основании этих материалов В. Н. Андреев сделал очень важный вывод, что лес наступает на тундру уже довольно продолжительное время — около 500 лет. Эти данные показывают, какое большое значение имеет изучение возрастной структуры древостоев для выяснения взаимоотношений леса и тундры.

Многие исследователи, работавшие в лесотундре (Овсянников, 1930; Андреев, 1956; Пивник, 1958; Норин, 1958), указывают на сравнительную одновозрастность древостоев в редколесьях, причем средний возраст их почти не изменяется на значительных территориях. По данным Л. Н. Тюлиной (1937), на полярном пределе леса в бассейне р. Хатанги преобладают разновозрастные древостои. Судя по описаниям, разновозрастным она называет такой древостой, который представлен несколькими поколениями деревьев. В некоторых древостоях Л. Н. Тюлина выделяет до четырех поколений (в основном по морфометрическим признакам). Имеется также указание П. Л. Горчаковского (1958), что «для лиственничных редколесий на верхней границе леса характерна замедленность возобновления, что является одной из причин, определяющих их специфические черты — разреженность древесного полога, разновозрастность древостоев», т. е. признается наличие абсолютно разновозрастных древостоев.

## МЕТОДИКА

Для суждения о возрастной структуре древостоев лиственничных редколесий 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 пробы бралось 5—6 модельных деревьев. Всего было заложено 48 проб, площадь которых колебалась от 0,5 до 1,0 га. Кроме того, было спилено 28 модельных деревьев без закладки пробных площадей с кратким описанием растительности и условий местообитания, в которых они произрастали. В конечном итоге возраст был определен у 315 деревьев лиственницы.

Точный возраст определялся по методике, предложенной Г. Е. Коминым (1961). В нее были внесены изменения, связанные со спецификой прироста по диаметру у деревьев, произрастающих на верхней границе леса. В частности, там очень часто происходит выпадение годовичных колец, особенно на уровне шейки корня, а также сливание очень тонких колец в однородный слой, что затрудняет определение возраста. Применяя некоторые вспомогательные методы, нам в большинстве случаев удавалось определить точный возраст деревьев (Шиятов, 1963).

Для построения графиков изменения ширины годовичных колец мы использовали срезы, взятые на высоте 25—50 см от шейки корня, чтобы

захватить возможно большее количество колец и свести к минимуму искажающее влияние комля на их ширину. Анализ изменения ширины годичных колец был произведен у 30 деревьев лиственницы разного возраста. Замерялась ширина каждого кольца в отдельности с точностью до 0,01 мм.

Для установления пространственного изменения возрастной структуры древостоев производилось картирование границы леса и закладка профилей. При этом широко использовались морфометрические отличия поколений лиственницы, а также отмечалось присутствие сухих стволов и остатков пней.

В районе наших работ следов пожаров на верхней границе не было обнаружено, в связи с чем исключается фактор, столь сильно влияющий на возрастную структуру древостоев. Это дает нам возможность проследить динамику верхней границы леса и возрастную структуру древостоев в их естественном виде.

## ВОЗРАСТНАЯ СТРУКТУРА ДРЕВОСТОЕВ

Верхняя граница леса в бассейне р. Соби представлена в основном чистыми лиственничными редколесьями (из *Larix sibirica* Ldb.), поднимающимися до высоты 200—370 м над уровнем моря. Небольшая доля участия в составе редколесий приходится на березу извилистую (*Betula tortuosa* Ldb.) и ель сибирскую (*Picea obovata* Ldb.). Верхняя кромка границы леса зачастую состоит из отдельно расположенных или соединенных между собой островков леса различной величины. Островное расположение лесных участков обусловлено неблагоприятными почвенно-грунтовыми условиями (заболоченность или каменистость участков), а также неравномерным отложением снегового покрова. Там, где снег сдувается или его скапливается очень много, лесная растительность не произрастает: в первом случае из-за вымерзания деревьев зимой, во втором — из-за сильного укорочения продолжительности вегетационного периода.

Так как нас в дальнейшем будут интересовать условия увлажнения, в которых произрастают лиственничные редколесья на верхней границе леса, то вкратце остановимся на этом вопросе. Следует отметить, что водный режим местообитаний в основном определяет другие режимы — тепловой и аэрации. Поэтому местообитания, различаемые по типу увлажнения, можно назвать типами условий местообитания.

По характеру увлажнения местообитания можно подразделить на следующие пять типов:

1. Местообитания с застойным и избыточным увлажнением, где произрастают сфагновые лиственничные редколесья. Они приурочены к пологим слабо дренированным склонам и депрессиям, переувлажнены в течение всего вегетационного периода за счет притока влаги с более повышенных участков. Напочвенный покров под пологом лиственничных редколесий представлен сфагновыми и зелеными мхами, которые покрывают почти всю поверхность почвы.

2. Местообитания с обильным проточным увлажнением, на которых произрастают травяные лиственничные редколесья. Приурочены к склонам, постоянно увлажняемым стекающими с гор водами (вдоль ручейков, ниже снежников); дренированность обеспечивается значительным уклоном. Растения не испытывают недостатка влаги в течение всего вегетационного периода. Напочвенный покров представлен пышно развивающимся разнотравьем с почти полным отсутствием мхов и лишайников.

3. Влажные местообитания, занятые зеленомошными и долгомошными лиственничными редколесьями. Первые приурочены преимущественно к средним частям пологих склонов, вторые — к склонам южных экспози-

ций. Растения не испытывают недостатка влаги. Более того, весной и осенью эти местообитания переувлажнены. Напочвенный покров представлен хорошо развитыми подушками зеленых мхов и кукушкина льна со значительным участием разнотравья.

4. Местообитания, характеризующиеся переменным увлажнением в течение вегетационного периода. Произрастает довольно обширная группа мохово-лишайниковых листовенничных редколесий, занимающих повышенные местоположения и южные склоны. Весной и осенью они хорошо увлажнены. В летнее время растения испытывают недостаток влаги. Напочвенный покров представлен микрогруппировками зеленых мхов (под пологом кустарников) и лишайников (на осветленных пятнах).

5. Постоянносухие местообитания, приуроченные к наиболее повышенным гривам и вершинам морен. Здесь произрастают лишайниковые листовенничные редколесья. Поскольку притока влаги со стороны не происходит, то наблюдается недостаток влаги в течение большей части вегетационного периода. Грунт увлажняется только за счет дождей осадков, которые к тому же быстро стекают вниз. В середине лета, когда вообще выпадает мало осадков в нашем районе, верхние горизонты почвы сильно пересыхают. Напочвенный покров представлен в основном лишайниками и стелющимися по земле кустарничками.

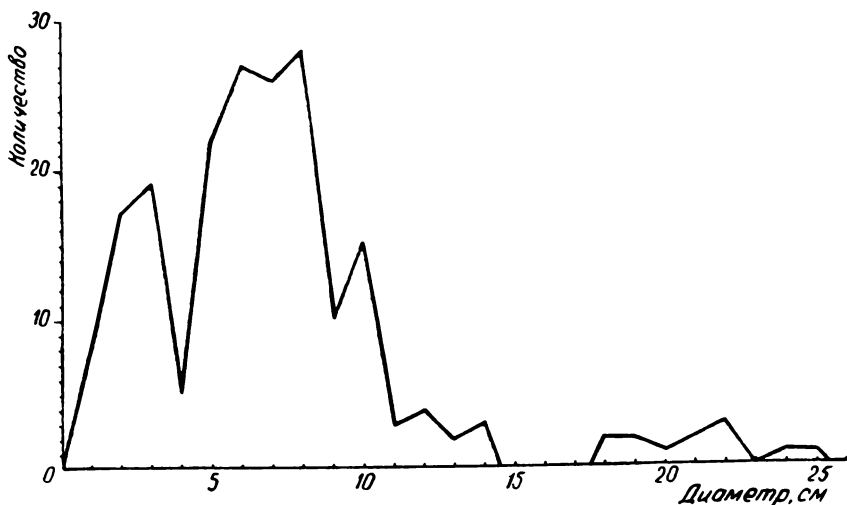


Рис. 1. Распределение количества деревьев на пробной площади № 5 по диаметру (измерения производились на уровне 0,1 высоты дерева).

При осмотре древостоев верхней границы леса бросается в глаза довольно резкая морфометрическая обособленность групп деревьев листовенницы друг от друга (по высотам, диаметрам и форме стволов, по развитию крон). Это подтверждается характером строения древостоев — кривые распределения деревьев по высотам и диаметрам<sup>1</sup> имеют обычно несколько пиков (рис. 1). Оказалось, что эти группы деревьев хорошо обособлены и по возрасту. В притундровых редколесьях имеется довольно хорошая связь между размерами деревьев и их возрастом. Другими словами, древостои состоят

<sup>1</sup> Замер диаметров производился на высоте, равной 0,1 высоты дерева. Это было вызвано тем, что при замерах на общепринятой высоте (1,3 м) в ведомость перечетов не попадают низкие деревья, которые в некоторых древостоях на верхней границе леса представлены большим количеством экземпляров.

из обособленных морфометрически и по возрасту поколений<sup>1</sup> лиственницы. Более того, сопоставляя время возникновения отдельных поколений лиственницы в древостоях, произрастающих в различных почвенно-грунтовых условиях, оказалось, что они появлялись лишь в определенные промежутки времени. На рис. 2 приведено распределение количества модельных деревьев со всех пробных площадей, 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. Появилось оно в 1630—1690 гг.;

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

в) молодое поколение, возраст которого не превышает 40—45 лет. Начало его появления относится к 20-м годам текущего столетия и оно продолжает появляться в настоящее время;

г) кроме того, в некоторых местах встречаются единичные очень толстые лиственницы с диаметром на высоте груди до 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 лиственницы. Точный возраст деревьев этого поколения установить не удалось, так как стволы их имеют выгнившую сердцевину. Можно предположить, что этим деревьям не менее 400 лет и появились они в первой половине XVI столетия.

Таким образом, за последние 400—450 лет на верхней границе леса в бассейне р. Соби 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 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. Ярко выражена ступенчатая разновозрастность у древостоев в наиболее неблагоприятных почвенно-грунтовых условиях (постоянносухие и избыточнозастойные), а также в тех, где существование лесной растительности лимитируется продолжительностью вегетационного периода (многоснежные местообитания). Циклично-разновозрастные древостои приурочены к влажным и переменносухим местообитаниям.

Как видно из табл. 1, на верхней границе леса произрастают древостои, представленные всеми возможными комбинациями выделенных трех поколений (П — перестойное, С — средневозрастное, М — молодое). Наиболее часто встречаются древостои, состоящие из одного средневозрастного поколения (16 случаев), а также из всех трех поколений вместе (9 случаев). Реже всего встречаются древостои, где средневозрастное поколение сочетается с перестойным и молодым (по 3 случая).

Из табл. 1 и 2 видна приуроченность отдельных поколений лиственницы к определенным типам местообитания. Перестойное поколение тяготеет к переувлажненным, средневозрастное — к сухим. Молодое поколение

---

<sup>1</sup> 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).

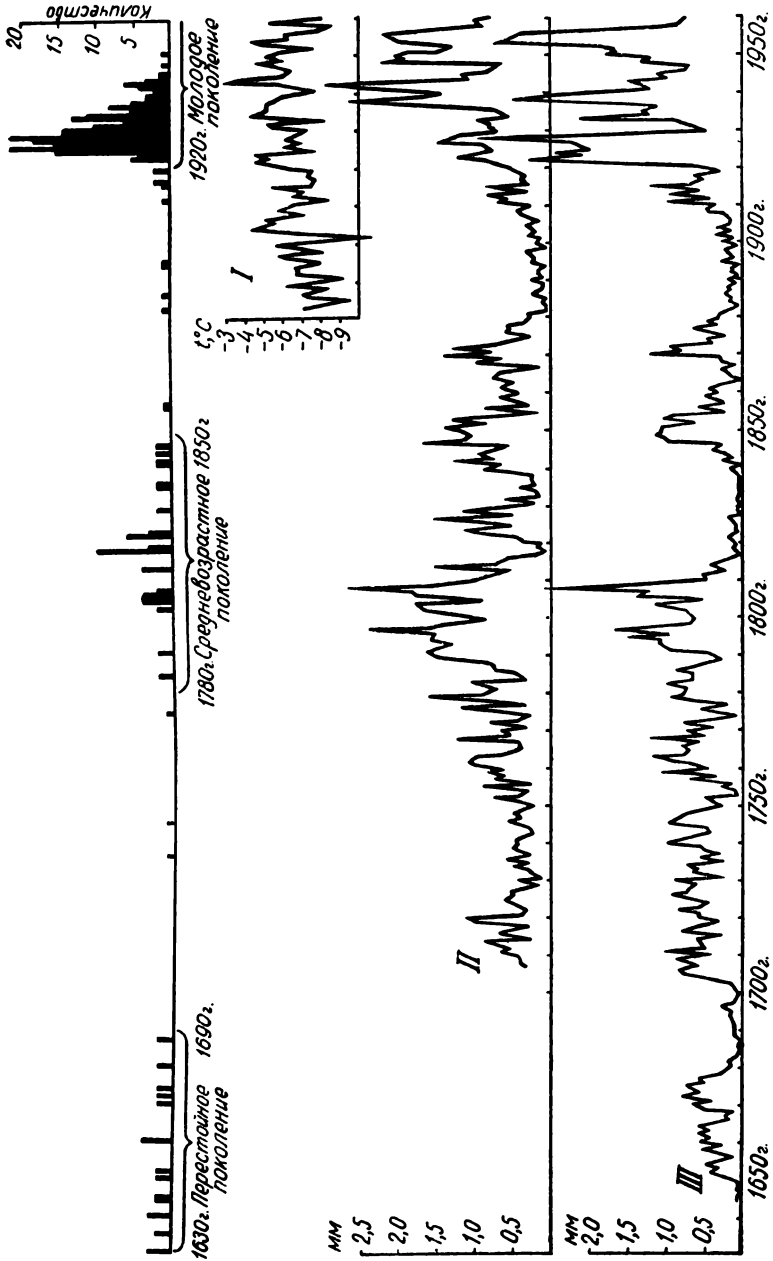


Рис. 2. Поколения лиственницы и изменение ширины годичных колец у деревьев, выросших в условиях недостаточного (II) и избыточного (III) увлажнения, а также ход среднегодовой температуры воздуха в Салехарде (I).



по условиям увлажнения занимает промежуточное положение. Ниже мы дадим объяснение этому явлению.

Т а б л и ц а 1

**Распределение количества проб в зависимости от условий местообитания и поколений лиственницы в древостоях**

Тип увлажнения местообитания	Сочетание поколений						
	П	ПС	ПМ	ПСМ	М	МС	С
Избыточно-застойный . . .	3	—	—	—	—	—	—
Обильно-проточный . . . . .	3	1	1	2	2	—	—
Влажный . . . . .	—	2	4	5	3	—	3
Переменносухой . . . . .	—	—	—	2	1	3	6
Постоянносухой . . . . .	—	—	—	—	—	—	7
Итого . . . . .	6	3	5	9	6	3	16

Одновременность появления поколений лиственницы в разных древостоях, несмотря на различия в почвенно-грунтовых условиях, позволяет сделать предположение, что образование их обусловлено изменением внешних условий, в частности климатических. К сожалению, сведения о колебаниях климата в данном районе за такой длительный промежуток времени отсутствуют, поскольку близрасположенные метеостанции имеют небольшой ряд наблюдений (Салехард — 80, Нарьян-Мар — 60 лет).

Т а б л и ц а 2

**Распределение количества модельных деревьев по времени их появления и типам местообитаний**

Время появления деревьев (по периодам)	Тип увлажнения местообитаний				
	Избыточно-застойные	Обильно-проточные	Влажные	Переменно-сухие	Постоянно-сухие
1630—1670 гг., перестойное поколение . . . . .	8	9	13	—	—
1691—1779 гг. . . . .	—	—	3	—	—
1780—1850 гг., средневозрастное поколение . . . . .	—	3	11	18	28
1851—1919 гг. . . . .	—	—	5	7	—
С 1920 г., молодое поколение . . . . .	1	86	78	43	2

Для восстановления бывших климатических условий мы вслед за Б. А. Тихомировым (1941) и Г. И. Галазием (1954) использовали дендрохронологические методы, т. е. определение возраста и колебаний ширины годовых колец деревьев.

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 величину прироста слабое влияние оказывает такой важный фактор, как возраст дерева.

Ширина годовых колец лиственниц зависит в основном от метеорологических условий года их образования. Из рис. 2 видно, что изменение

величины прироста хорошо согласуется с изменением средней годовой температуры воздуха в Салехарде. Синхронность изменения ширины годичных колец деревьев разного возраста и в различных условиях местообитания также свидетельствует о решающем влиянии климата на прирост. Повышение температуры воздуха приводит к увеличению ширины годичных колец, и наоборот. По изменению ширины годичных колец можно судить об изменении климата в сторону потепления и похолодания.

Как видно из рис. 2, где приведены графики изменения ширины годичных колец у двух лиственниц, выросших в условиях недостаточного и избыточного увлажнения, климатические условия в районе наших работ подвержены постоянным колебаниям. Хорошо прослеживаются как кратковременные колебания климата продолжительностью 10—30 лет, так и более длительные (вековые). Колебания климата имеют циклический характер, т. е. волна потепления сменяется волной похолодания. Появление выделенных нами поколений лиственницы приурочено к вековым периодам потеплений климата. Ныне перестойное поколение появилось в середине XVII столетия, когда климатическая обстановка была благоприятной для роста деревьев. Средневозрастное поколение образовалось во время потепления климата, наблюдавшегося во второй половине XVIII — начале XIX столетий. Молодое поколение лиственницы обязано своим возникновением значительному современному потеплению климата.

В периоды похолоданий климата (конец XVII — первая половина XVIII, вторая половина XIX — начало XX столетий) лесовозобновление на верхней границе леса отсутствовало или было очень слабым. Более того, в холодные периоды наблюдалось изреживание древостоев и даже их полное отмирание в наиболее неблагоприятных местообитаниях.

Таким образом, причиной образования древостоев, состоящих из обособленных по возрасту поколений лиственницы, являются вековые циклические колебания климата продолжительностью около 140—160 лет. Расселение и возобновление леса в этом цикле происходит в течение 60—70 лет, а прекращение лесовозобновления, изреживание и даже усыхание древостоев — в течение остальных 70—80 лет. У климатологов (Ляхов, 1956) и геологофизиков (Эйгенсон, 1957) имеются указания о наличии цикла такой продолжительности в колебаниях климата и солнечной активности.

Чтобы появилось то или другое поколение деревьев, необходимы следующие три условия: 1) достаточное количество жизнеспособных семян; 2) благоприятные условия для появления всходов; 3) благоприятные условия для роста и развития подроста.

Рассмотрим, какие из этих условий являются в наших условиях решающими (лимитирующими) для появления поколений лиственницы.

Количество жизнеспособных семян не является фактором, тормозящим появление всходов под пологом чистых лиственничных редколесий, поскольку лиственница плодоносит почти ежегодно. Б. Н. Норин (1958), проводивший наблюдения над плодоношением лиственницы в районе Обской губы, пришел к выводу, что резкого снижения урожайности семян у нее на северном пределе леса не происходит. Несмотря на сравнительно невысокий процент всхожих семян (6—10%) в районе наших работ, жизнеспособных семян достаточно для появления необходимого количества подроста. Сильное снижение всхожести семян на севере наблюдается только в особо неблагоприятные (холодные и дождливые) годы вследствие их невызревания. Однако недостаток семян может повлиять на процесс возобновления того или другого года, но не на образование поколения, появление которого происходит в течение нескольких десятков лет. Острая нехватка семян наблюдается лишь в местах, находящихся выше границы леса, так как

ветры постоянно дуют в противоположном направлении, а вылет семян происходит летом на следующий год после их созревания.

Гораздо большую роль в появлении того или иного поколения лиственницы имеют условия, способствующие появлению всходов. Препятствием для их появления является сильное затенение и задернение поверхности почвы напочвенным и травяно-кустарниковым ярусами. Но особенно сильное влияние на появление всходов оказывает резко переменная влажность верхних горизонтов почвы и лишайникового покрова, которая наблюдается в лишайниковых редколесьях.

Одно-двухлетние всходы лиственницы имеют слабую корневую систему, в связи с чем они не могут сразу достигнуть нижних влажных горизонтов почвы и массами гибнут. Вредное влияние лишайникового покрова на появление всходов древесных растений отмечают многие авторы (Тюлина, 1936; Лесков, 1940; Сочава, 1944; Норин, 1958). В наших условиях, несмотря на потепление климата и на хорошее плодоношение лиственницы, до сих пор нет подроста в лишайниковых лиственничных редколесьях, в том числе и отмершего. Это говорит о том, что лиственница здесь гибнет на стадии всходов. Возобновление в таких местообитаниях может произойти только в годы с достаточным количеством осадков в вегетационный период. Однако неблагоприятные условия для появления всходов имеют место только в определенных типах местообитаний и это не может явиться препятствием для появления того или другого поколения деревьев на верхней границе леса.

Решающее значение для появления поколений лиственницы имеют условия, способствующие выживанию появившихся всходов. При изучении хода естественного возобновления под пологом древостоев лиственничных редколесий было обращено внимание на большое количество отмершего подроста (до 30—50% от количества живого). При этом оказалось, что высота основной массы отмершего подроста несколько превышает высоту кустарничкового или кустарникового ярусов, в зависимости от роли того или иного яруса в сообществе. На основе замеров на одной из пробных площадей мы построили график изменения количества отмершего и живого подроста в зависимости от его высоты (рис. 3). Из рисунка видно, что количество отмершего подроста резко увеличивается, когда он начинает выходить из кустарничкового яруса, и достигает максимального значения на

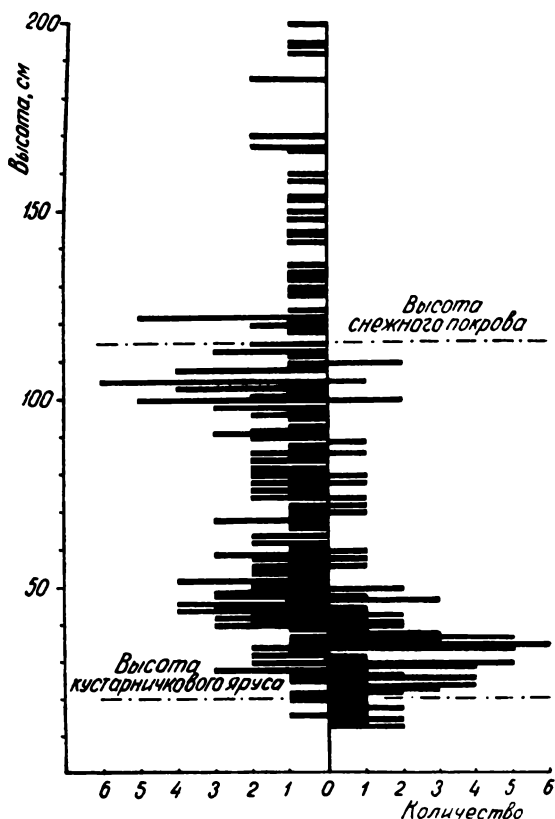


Рис. 3. Количество живого (слева) и отмершего (справа) подроста лиственницы в зависимости от его высоты.

Решающее значение для появления поколений лиственницы имеют условия, способствующие выживанию появившихся всходов. При изучении хода естественного возобновления под пологом древостоев лиственничных редколесий было обращено внимание на большое количество отмершего подроста (до 30—50% от количества живого). При этом оказалось, что высота основной массы отмершего подроста несколько превышает высоту кустарничкового или кустарникового ярусов, в зависимости от роли того или иного яруса в сообществе. На основе замеров на одной из пробных площадей мы построили график изменения количества отмершего и живого подроста в зависимости от его высоты (рис. 3). Из рисунка видно, что количество отмершего подроста резко увеличивается, когда он начинает выходить из кустарничкового яруса, и достигает максимального значения на

высоте, превышающей высоту кустарничков на 10—20 см. Причина этого, по-видимому, в резком изменении микроклиматических условий при выходе подроста из прикрывающего яруса (снижение температуры воздуха и резкие ее колебания, увеличение скорости ветра). Об этом же свидетельствуют данные Канитшейдера<sup>1</sup>. Он измерял температуру воздуха в густых зарослях карликовых горных сосен на южном склоне близ г. Инсбрука (1600 м над уровнем моря). Во всех случаях зона наибольших колебаний температуры воздуха находилась в области верхушек зарослей.

Гибель подроста продолжается и при достижении им больших высот, чем вышеуказанная, но уже не в таком количестве. При достижении подростом высоты снегового покрова также увеличивается его отпад, поскольку он снова достигает высоты, крайне неблагоприятной в зимний период (снеговая шлифовка, сильные зимние ветры и др.). Сравнительно малый процент гибели подроста на высоте снегового покрова в данном случае объясняется тем, что только около 10% подроста достигло этой высоты. Выше уровня снега погибшего подроста в настоящее время, как правило, нет.

Л. Н. Тюлина (1937) также отмечала плохое состояние самого молодого подроста лиственницы на полярной границе леса в бассейне р. Хатанги. Она пишет, что суровые условия существования наиболее губительны в самом молодом возрасте лиственницы и что чем крупнее подрост, тем лучше он выглядит. По-видимому, в тех условиях выживание появившегося подроста также оказывает решающее влияние на появление поколений лиственницы.

Чтобы выйти в верхний древесный полог, подросту необходимо преодолеть две критические высоты (высоту кустарникового или кустарничкового ярусов и снегового покрова), где даже в теплые периоды происходит его массовая гибель. Естественно предположить, что в холодные периоды погибает весь появляющийся подрост. В связи с этим становится понятным, почему кратковременные потепления климата (до 20—30 лет) не вызывают образование поколений лиственницы. За такой короткий промежуток времени подрост не успевает выйти из опасной приземной зоны и при наступлении очередного холодного периода погибает. Только потепления климата продолжительностью более 50—60 лет могут привести к образованию обособленных по возрасту поколений лиственницы. Взрослые деревья легче переносят неблагоприятные климатические условия, но и они гибнут при продолжительных и сильных похолоданиях.

Рассмотрим теперь, как складывались взаимоотношения леса и тундры в бассейне р. Соби за последние 400—500 лет, используя в основном данные по возрастной структуре лиственничных древостоев.

Как уже указывалось выше, ныне почти вымершее поколение представлено доживающими свой век и очень редко встречающимися толстыми лиственницами, а также полусгнившими остатками их стволов и пней. Появление его было обусловлено, по-видимому, потеплением климата в первой половине XVI столетия. Приуроченность деревьев этого поколения только к наиболее влажным и снежным местообитаниям говорит о том, что климат в то время был сухим. Лето было жарким, а зима — морозной и малоснежной. Только при наличии таких климатических условий подходящими для появления и произрастания деревьев лиственницы являются наиболее увлажняемые местообитания. О преобладании сухого и континентального климата в Западной Европе в XVI столетии пишет, например, К. Брукс (1952). Он указывает, что воздушные массы в то время двигались в основном с востока, так как возросла роль сибирского антициклона.

<sup>1</sup> Эти данные взяты из книги Р. Гейгера «Климат приземного слоя воздуха» (1960).

Район наших работ, находясь в непосредственной близости от центра зарождения этого антициклона, тем более должен быть подвержен его влиянию. Судя по местонахождению пней и стволов этого поколения, на большинстве склонов граница леса в тот период находилась гораздо ниже современного ее положения.

В течение второй половины XVI и начале XVII столетий лесовозобновление на границе леса отсутствовало, по-видимому, в связи с ухудшением климатических условий. В литературе имеются данные о повышенной ледовитости Карского моря в этот период (Назаров, 1947), а также об очень интенсивном наступлении ледников в Альпах и Исландии, какого не наблюдалось за все послеледниковое время (Брукс, 1952). Похолодание климата в нашем районе, видимо, не сопровождалось увеличением количества выпадающих осадков. Сильное увеличение снеговых осадков в Альпах К. Брукс объясняет смещением к югу путей циклонов, в то время как более северные районы оставались в сфере влияния антициклона. Вполне возможно, что похолодание было незначительным, и граница леса не опускалась, а происходило только изреживание древостоев. Свидетели этого похолодания — остатки пней — сильно перегнили и судить о характере похолодания и отступления границы леса затруднительно.

Перестойное поколение является свидетелем новой волны расселения и возобновления леса, причем довольно интенсивной. В некоторых местах граница леса продвинулась на 500—700 м вверх по склону. Появлялось это поколение также на влажных и переувлажненных местообитаниях, а потому граница леса продвинулась только по хорошо увлажняемым склонам. Данные табл. 1 и 2 хорошо иллюстрируют вышесказанное. Все это свидетельствует о том, что климат в период появления перестойного поколения (1630—1690 гг.) продолжал оставаться сухим и континентальным. В период появления перестойного поколения сильно снижалась ледовитость Карского моря (Назаров, 1947), что подтверждает наш вывод о происходившем в то время потеплении климата. В настоящее время это поколение представлено старыми деревьями, часто с усохшими вершинками, но многие из них имеют вполне здоровый вид.

В конце XVII и в первой половине XVIII столетий на границе леса снова сложились неблагоприятные условия для лесовозобновления. В этот период наблюдался пониженный прирост деревьев, повышение ледовитости Карского моря (Назаров, 1947), что говорит об ухудшении климатических условий. К. Брукс (1952) указывает, что в это время в Западной Европе наблюдался сухой климат с мягкими зимами. Более интенсивный прирост у лиственницы в условиях более увлажненных, чем у деревьев в сухих местообитаниях в тот период, также свидетельствует о том, что климат был континентальным (см. рис. 2). По всей вероятности, похолодание было незначительным. Снижения границы леса могло и не быть, происходило лишь изреживание древостоев.

В 1760—1850 гг. наблюдалось довольно значительное потепление климата, что хорошо видно на графиках изменения ширины годичных колец (см. рис. 2). Снизилась и ледовитость Карского моря (Назаров, 1947); образовалось средневозрастное поколение лиственницы, которое в настоящее время преобладает в большинстве древостоев на границе леса. Приуроченность деревьев этого поколения к наиболее сухим местообитаниям (см. табл. 1 и 2) говорит о резком изменении климатических условий в сторону увлажнения в середине XVIII столетия. К. Брукс (1952) также отмечает, что в Англии в 1752 г. произошла резкая смена континентального климата на морской, характеризующийся мягкой зимой и прохладным дождливым летом. Увеличение осадков, несмотря на потепление климата, вызвало новую волну продвижения ледников в Европе, а также сильное увеличение

ледовитости Карского моря, какой не наблюдалось за последние 366 лет (Назаров, 1947). Об изменении условий увлажнения в период появления средневозрастного поколения свидетельствует также характер изменения ширины годовых колец. У деревьев, выросших в условиях недостаточного увлажнения, прирост увеличился на значительно большую величину, особенно во второй половине потепления (1810—1840 гг.), чем у деревьев, выросших в условиях избыточного увлажнения (см. рис. 2). В результате такого изменения климата значительно поднялась граница леса по сухим и каменистым склонам (до 500—800 м по склону). Так как в районе наших работ на верхней границе леса преобладают сухие местообитания, то граница поднялась на большинстве склонов. Особенно интенсивное возобновление и расселение леса наблюдалось во второй половине периода потепления на постоянно-сухих местообитаниях, где всходы лиственницы обычно гибнут из-за резкого переменного увлажнения мохово-лишайникового яруса и верхних горизонтов почвы, о чем уже говорилось выше. Успешное возобновление на таких местообитаниях возможно только в том случае, если в течение вегетационного периода часто выпадают осадки. Вторая половина потепления, по-видимому, и отличалась повышенным увлажнением вегетационного периода. Возможно, что подрост появлялся и в первую половину потепления на более влажных местообитаниях, но последующее увлажнение климата могло привести к тому, что большая часть его погибла. Поэтому средневозрастное поколение в настоящее время представлено в основном древостоями, появившимися во второй половине потепления (см. рис. 2). На переувлажненных склонах поднятия границы леса в этот период не происходило.

Наступившее затем в 50-х годах XIX столетия резкое похолодание климата продолжалось до 1910—1920 гг. (см. рис. 2). Такого интенсивного похолодания не отмечалось в районе наших работ за последние 400—500 лет. М. Е. Ляхов (1956), приводя кривую изменения среднегодовой температуры воздуха для Архангельска, отмечает, что она описывает ложбину волны в течение XIX столетия, имеющей большой период. Кривые изменения ширины годовых колец имеют очень сходный вид с кривой изменения температуры воздуха для Архангельска. У М. С. Эйгенсона (1957) есть указание, что в XIX столетии наблюдался более низкий вековой уровень солнечной активности по сравнению с уровнями XVIII и XX столетий. По данным же исследований Л. А. Вительса (1948), ход гидрометеорологических процессов в Арктике идет почти синхронно вековому ходу солнечной активности. В периоды увеличения солнечной активности пути прохождения циклонов смещаются к северу, в связи с чем там повышается температура воздуха и увеличивается количество выпадающих осадков. Если до середины XVIII столетия вековой ход изменения ледовитости Карского моря совпадал с выделяемыми нами периодами потепления и похолодания климата, то после наступления влажного периода такая взаимосвязь несколько нарушается. Так, в течение XIX столетия, несмотря на значительное похолодание, ледовитость его держалась примерно около среднего уровня. Причина этого ясна: в периоды с континентальным климатом ледовые условия определяются в основном температурой воздуха, при наличии влажного климата роль температурного фактора заметно снижается. Похолодание во второй половине XIX — начале XX столетий вызвало сильное снижение границы леса только на переувлажненных склонах, притом на значительную величину (до 1000 м по склону). Особенно сильное снижение границы леса произошло на восточном склоне массива Рай-Из. На сухих склонах граница леса не опускалась, изреживались лишь древостои с различной степенью интенсивности. Это говорит о том, что похолодание климата сопровождалось сохранением повышенной увлажнен-

ности. Деревья лиственницы, усохшие в этот период, до сих пор хорошо сохранились, так как гниение древесины на границе леса идет медленно.

При помощи метода переломного датирования (Douglass, 1919) нам удалось сравнительно легко определять время появления и гибели ныне сухостойных деревьев, если только годовые кольца снаружи сохранились. При этом оказалось, что в этот период похолодания усыхали преимущественно деревья ныне вымершего и перестойного поколений, за счет которых и снижалась граница леса. Средневозрастное поколение более сухих местообитаний не подвергалось такому сильному усыханию. Отмечаемые Б. Н. Городковым (1926) и В. Б. Сочавой (1930) «лесные кладбища» на Полярном Урале как раз и являются свидетелями последнего похолодания климата (вторая половина XIX — начало XX столетий).

В 20-х годах текущего столетия началось новое потепление, вызвавшее появление молодого поколения лиственницы. Несмотря на интенсивный характер потепления, молодое поколение в большом количестве появилось только под пологом изрежившихся древостоев. Расселение его выше границы леса идет сравнительно слабо. Анализ условий, в которых появилось молодое поколение, показал, что лесовозобновительный процесс до сих пор не наблюдается под пологом древостоев, произрастающих как на постоянно-сухих, так и на избыточно-застойных местообитаниях (см. табл. 1 и 2). Из этого мы можем сделать заключение, что современное потепление климата также сопровождается повышенным увлажнением, но от предыдущего отличается меньшим количеством летних осадков и повышенным — зимних. Летние осадки оказывают решающее влияние на появление подраста на сухих местообитаниях, а зимние — на переувлажненных. Молодое поколение слабо расселяется за пределами леса потому, что подходящие при современном климате местообитания уже заняты другими поколениями: влажные — перестойным, сухие — средневозрастным. Граница леса за счет молодого поколения продвинулась в основном в тех местах, где более старые поколения не образовались из-за недостатка семян, а также из-за скопления больших масс снега, сильно укорачивающих вегетационный период местообитаний. Расселение лиственницы в последнем случае свидетельствует о значительном увеличении продолжительности вегетационного периода в настоящее время, какого не наблюдалось ни в один из рассмотренных периодов потепления климата. Современное потепление климата в Арктике было сразу же отмечено климатологами и по этому вопросу накопилась уже большая литература (Петров, 1960). Потепление произошло в основном за счет зимних месяцев. Л. С. Петров указывает, что по интенсивности оно не имело себе равных за последние 500—600 лет. Об этом свидетельствует и величина прироста даже старых (300-летних) лиственниц. Деревья в более молодом возрасте не имели такой величины прироста, какую мы наблюдаем сейчас у старых. Судя по характеру изменения прироста и изменению среднегодовых температур метеостанции Салехард (см. рис. 2), после сороковых годов начался спад потепления. Если прежняя вековая цикличность в колебаниях климата сохранится, то процесс образования молодого поколения лиственницы будет продолжаться еще примерно лет 20—30, до наступления нового похолодания. В связи с этим необходимо использовать благоприятную климатическую обстановку, сложившуюся в настоящее время на Севере, для развертывания работ по облесению участков, расположенных в лесотундре и южной тундре.

Анализ прироста деревьев и пространственного распределения выделенных поколений лиственницы показал, что в течение последних 400—450 лет условия для развития лесной растительности неуклонно улучшались, а верхняя граница леса подвигалась выше в горы, несмотря на то,

что в отдельные периоды поднятие ее приостанавливалось. По-видимому, кроме вековых (140—160-летних) колебаний климата проявляет свое действие восходящая ветвь более длительного (многовекового) цикла.

На характер взаимоотношений леса и тундры влияет также постоянно меняющаяся влажность климата. В период появления ныне почти вымершего и перестойного поколений лиственницы верхняя граница леса поднималась только по наиболее увлажняемым склонам, так как климат был сухим и континентальным. Во время появления средневозрастного поколения климат стал более влажным, в результате чего лесная растительность стала продвигаться по наиболее сухим и каменистым склонам. Современное потепление климата сопровождается выпадением повышенного количества осадков в зимнее время, в связи с чем верхняя граница леса стала продвигаться по среднеувлажняемым склонам. Другими словами, в середине XVIII столетия сухой континентальный климат сменился на значительно более влажный, что привело к смещению экологического оптимума для произрастания лиственницы с наиболее увлажняемых местообитаний на более сухие. Н. И. Пьявченко (1952) на основании изучения торфяников Южного Ямала и Большеземельской тундры пришел к сходным выводам. Он выделяет последнюю фазу голоцена в качестве самостоятельной, характеризующейся смягчением климата и увеличением осадков.

Если мы сопоставим время появления выделенных нами поколений лиственницы с поколениями, выделенными В. Н. Андреевым (1954, 1956) на полярном пределе леса в прилегающих к Уралу районах, то получим, что самое молодое поколение появилось одновременно (в 20-х годах нынешнего столетия). Выделяемое В. Н. Андреевым следующее поколение, появившееся в 70-х годах XIX столетия, не совпадает по времени появления со следующим нашим средневозрастным поколением в среднем на 50 лет. Причин такого расхождения может быть две: либо неточное определение возраста деревьев и недостаточное количество взятых модельных деревьев (об этом у него в статье никаких указаний нет), либо действительное образование поколения в этот период, тем более, что на графиках изменения ширины годовичных колец у нас наблюдается повышенный прирост, правда, непродолжительный. Третье, выделяемое В. Н. Андреевым поколение (конец XVIII столетия), совпадает с началом появления нашего средневозрастного поколения. Точного совпадения времени появления поколений может и не быть, поскольку изменения климата носят региональный характер, а влияние экологических факторов на лесную растительность вертикального и полярного пределов леса может быть различно.

В заключение следует сказать, что необходимо дальнейшее детальное изучение возрастной структуры притундровых редколесий в различных районах Советского Союза, которое прольет свет на закономерности формирования древостоев. Это необходимо как для правильного хозяйственного освоения этих районов, так и для разработки перспективного планирования. Большое значение такие исследования имеют для выяснения взаимоотношений леса и тундры и изменений климата.

## ВЫВОДЫ

1. Древостой лиственничных редколесий на верхней границе леса в бассейне р. Соби состоит из обособленных морфометрически и по возрасту поколений лиственницы. Выделены следующие четыре поколения: ныне почти вымершее, появившееся в первой половине XVI века; перестойное, появившееся в середине XVII; средневозрастное, появившееся в конце XVIII — начале XIX столетий; наконец, молодое, появление которого



началось в 20-х годах текущего столетия и продолжается до настоящего времени.

2. 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.

3. Причиной образования обособленных по возрасту поколений лиственницы являются вековые циклические колебания климата в сторону потепления и похолодания. Продолжительность одного цикла составляет примерно 140—160 лет. Расселение и возобновление леса в пределах этого цикла приурочено к теплым периодам и продолжается 60—70 лет. В холодные периоды, продолжительность которых 70—80 лет, наблюдается прекращение лесовозобновления, изреживание древостоев и даже их отмирание.

4. В настоящее время на верхней границе леса преобладает лиственница средневозрастного поколения. Средний возраст древостоев у большей части редколесий более или менее одинаков и колеблется в пределах времени появления этого поколения. Сравнительная одновозрастность притундровых древостоев, которая отмечалась также многими авторами, объясняется ступенчатой их разновозрастностью. 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.

5. Решающее значение для появления поколений лиственницы имеют условия, способствующие выживанию подроста. Лишь в периоды продолжительных потеплений климата подрост может преодолеть опасную приземную зону (от высоты кустарников или кустарничков до высоты снегового покрова) и образовать обособленное по возрасту поколение деревьев.

6. Продвижение верхней границы леса выше в горы происходит только в периоды потеплений климата, за счет образования нового поколения лиственницы. В холодные периоды продвижение верхней границы леса приостанавливается и даже, более того, она может снизиться.

7. В течение последних 400—450 лет верхняя граница леса в районе наших работ неуклонно поднималась вверх, несмотря на то, что в отдельные периоды происходило ее снижение. По-видимому, кроме вековых (140—160-летних) колебаний климата проявляет свое действие восходящая ветвь более длительного (многовекового) цикла.

8. Большое влияние на динамику верхней границы леса оказала происшедшая в середине XVIII столетия смена влажности климата. Сухой континентальный климат, господствовавший 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 с наиболее увлажняемых местообитаний на менее увлажняемые. В соответствии с этим до середины XVIII столетия граница леса поднималась по наиболее увлажняемым склонам, а после указанного срока — по более сухим.

## ЛИТЕРАТУРА

- Акимов А. Т., Братцев Л. А. Динамика северной границы леса в правой части бассейна реки Усы. Изв. Коми фил. ВГО, вып. 4. Сыктывкар, 1957.
- Андреев В. Н. Продвижение лесной растительности в тундру в связи с защитными свойствами лесопосадок на севере. Бот. ж., № 1, 1954.
- Андреев В. Н. Заселение тундры лесом в современную эпоху. Сб. «Растительность Крайнего Севера СССР и ее освоение», вып. 1. М.—Л., Изд-во АН СССР, 1956.
- Брукс К. Климаты прошлого. М., Изд-во иностр. лит., 1952.

- Вительс Л. А. Многолетние изменения барико-циркуляционного режима и их влияние на колебания климата. Тр. Глав. геофиз. обсерватории, вып. 8 (70). Л., 1948.
- Галазий Г. И. Вертикальный предел древесной растительности в горах Восточной Сибири и его динамика. Тр. Бот. ин-та АН СССР, серия 3 (геоботаника), вып. 9. М. — Л., Изд-во АН СССР, 1954.
- Гейгер Р. Климат приземного слоя воздуха. М., Изд-во иностр. лит., 1960.
- Городков Б. Н. Полярный Урал в верхнем течении реки Соби. Тр. Бот. музея АН СССР, вып. 19. Л., Изд-во АН СССР, 1926.
- Горчаковский П. Л. Лесная растительность подгольцового пояса Урала. Сб. тр. по лесному х-ву Уральского лесотехнического ин-та, вып. 2. Свердловское кн. изд-во, 1954.
- Горчаковский П. Л. Растительность хребта Сабли на Приполярном Урале. Сб. «Растительность Крайнего Севера СССР и ее освоение», вып. 3. М. — Л., Изд-во АН СССР, 1958.
- Комин Г. Е. К методике определения точного возраста деревьев в заболоченных лесах. Докл. первой научн.-техн. конференции молодых специалистов лесного производства Свердловской обл. по итогам работ 1960 г. Свердловское кн. изд-во, 1961.
- Комин Г. Е. К вопросу о типах возрастной структуры насаждений. Лесной ж., № 3, 1963.
- Лесков А. И. Фитоценологический очерк редколесий бассейна р. Полуя. Тр. Бот. ин-та АН СССР, серия 3 (геоботаника), вып. 4. М. — Л., Изд-во АН СССР, 1940.
- Ляхов М. Е. О колебаниях температуры воздуха в XIX и XX веках в восточно-европейском спектре северного полушария. Изв. АН СССР, серия геогр., № 5, 1956.
- Назаров В. С. Исторический ход ледовитости Карского моря. Изв. ВГО, № 6, 1947.
- Норин Б. Н. К познанию семенного и вегетативного возобновления древесных пород в лесотундре. В сб.: «Растительность Крайнего Севера СССР и ее освоение», вып. 3. М. — Л., Изд-во АН СССР, 1958.
- Овсянников В. Ф. Поездка в долину р. Анадырь летом 1929 г. Зап. Владивостокского отд. Гос. рус. геогр. о-ва, т. 5 (22), вып. 1. Владивосток, 1930.
- Петров Л. С. Структурные особенности колебаний климата Европейско-Азиатского сектора Арктики в последние десятилетия. Автореф. канд. дисс., 1960 (ЛГУ).
- Пивник С. А. Растительность прилесных отрогов Верхоянского хребта в районе устья Вилюя. Сб. «Растительность Крайнего Севера СССР и ее освоение», вып. 3. М. — Л., Изд-во АН СССР, 1958.
- Пьявченко Н. И. О перемещении растительных зон на севере Восточной Европы и Западной Сибири в последледниковое время. Докл. АН СССР, т. 84, № 1, 1952.
- Семечкин И. В. Особенности таксации древостоев в связи с типами возрастной структуры. В сб.: «Организация лесного хозяйства и инвентаризация лесов». М., Изд-во АН СССР, 1963. (Ин-т леса и древесины СО АН СССР).
- Сочава В. Б. Пределы лесов в горах Ляпинского Урала. Тр. Бот. музея АН СССР, вып. 22, Л., Изд-во АН СССР, 1930.
- Сочава В. Б. Причины безлесия гольцов Восточной Сибири и в Приамурье. «Природа», № 2, 1944.
- Тихомиров Б. А. К вопросу о динамике полярного и вертикального пределов лесов в Евразии. «Сов. бот.», № 5-6, 1941.
- Тихомиров Б. А. и Штепа В. С. К характеристике лесных форпостов в низовьях р. Лены. Бот. ж., № 8, 1956.
- Тюлина Л. Н. О лесной растительности Анадырского края и ее взаимоотношении с тундрой. Тр. Арктического ин-та, т. 40 (геоботаника). Л., Изд-во Главсевморпути, 1936.
- Тюлина Л. Н. Лесная растительность Хатангского района у ее северного предела. Тр. Арктического ин-та, т. 63 (геоботаника). Л., Изд-во Главсевморпути, 1937.
- Шиятов С. Г. К методике определения возраста деревьев, произрастающих на верхней границе леса. Лесной ж., № 3, 1963.
- Эйгенсон М. Е. Очерки физико-географических проявлений солнечной активности. Львов, 1957 (Львовский гос. ун-т.)
- Douglas A. E. Climatic cycles and tree growth. Carnegie Inst. Wash. Pub., 289, vol. 1, 1919.