

А.П.ТЫРТИКОВ

ЛЕС

НА

СЕВЕРНОМ

ПРЕДЕЛЕ

В АЗИИ

Товарищество

Научных
Изданий

КМК



АЛЕКСЕЙ ПАВЛОВИЧ ТЫРТИКОВ

14. II. 1922 - 20. VII. 1989

FOREST ON THE NORTHERN LIMIT IN ASIA

ALEXEI PAVLOVICH ISBN TYRTIKOV

Abstract

The book integrates the results of author's investigation (from 1949 to 1981) on dynamic of the forest vegetation on their northern limit in Siberia. There are described the main processes determined the displacement of timberline to the south namely, swamping of forests and open woodlands, replacement of woodlands and forest by tundra, logging and fire. Information on growth of trees in northern limit is summarized. The different ways of forming of open woodlands and forest-tundra are discussed. The new aspects of dynamic of timberline in Holocene are considered. The displacement of the timberline to the south during more than 5000 years is postulated. The forecast of improvement of the climate of the north of East Siberia in connection with afforestation of a great part of forest tundra and south tundra are given. The recommendations on thermal melioration of soil for the purpose of building and agriculture are considered.

CONTENTS

Chapter 1. State of stand on the northern limit of forests	6
Chapter 2. Swamping of forest in the North	11
Chapter 3. Replacement of forest by tundra	68
Chapter 4. Fire and logging	91
Chapter 5. Open woodlands, forest-tundra	97
Chapter 6. Growth of trees	106
Chapter 7. The dynamic of timberline in Holocene	118
Chapter 8. Importance of planting of forest for the thermal melioration of soil and improvement of the climate of tundra	126

Оглавление

Предисловие	4
Введение	5
Глава 1. Состояние древостоя на северном пределе	6
Глава 2. Заболачивание леса на севере	11
Заболачивание редколесий на северном пределе в Западной Сибири	14
Заболачивание лиственничных редколесий и редкостойных лесов на северо-востоке Якутии	24
Заболачивание лиственничных редкостойных лесов в прирусловой пойме р. Яны	24
Заболачивание редколесий в центральной и притеррасной частях пойм рек Яны и Индигирки	28
Заболачивание редкостойных лесов и редколесий на корешных берегах Яны и Индигирки	36
Заболачивание леса на северном пределе в Западной Сибири	44
Заращание гарей	44
Заболачивание леса на песках	56
Заболачивание леса на слаболенированных песчаных почвах	65
Глава 3. Смена леса тундрой	68
Смена редколесий тундрами в Западной Сибири	69
Смена лиственничных редколесий с подлеском из ольхи тундрами	69
Смена лиственничных редколесий без подлеска тундрами	75
Смена редколесий тундрами на дренированных песках	80
Смена редколесий тундрами в урочище Ары-Мас	85
Глава 4. Пожары и рубки	91
Глава 5. Редкостойные леса, редколесья, редины	97
Глава 6. Рост деревьев	106
Глава 7. Динамика полярного предела леса в голоцене	118
Глава 8. Значение лесопосадок для тепловой мелiorации почво грунтов и улучшения климата тундры	126
Заключение	133
Литература	137

ПРЕДИСЛОВИЕ

Предлагаемая читателю работа была в основном завершена уже в 1988 году и принята к печати Издательством Московского университета. К сожалению, болезнь, а затем смерть автора (в 1989 году) не дали ему возможности завершить работу с редактором, что пришлось сделать родственникам. В 1990 году работа была полностью готова к печати и должна была быть опубликована в 1991 году. Однако события, происшедшие в стране, отсутствие денег на публикацию у кафедры геоботаники Московского государственного университета не позволили напечатать книгу в то время.

В течение последних пяти лет нам, детям и жене Алексея Павловича не удавалось найти нужной суммы на публикацию книги. Тем не менее, мы хорошо понимали необходимость такого издания. И как только средства позволили нам, решили опубликовать эту работу. Эта книга - не только дань памяти человека, посвятившего свою жизнь науке¹, прекрасно знавшего растительность северотаежной и тундровой зоны России, исходившего сотни километров сибирских просторов, сделавшего тысячи геоботанических и почвенных описаний, измерений глубины промерзания и протаивания поверхностного слоя почвы, температуры мерзлых грунтов, человека, глубоко понимавшего процессы, происходящие на северном пределе леса и в тундре. Книга содержит огромный фактический материал о состоянии растительности и связи ее с почвенными и мерзлотными явлениями на северном пределе лесов в Азии. В ней прослежена динамика границы леса как в настоящее время, так и в голоцене. Уникальность работы в том, что растительность, мерзлотные и почвенные процессы рассматриваются в ней взаимосвязанно. В отличие от большого числа современных публикаций, написанных сложным, "научнообразным" языком, в этой книге сложные процессы изложены просто и доступно, работа читается удивительно легко.

Несмотря на то, что некоторые латинские названия, используемые в книге, несколько устарели, мы решили оставить все так, как было сделано автором. Однако, учитывая то, что современным и, в особенности, будущим читателям порой, может быть, трудно будет найти некоторые названия, в конце книги помещен список синонимов использованных названий, данных в соответствии с последними работами.

Мы надеемся, что читатель найдет много интересного и полезного для себя в этой книге, а для нас важно сознавать, что последний труд нашего любимого папы и мужа не пропал даром.

Надежда Константинова (от имени жены, Галины Степановны Константиновой и остальных детей: Натальи Константиновой и Сергея Константинова)

¹ - библиография научных трудов и некролог Алексея Павловича Тыртыкова опубликованы в Бюлл. МОИП, отд. биол. 1991 Т. 96, вып. 3, с. 138-144.

ВВЕДЕНИЕ

Северный предел леса — важнейший географический рубеж. Таежные ландшафты сменяются здесь безлесными тундрами. В связи с этим резко изменяются климат, растительный покров, животный мир и условия жизни человека. Вследствие этого вопросы о взаимоотношениях леса и тундры и динамики полярной границы леса давно привлекали внимание исследователей Севера. Однако до сих пор многие вопросы, касающиеся взаимоотношений леса и тундры, еще не выяснены, что объясняется недостатком детальных исследований на северном пределе леса.

В течение XIX и первой половины XX столетия на северном пределе леса проводились преимущественно маршрутные исследования, в ходе которых вопросы о взаимоотношениях леса и тундры изучались попутно, и заключения о взаимосвязях этих зональных типов растительности основывались на визуальной оценке состояния древостоя, наличии или отсутствии подроста в лесах и редколесьях на контакте леса и тундры (Шренк, 1855; Миддендорф, 1863-1867; Танфильев, 1911; Григорьев, 1924; Толмачев, 1931; Цинзерлинг, 1934; Тюлина, 1936, 1937; и др.).

Динамика растительного покрова на стыке леса и тундры почти не исследовалась. Первая попытка объяснить динамику полярной границы леса на основе изучения процесса развития лесной растительности на ее северном пределе принадлежит Г. И. Танфильеву (1911). Однако лишь Б. Н. Городков (1946) обосновал вывод о наступлении тундровой растительности на деградирующие леса севера Западной Сибири исследованиями временных смен растительного покрова.

Основная цель данной работы — выяснить современную динамику лесной растительности на северном пределе в Азии и ее взаимоотношения с тундровой. В работе рассматриваются процессы заболачивания лесов и редколесий на их северном пределе, смены их тундрами, значение пожаров и вырубок лесов для динамики полярной границы леса, содержатся заключения о причинах редкостойности лесов Севера, обобщены материалы по росту деревьев на северном пределе, показана климатообразующая роль леса на Севере, а также значение лесных насаждений для тепловой мелiorации почвогрунтов.

В книге даны выводы о современной динамике полярной границы леса, соображения о возможности создания лесных насаждений в тундре и о причинах смещения полярной границы леса в голоцене.

При исследовании лесов и редколесий на их северном пределе в различных районах Азии за период с 1949 по 1981 г. применялся метод сравнительного изучения растительных сообществ, составляю-

ших пространственные экологические ряды, на основании которого устанавливаются сукцессионные (временные) связи между этими сообществами (Александрова, 1964). Кроме общепринятых характеристик флористического состава, покрытия, высоты растений отдельных ярусов, почвы и других признаков сообществ, исследовались промерзание, протавивание, температура, состав, льдистость (влажность) почвогрунтов.

Последовательно сменяющиеся сообщества представляют собой отдельные стадии развития растительного покрова. Каждая стадия охарактеризована в данной работе на основании обобщения нескольких описаний и включает обычно ряд ассоциаций одной группы. Поэтому при характеристике этих стадий указываются все доминирующие виды каждого яруса, отмеченные в процессе описаний. При таком способе характеристики стадий сумма проективных покрытий доминирующих видов одного яруса нередко превышает 100%. Отдельные ассоциации группы (стадии) можно установить на основе такой характеристики. Так, например, в описании стадии (группы ассоциаций) березняков травяных отмечается, что в травостое преобладают разные виды на разных участках, а именно: вейник (30 — 60 %), княжешка (10 — 30 %), хвощ (20 — 40 %). Следовательно, данная группа представлена по крайней мере тремя ассоциациями: березняком вейниковым, березняком княжешковым и березняком хвощевым. Кроме того, обычно встречаются переходные между ними: березняк хвощево-вейниковый, березняк княжешково-вейниковый, березняк хвощево-княжешковый.

Латинские названия цветковых растений даны по П. Н. Крылову (1929-1951), мхов и лишайников — по А. В. Домбровской и Р. Н. Шлякову (1967).

Выражаю глубокую благодарность ответственному редактору профессору Т. А. Работнову, рецензентам профессорам А. И. Попову и Н. А. Березиной, а также профессору В. Н. Павлову за ценные критические замечания и помощь в работе над книгой.

ГЛАВА 1. СОСТОЯНИЕ ДРЕВОСТОЯ НА СЕВЕРНОМ ПРЕДЕЛЕ

Заключения о движении границы леса нередко проводились на основании общей оценки состояния древостоя и подроста на северном пределе лесной растительности.

Угнетенное состояние древостоя и гибель леса на северном пределе как свидетельство отступления леса к югу, отмечены еще первыми исследователями Севера. Так, А. Шренк (1855), описывая гибель лес-

ных опушек в Тиманской и Большеземельской тундрах, отмечал общность этого явления для полярных лесов Старого и Нового Света.

Большой фактический материал, собранный по этому вопросу в XIX в., был обобщен Г. И. Тауфилевым (1911). В XX в. получены новые многочисленные материалы о гибели леса на северном пределе в различных районах.

О гибели леса на европейском Севере кроме А. Шренка свидетельствуют данные многих исследователей (Баер, 1838; Pohle, 1903; Тауфилев, 1894, 1911; Карцели, 1911; Григорьев, 1924; и др.). Р. Пеле (Pohle, 1903) сообщал об обилии мертвых деревьев в Капшинской тундре. С. В. Карцели (1911) отмечал угнетенное состояние древостоя и обилие сухостоя на р. Усе, где лесные острова, расположенные в 60-70 верстах от сплошного леса, а также самые северные деревья за полосами островов еще на 20-25 верст к северу — наполовину усохшие.

Об обилии сухих деревьев у крайнего предела лесотундры на р. Адзвее (Большеземельская тундра) сообщал А. А. Григорьев (1924).

На Северном Урале широкая опушка из сухих деревьев отмечена Б. Н. Городковым (1926). Сведения об отмирании леса на Полярном Урале содержатся в работах В. С. Говорухина (1929) и В. Б. Сочавы (1930).

О гибели леса на севере Западной Сибири писал Б. Н. Городков (1938). Ф. Шмидт (Schmidt, 1872) обнаружил сухие деревья в тундре в низовье Енисея далеко от северной границы деревьев. В приенисейской лесотундре на некоторых участках количество погибших деревьев в 8-10 раз больше, чем живых, а подрост почти совершенно отсутствует (Кузнецов, 1916).

А. Ф. Миндендорф (1863-1867) писал о наводках сухих деревьев в 3-4 милях к северу от современной границы древесной растительности на Таймыре.

Коев лес у оз. Пясино (Таймыр) характеризуется обилием отмерших деревьев, особенно на опушках, обращенных к водораздельным холмам, где местами почти все деревья сухие (Толмачев, 1931). Отсутствие или малочисленность подроста сибирской лиственницы на всем Западном Таймыре свидетельствует о сокращении северной части ее ареала — отступании леса (Толмачев, 1931).

Низкорослые формы, чрезвычайно корявый вид, большая сбежистость, почти сплошная сушесть и массовая сухостойность характерны для лиственницы на пределе ее вертикального распространения в Верхоянском хребте. Там же встречаются карликовые формы лиственницы, иногда в виде приземистого кустарника, местами в массе отмершие (Недригайлов, 1928).

Усыхание леса, создающее впечатление отмирания его, на Лабрадоре отмечал Хустич (Hustich, 1939).

Таким образом, угнетенное состояние и отмирание леса, малочисленность или отсутствие подроста деревьев отмечены во многих районах на северном пределе леса Европы, Азии и Америки.

Наряду с этим в районах евразийского Севера наблюдаются и противоположные черты, характеризующие состояние лесной растительности на ее полярном пределе.

Еще А. И. Толмачев (1931) о редколесьях из даурской лиственницы к востоку от реки Пясины писал: "Хотя и есть местная деградация, крайняя жизнеспособность характерна для них в условиях северной границы: обилие молодняка даже в области господства тундры, возможно, свидетельствует о распространении лиственничных насаждений на новые территории".

А. Л. Биркенгоф (1932а, 1932б) отмечал дружное возобновление лиственницы после пожаров в бассейне р. Индигирки.

Л. Н. Тюлина (1937) писала о том, что черты, характерные для редколесий к востоку от р. Пясины, отмеченные А. И. Толмачевым (1931), свойственны и исследованным ею редколесьям Хатангского района. Кроме того, характерно равномерное распределение прихатангского редколесья по всем элементам рельефа (кроме болот) почти у самой границы с тундрой, следовательно, лиственница растет здесь в разнообразных условиях, а не только в наилучших. Почти во всех участках редколесья наряду с корявыми, старыми экземплярами имеются более или менее нормально развитые лиственничные более молодого поколения, растущие обычно гуще и местами уже образующие господствующий полог. Обильного сухостоя у границы редколесья нет. Подрост редкий повсюду под пологом и вне его.

На основании исследований в Хатангском и Анадырском районах, а также анализа опубликованных материалов, Л. Н. Тюлина (1937) пишет о том, что полярный предел леса, образованный даурской лиственницей, к востоку от р. Пясины до р. Анадырь, устойчив, а на Анадыре и Хатанге обнаружены признаки наступания леса на тундру, и высказала предположение о том, что лесная растительность имеет тенденцию к положительному сдвигу.

В. Н. Андреев (1954, 1956) на севере европейской части России обнаружил новые лесные острова, появившиеся на месте тундры в последнее столетие, а также увеличение площади островов леса и редколесий в тундре, образование редколесий на пятнистой тундре. В Малоземельской тундре острова леса расположены на местообитаниях, возникших недавно (пятнистых тундрах, обнаженных песках

и т.п.), что свидетельствует о заселении лесом тундровых участков (Андреев, 1956). Признаки экспансии леса обнаружены в лесном острове у Море-Ю (Толмачев, Токаревских, 1968). "Ельники Море-Ю ... проявляют явные признаки прогрессивного развития. Об этом говорит наличие в них большого количества средневозрастных и молодых деревьев, достаточно интенсивное их плодоношение, наличие многочисленных семян ели отчасти за пределами уже занятых ельниками участков. Обильный молодняк ели развился, очевидно, в пределах последних 4-5 десятилетий, для которых вообще характерно некоторое смягчение климатических условий Арктики. Таким образом, наши наблюдения на лесном острове у Море-Ю в целом подтверждают взгляды Б. А. Тихомирова (1941, 1953, 1962) и В. Н. Андреева (1954, 1956), оценивающих современный этап во взаимоотношениях леса и тундры на европейском Севере СССР как этап, характеризующийся тенденцией к экспансии крайних форпостов лесной растительности". (Толмачев, Токаревских, 1968, с. 563-564).

А. Е. Катенин (1970, с. 36), обнаружив обильный подрост ели и березы в редколесьях, а также зарастание тундровых группировок деревьями на стационаре "Сивая Маска" (Большеземельская тундра), расположенном в подзоне редкостойной тайги (по В. Н. Андрееву, 1954), пишет: "У нас сложилось впечатление об активно идущем современном наступании леса на тундру".

В самом северном лесном острове Ары-Мас (Таймыр) редколесья естественно возобновляются повсюду, в то же время незаметно их активное наступление на тундру, за исключением, вероятно, левобережной надпойменной террасы, по краю которой возникает подрост на тундровых участках и на валиках полигональных болот (Норин и др., 1971).

Таким образом, в различных районах на полярном пределе леса отмечено наличие хорошего подроста, обилие молодых деревьев в редколесьях, подрост в тундре, заселение лесом тундровых участков, образование новых лесных островов среди тундры. Наибольшее количество подобных фактов обнаружено на европейском Севере. Они рассматриваются в качестве свидетельств современного наступания леса на тундру. При этом ряд исследователей отмечают повсеместное наступание леса на тундру (Тихомиров, 1953, 1962; Андреев, 1954, 1956; Норин, 1974), другие более осторожно пишут лишь о тенденции к экспансии крайних форпостов лесной растительности (Толмачев, Токаревских, 1968), высказываемой иногда в виде предположения (Тюлина, 1937).

Сторонники взгляда современного фронтального наступления леса на тундру нередко ссылаются на В. Р. Вильямса (1949, с. 70-83), выдвигнувшего гипотезу о завоевании тундровой зоны тайгой. Однако В. Р. Вильямс рассматривает это явление в историческом плане с позиций теории единого почвообразовательного процесса и обосновывает теоретически неизбежное продвижение леса на тундру, никогда прежде не покрывавшейся лесной растительностью. Известно, что современный полярный предел лесной растительности находится значительно (местами на несколько сот километров) южнее, чем в более раннюю эпоху голоцена. Поэтому гипотеза В. Р. Вильямса, хотя и очень стройная, но опирающаяся на ряд ошибочных положений, не может служить теоретическим обоснованием современного наступления леса на тундру.

Утверждения о современном наступлении леса на тундру подкрепляются обычно ссылками на работу Р. Григгса (Griggs, 1934), в которой опубликованы материалы о расселении ситхинской ели на о. Коднак на безлесную территорию, покрытую вулканическим пеплом. На почвах, покрытых вулканическим пеплом, наблюдался очень хороший рост ели, ширина годичных колец достигала 0,57 дюйма (1,4 см), а прирост в высоту — более 1 фута (30,5 см) в год. Ель на острове образует сомкнутые леса, диаметры стволов ее достигают 4 футов (свыше 120 см). Однако данные Григгса нельзя рассматривать в качестве доказательств наступления леса на тундру, ибо остров Коднак расположен в таежной зоне, где прирост ели равен по величине приросту в центральной части ее ареала, она продвигается на плодородные почвы из вулканического пепла медленно — 1 км за 60-65 лет, в то время как на бесплодных тундровых равнинах европейской части СССР, по утверждению В. Н. Андреева (1956), скорость движения лесного фронта достигает 200 м в год. С подобной скоростью древесная растительность якобы продвигается в тундру уже в течение 500 лет.

Современное наступление леса на тундру объясняют потеплением климата Арктики (Говорухин, 1938, 1947, 1957; Андреев, 1954, 1956; Тихомиров, 1954, 1956, 1962 и др.). Это кратковременное потепление, начавшееся в конце прошлого столетия, сменилось в 40-е годы текущего столетия похолоданием, хорошо выраженным в высоких широтах. Температура Северного полушария, возросшая за период потепления приблизительно на $0,6^{\circ}$, понизилась затем к середине 50-х годов на $0,2^{\circ}$ (Будыко, 1968; Gazella, 1968).

В. Н. Андреев (1956), обосновывая современное продвижение леса к северу потеплением климата, писал, что за период с 1942 по 1951 г. среднегодовая температура воздуха на европейском Севере повыси-

лась на $0,9^{\circ}$ по сравнению со среднепоголетней за период с 1881 по 1935 г. При этом среднеянварская температура повысилась на $1,3^{\circ}$, а среднеиюльская понизилась на $0,9^{\circ}$.

Поскольку рост деревьев на севере определяется не величиной среднегодовой температуры, а температурой летнего периода, главным образом температурой в течение июля (Тыртиков, 1955; Шнятов, 1970), очевидно, понижение среднеиюльской температуры приведет к ухудшению роста деревьев на северном пределе. По этому поводу В. Б. Сочава (1950) писал, что на северо-востоке Русской равнины так называемое потепление Арктики сказывается зимой, летом же усиливается приток атлантического полярного воздуха, действующий на лес отрицательно.

V. Erkamo (1956), С. Regel (1957) также обосновывают вывод о смещении лесной границы к северу улучшением климата, подкрепляя его ссылками на отмеченные работы Л. Н. Тюлиной (1936, 1937), Р. Григгса (Griggs, 1934) и др. Однако V. Erkamo (1956, S. 229) отмечает: "Продолжительность улучшения климата еще так коротка и ее следствия так слабо выражены, что четкое горизонтальное продвижение ареалов пока не может быть доказано".

Исследованиями на северном пределе леса в низовьях рек Индигирки, Яны, Енисея, Таза, Хатанги, Пура, Надыма, Оби и на междуречьях Таз-Енисейском, Пур-Тазовском, Обь-Надымском, на полуостровах Тазовском и Гыданском установлено всюду наличие наряду с крайне угнетенными, старыми, отмирающими древостоями, в которых нет подроста (рис. 1, 2), редколесий и лесов, образованных молодыми деревьями с широкими, густыми кронами, хорошее развитие подроста в них (рис. 3), а также на тундровых участках, на месте гарей лесов и редколесий и других обнаженных грунтах, образование молодых редколесий на пятнистых тундрах (Тыртиков, 1969, 1970, 1974, 1979).

Для оценки отмеченных двух групп фактов противоположного значения в вопросе о движении полярной границы леса необходимо исследовать динамику лесной растительности на ее северном пределе. Динамика полярной границы леса определяется естественными процессами развития лесной растительности и деятельностью человека. На северном пределе леса в Евразии ярко выражены процессы заболачивания лесов и редколесий и процессы непосредственной смены их тундрами.

ГЛАВА 2. ЗАБОЛАЧИВАНИЕ ЛЕСА НА СЕВЕРЕ

Заболачивание леса на северном пределе рассматривается многими исследователями как одна из главных причин отступления леса к



Рис. 1. Отмирающее лиственное редколесье на междуречье Обь - Надым (лесотундра).



Рис. 2. Отмирающее лиственное редколесье в долине р. Таз (лесотундра).



Рис. 3. Молодое лиственное редколесье с обилием подроста в пойме Поёлово-Яха (Тазовский полуостров).

югу. О вытеснении окраинных лесов европейского Севера болотами писал еще Р. Поле (Phole, 1903). Г. И. Тапфильев (1911, с. 192) отмечал, что в Тиманской тундре лес гибнет в результате заболачивания. Он довольно точно объяснил сущность этого процесса: "Отступление северной границы лесов к югу — явление роковое, неизбежное, обусловливаемое появлением на лесной почве торфа, плохого проводника тепла и вместе с ним мерзлоты, которая убивает дерево".

О заболачивании островов леса среди тундры на востоке Кольского полуострова сообщал Ю. Д. Цинзерлинг (1934). Надвигание болот на еловые редкоселья в Большеземельской тундре наблюдал В. Н. Андреев (1947). На Северном Урале все случаи отмирания деревьев связаны с изменением субстрата: заболачиванием, образованием заболоченных пятнистых тундр на месте лесов, выпосом мелкозема и оголением горючатокаменной породы (Сочава, 1930). В. А. Шелудякова (1938) писала, что на северо-востоке Якутии леса сменяются болотами.

Однако, в отмеченных выше работах, сам процесс заболачивания леса на северном пределе не рассматривается. Автором в период с 1952 по 1981 г. заболачивание лесов и редколесий исследовалось в различных районах севера Западной Сибири и Якутии.

Заболачивание редколесий на северном пределе в Западной Сибири

Наиболее северные редкоселья в Западной Сибири встречаются в долинах рек, где они располагаются на дренированных склонах речных террас и коренных берегов, а также в поймах.

Заболачивание редколесий наблюдалось только в поймах рек и рассматривается в данной работе на материалах, полученных в 1981 г. в пойме р. Пойлова-Яха (север Тазовского полуострова) на отрезке ее, расположенном в 50-60 км от впадения в Тазовскую губу. Север Тазовского полуострова характеризуется сплошной вечной мерзлотой, мощность которой достигает 300-400 м, а температура грунтов коренных берегов и междуречий достигает -7°.

Север Тазовского полуострова относится к полосе южных субарктических тундр (Александрова, 1977) или к подзоне южных кустарничковых тундр (Городков, 1916). По долине Пойлова-Яха лиственничные редкоселья проникают дальше всего на север на Тазовском полуострове. В верховьях и среднем течении этой реки редкоселья встречаются на склонах террас и коренных берегов, а также в пойме. На обследованном участке нижнего течения реки редкоселья распространены только в пределах поймы.

Вершины прирусловых валов возвышаются на 5-6 м над урезом воды в межень. На песчаных пляжах, примыкающих к склонам приру-

словых валов, цветковых растений нет. Отдельные экземпляры их поселяются только в верхних частях склонов прирусловых валов. Вершины и самые верхние части склонов прирусловых валов, примыкающие к пляжам, заняты **овсянищцево-хвощевыми** лугами с редким (покрытие не более 70%) травостоем, в котором преобладают *Festuca rubra* (10-30%) и *Equisetum arvense* (20-30%), встречаются *Aster sibiricus*, *Campanula rotundifolia*, *Cerastium fischerianum*, *Conioselinum vaginatum*, *Deschampsia borealis*, *Erigeron acer*, *Parnassia palustris*, *Polemonium boreale*, *Polygonum laxmanii*, *P. viviparum*, *Poa alpigena*, *P. arctica*, *Rumex graminifolius* и др.

На вершинах и верхних частях склонов прирусловых валов, обращенных к центральной пойме, среди травостоя встречаются небольшие (до 1 м) кусты ив (*Salix dasyclados*, *S. glauca*, *S. lanata*), ольхи (*Alnus fruticosa*) и подрост лиственницы (*Larix sibirica*). Песчаная слоистая почва протанивает на 130-150 см.

По мере накопления паюсов в памяваемой части поймы образуются новые прирусловые валы, а старые все дальше отступают от русла и слабее подвергаются воздействию ледоходов. Ложбины между валами заполняются иллом, и поверхность прирусловой поймы, примыкающей к центральной ее части, становится все более ровной. Одновременно с этим изменяется и растительность.

Лиственничные редкоселья травяно-кустарничково-хвощевые развиваются на месте овсянищцево-хвощевых лугов, сменяя их во времени. Невысокие (4-7 м) лиственницы с сильноосежистыми стволами, диаметры которых 5-20 см, обычно с густыми кронами (диаметры их до 5 м), образуют редкие насаждения (сомкнутость кроны около 0,1). Древостой разновозрастный.

В редком подлеске (сомкнутость полога 0,2-0,4) высотой 1-3 м преобладает ольха, встречаются ивы, отмеченные на дугу, и карликовая береза (*Betula nana*).

В травяно-кустарничковом ярусе высотой до 20-30 см преобладают разные виды на разных участках: водяника (*Empetrum nigrum*) — 20-40%, хвощ (*Equisetum arvense*) — 10-40%, княженика (*Rubus arcticus*) — 10-30%, голубика (*Vaccinium uliginosum*) — 10-20%, полынь (*Artemisia tilesii*) — 10-20%; часто встречаются: *Arctous alpina*, *Aster sibiricus*, *Campanula rotundifolia*, *Carex vaginata*, *Conioselinum vaginatum*, *Crepis nigrescens*, *Dianthus repens*, *Erigeron acer*, *Festuca rubra*, *F. ovina*, *Ledum palustre*, *Poa alpigena*, *P. arctica*, *Polemonium acutiflorum*, *P. boreale*, *Pyrethrum bipinnatum*, *Rumex acetosa*, *Salix nummularia*, *Solidago virgaurea*, *Salix reticulata*, *Tofieldia nutans*, *Trisetum spicatum*, *Vaccinium uliginosum*, *V. vitis-idaea*. Общее покрытие яруса 60-80%.

Напочвенный покров развит слабо (покрытие 20-30%), встречаются отдельные куртинки лишайников: *Alectoria ochroleuca*, *A. nigricans*, *Cetraria cucullata*, *C. islandica*, *Cladonia amaurocraea*, *C. alpestris*, *C. coccifera*, *C. deformis*, *C. gracilis*, *C. mitis*, *C. rangiferina*, *C. uncialis*, *Cornicularia divergens*, *Nephroma arcticum*, *Peltigera aphthosa*, *Stereocaulon paschale* и мхов: *Aulacomnium turgidum*, *Polytrichum strictum*, *P. commune*, *P. juniperinum*, *P. hyperboreum*, виды рода *Dicranum*. На почве видны свежие напосы песка, растительных остатков, обнаженный грунт, где растительный покров содрап ледяными.

На обнаженных и слабозаросших участках прорастают семена лиственницы, проростки укореняются и хорошо приживаются. Об этом свидетельствует наличие довольно многочисленного подроста. На отдельных участках размером в 100 кв. м. насчитывается до 30 экземпляров хорошо развитого подроста лиственницы высотой от 0,2 до 3,0 м, прирост верхушечных побегов достигает 20-25 см в год. Песчаная слоистая почва протанивает на 120-150 см.

Охарактеризованные редколесья отличаются большим разнообразием трав, кустарничков и групповым распределением растений. Фактически это еще луг с отдельными деревьями и группами кустарничков. Постоянное воздействие ледохода уничтожает отдельные лиственницы.

По мере повышения уровня поверхности поймы количество отлагаемого иллка уменьшается; ил, песок не покрывают травы, кустарнички и напочвенный покров. Старые прирусловые валы отдаляются от русла при отступании реки и попадают в условия пойменного режима, характерного для центральной поймы. Одновременно с этим разрастаются ольха и травы.

Лиственничные редколесья с подростом из ольхи хвощевые сменяют лиственничные редколесья травяно-кустарничково-хвощевые.

Лиственницы высотой 4-8 м (диаметры их стволов 15-25 см) с раскидистыми (до 6 м в диаметре) кронами образуют редколесья (сжатость крон 0,2-0,3). Для редколесий характерен густой подрост (сжатость полога 0,6-0,8), в котором преобладает ольха высотой 2,5-4,5 м, встречается ива (*Salix lanata*), под их пологом изредка — *S. glauca*, жимолость (*Lonicera coerulea*) и карликовая береза, высота этих кустарников до 1 м.

В травостое господствует хвощ (*Equisetum arvense*) — 30-60%, местами господствуют вейник (*Calamagrostis langsdorffii*) — 10-20%, мятлик (*Poa nemoralis*) — 20-30%, княженика (*Rubus arcticus*) — 10-20%; часто встречаются *Artemisia tilesii*, *Conioselinum vaginatum*, *Geranium albiflorum*, *Myosotis palustris*, *Saxifraga punctata*, *Solidago virgaurea*, *Trollius asiaticus*, *Veratrum lobelianum*, *Veronica longifolia*, *Viola*

epipsila: изредка — *Archangelica decurrens*. Мхов и лишайников почти нет. Высота основной массы травостоя 30-40 см, генеративных побегов вейника до 1,5 м, *Archangelica decurrens* до 1,2 м.

Подрост лиственницы не развивается из-за сильного затенения кустарниками и травами.

Почва — дерновая, слабоподзоленная, песчаная, промерзает обычно не глубже 80 см, так как кустарники задерживают много снега, переносимого с незакустаренных участков поймы и коренных берегов. Сезонномерзлый слой почвы под такими редколесьями протанивает полностью в течение части лета, а затем оттаивает вечная мерзлота, верхняя поверхность которой постепенно понижается.

Азотофиксирующие микроорганизмы в клубеньках на корнях ольхи снабжают почву соединениями азота. При разложении опада ольхи почва также обогащается соединениями азота и другими элементами минерального питания растений. Пышное развитие трав и кустарников свидетельствует о богатстве почв этих редколесий.

В процессе развития этих редколесий травы открытых лугов и хвощ вытесняются злаками, особенно разрастается вейник.

Лиственничные редколесья с подростом из ольхи вейниковые сменяют лиственничные редколесья с подростом хвощевые.

Древостой редколесий характеризуется наибольшей сомкнутостью (до 0,4, в сущности это уже редкостойный лес), наибольшим приростом в толщину (ширина годичных колец у 37-летней лиственницы в среднем была равна 2,6 мм) и в высоту (средний прирост в высоту этой лиственницы составлял 15,4 см в год), наиболее густыми и широкими кронами (до 7 м диаметром). Диаметры стволов лиственницы достигают до 30 см, а высота до 10-12 м.

Подрост по составу не отличается от охарактеризованного в редколесье с преобладанием хвоща (см. с. 16), но менее сомкнут (сжатость полога 0,4-0,6).

В первом травяном ярусе высотой 60-130 см господствует вейник (*Calamagrostis langsdorffii*) 50-80%; часто встречаются *Geranium albiflorum*, *Poa alpigena*, *P. nemoralis*, *Polemonium acutiflorum*, *Saxifraga punctata*, *Trollius asiaticus*, *Veratrum lobelianum*, *Veronica longifolia*, изредка *Archangelica decurrens*.

Во втором травяном ярусе высотой 10-30 см преобладает княженика (20-30%), обилие хвощ (10-20%), часто встречаются *Festuca ovina*, *Luzula parviflora*, *Lycopodium annotinum*, *Pyrola minor*. Общее покрытие трав под густыми зарослями ольхи — 20-40%, на прогалинах — до 95%. Мхов и лишайников очень мало. Подрост лиственницы не развивается.

Почва — дерновая, слабоподзолистая, песчаная.

В редколесье накапливается подстилка, состоящая в основном из отмерших побегов вейника. Рыхлая, слаботеплопроводная подстилка замедляет прогревание и протаивание почвы. По мере ее накопления сезонномерзлый слой почвы протаивает все позднее. Наконец, наступает момент, когда этот слой уже не успевает протаять весь в течение лета, образуются перелетки мерзлой почвы на глубине 60-80 см.

Возникновение перелетков резко изменяет протаивание, влажность и температуру почвы. Водонепроницаемый мерзлый грунт препятствует просачиванию влаги вниз, поэтому вода, поступающая в почву, переувлажняет надмерзлотные слои, полностью вытесняя из них воздух. При промерзании переувлажненной почвы, расположенной над перелетками, образуется значительно больше льда, чем в почве, не подстилаемой мерзлым грунтом. На оттаивание такой почвы затрачивается больше тепла, чем на оттаивание почвы, под которой нет перелетки. Вследствие этого глубина протаивания почвы после образования перелетков резко уменьшается и нижние ее горизонты переходят в вечномерзлое состояние. С момента образования перелетков оттаивающий слой почвы промерзает полностью в течение части зимы, а затем промерзают слои грунта, расположенные ниже перелетков. Таким путем под листовишничными редколесьями образуется вечная мерзлота на глубине 30-50 см. Температура почвы при этом сильно понижается, так как вечная мерзлота, залегающая близко к поверхности почвы, оказывает охлаждающее влияние на почву. Кроме того, в надмерзлотных горизонтах почвы образуется значительно больше льда, чем в почве, не подстилаемой вечной мерзлотой, на оттаивание его расходуется много тепла.

Вечная мерзлота, препятствуя движению воды в почве вниз, затрудняет принос в почву растворенного в воде кислорода, а проникновение воздуха в нее невозможно, так как все поры заполнены водой. Вследствие этого в надмерзлотных слоях почвы разложение органических остатков совершается в анаэробных условиях, что вызывает отложение почвы.

Значительное уменьшение глубины оттаивания почвы вызывает ее переувлажнение и заболачивание. Под слоем вейниковой подстилки толщиной 10-20 см минеральные слои почвы протаивают не глубже, чем на 20-40 см. В течение вегетации эти слои либо мерзлые, либо переувлажнены. В переувлажненных слоях почвы рост и развитие корней деревьев и кустарников невозможен, поэтому они отмирают.

Поскольку корни ольхи развиваются почти исключительно в минеральных слоях почвы, заболачивание их вызывает быстрое отмирание этого кустарника. Корни листовишницы более устойчивы к заболачиванию, ибо, в то время как вертикальные корни ее постепенно гибнут по мере подъема уровня надмерзлотных вод, горизонтальные, приповерхностные корни, расположенные на границе подстилки и минеральной части почвы, продолжают функционировать. Окончания этих приповерхностных корней растут в хорошо аэрируемой и достаточно увлажненной подстилке, отклоняясь вверх по мере ухудшения аэрации при подъеме уровня надмерзлотных вод и увеличения заболаченности этого слоя почвы. Они образуют молодые всасывающие и микоризообразующие корни в подстилке. Эта особенность корневой системы листовишницы сибирской позволяет ей многие десятилетия существовать в условиях заболачивающейся почвы и подъема уровня вечной мерзлоты.

Одновременно с заболачиванием, понижением температуры и уменьшением глубины протаивания почвы наблюдается ухудшение питательных ее качеств. Почва обедняется элементами минерального питания растений вследствие: 1) ослабления разложения органических остатков в ней и на ее поверхности при понижении температуры и ухудшении аэрации; 2) уменьшения поступления опада листьев ольхи и других кустарников и трав в связи с их изреживанием и угнетением роста; 3) ослабления фиксации азота микроорганизмами в клубеньках на корнях ольхи по мере отмирания корней; 4) уменьшения объема почвы, используемого корнями в результате заболачивания и уменьшения глубины оттаивания почвы.

В ходе общего ухудшения почвенно-грунтовых условий травы постепенно выпадают и сменяются менее требовательными к богатству почв кустарничками. Одновременно с заболачиванием почвы и уменьшением опада листьев ольхи и пв развиваются сфагновые мхи.

Лиственничные редколесья сфагновые сменяют таким путем листовишничные редколесья с подлеском из ольхи вейниковые.

Листвишницы высотой 3-8 м с редкими кронами (диаметры их 1-5 м), диаметры стволов — 5-30 см образуют редколесье (сомкнутость кроны около 0,1). Встречается много сухостоя и листовишниц с сухими вершинами, на ветвях обильно лишайников. Подрост крайне редкий и очень угнетен.

В подлеске высотой до 1 м преобладает карликовая береза, верушки побегов ее нередко сухие, встречается *Salix glauca* и отмирающие, почти засохшие кусты ольхи. Сомкнутость полога — 0,2-0,4.

В травяно-кустарничковом ярусе высотой до 20 см господствует морошка (*Rubus chamaemorus*) — 20-40%; обильны голубика (*Vaccinium uliginosum*) — до 10%, брусника (*V. vitis-idaea*) — до 10%, водяника (*Empetrum nigrum*) — до 10%, багульник (*Ledum palustre*) — до 10%, клюква (*Oxycoccus microcarpus*); изредка встречаются *Arctagrostis latifolia*, *Calamagrostis neglecta*, *C. lapponica*, *Eriophorum vaginatum*. Общее покрытие яруса 30-50%.

В сплошном напочвенном покрове господствуют *Sphagnum angustifolium* (40-60%), *S. girgensohnii* (30-50%), часто встречаются *S. fimbriatum* (10-20%), *S. balticum* (10-20%), *Aulacomnium palustre* (10-20%), *A. turgidum* (10-20%), *Polytrichum commune* (10-20%), *Tomenthypnum nitens* (10-20%), *Sphagnum lenense* (10-20%), *Cetraria islandica*, *C. cucullata*, *Cladonia alpestris*, *C. cornuta*, *C. gracilis*, *C. mitis*, *C. rangiferina*, *Dactylina arctica*, *Peltigera aphthosa*, *Thamniolia vermicularis*. Почва — торфяно-глеевая. Под слабообразовавшимся сфагновым торфом, мощностью 15-30 см, залегает голубоватый мелкий иловатый песок, вечноммерзлый на глубине 25-40 см.

Поскольку в южной лесотундре Западной Сибири ежегодно под сфагновыми редколесьями накапливается слой рыхлого сфагнового торфа мощностью около 0,6 см (Гыртыков, 1974), вероятно, в данном редколесье, расположенном севернее, ежегодно откладывается приблизительно 0,5 см такого торфа. Максимальная мощность торфа в сфагновых редколесьях в пойме Пойлова-Яха не превышала 30 см, следовательно, данная стадия продолжалась около 60 лет.

В сфагновых редколесьях корни лишайницы, расположенные в минеральных слоях почвы, скованных вечной мерзлотой или переувлажненных, отмирают. По мере нарастания сфагновых мхов и накопления торфа на нижних частях стволов лишайниц, заросших мхами, развиваются придаточные корни, поддерживающие жизнь деревьев. Прогрессирующее обеднение почвы элементами минерального питания растений с нарастанием сфагновых мхов и отмиранием ольхи отражается на росте лишайниц. Толщина годичных колец лишайницы, выросшей в сфагновом редколесье, в среднем была 0,35 мм, т. е. прирост в толщину сократился более чем в 7 раз по сравнению с приростом в лишайничном редколесье с подлеском из ольхи.

По мере отмирания ольхи уменьшается количество снега в редколесье. Снег, не задерживаемый кустарниками, сползает в понижения и сильнозакустаренные участки поймы. С уменьшением высоты снега угнетается рост карликовой березы, ее веточки, выступающие над поверхностью снега, обмерзают, и высота ее таким путем посте-

пенно уменьшается, что вызывает дальнейшее уменьшение задержки снега. Очевидно, при этом уменьшается и поступление снеговой воды в почву и на ее поверхность, что неблагоприятно сказывается на развитии сфагновых мхов. Эти мхи не переносят длительного высыхания и в засушливые периоды лета гибнут. В таких условиях в напочвенном покрове постепенно увеличивается количество лишайников.

Лиственничные редколесья лишайниковые сменяют лишайничные редколесья сфагновые. Лиственницы высотой 3-8 м, диаметры их стволов 5-30 см, обычно суховершинные с редкими кронами, диаметры которых 0,5-4,0 м, и обилем лишайников на ветвях, образуют редкое насаждение (сомкнутость кроны не более 0,1). Редкий (сомкнутость полога 0,1-0,2) подлесок высотой 0,6-0,8 м образован карликовой березой и ивами (*Salix glauca*, *S. pulchra*).

В травяно-кустарничковом ярусе высотой 10-30 см обильны морошка (до 10%), багульник (до 10%), голубика, брусника, водяника, пушица (*Eriophorum vaginatum*); изредка встречаются *Arctagrostis latifolia*, *Calamagrostis neglecta*, *Carex hyperborea*. Общее покрытие яруса 20-40%.

В сплошном напочвенном покрове преобладают лишайники: *Cladonia alpestris* (20-40%), *C. mitis* (10-20%), *C. rangiferina* (10-20%), *Cetraria cucullata* (10-20%), *C. islandica* (10-20%), *Alectoria ochroleuca* (до 10%), *Cornicularia divergens* (до 10%); часто встречаются *Alectoria nigricans*, *Cladonia amaurocraea*, *C. coccifera*, *C. cornuta*, *C. deformis*, *C. gracilis*, *C. uncialis*, *Dactylina arctica*, *Peltigera aphthosa*, *Sphaerophorus globosus*, *Thamniolia vermicularis*; из мхов обычны *Polytrichum strictum* (10-20%), *Sphagnum lenense* (10-20%), *S. angustifolium* (до 10%), *Dicranum angustum*, *D. elongatum*, *Aulacomnium turgidum* и др.

Почва — торфяно-глеевая иловато-мелкопесчаная, вечная мерзлота залегает на глубине 30-50 см.

Толстый (до 10 см) мохово-лишайниковый покров препятствует развитию всходов лишайницы в таких редколесьях, ибо корни проростков висят в лишайниково-моховом ковре и высыхают в засушливый период лета, не достигнув почвы. Поскольку подрост не развивается, а старые деревья постепенно отмирают, на месте редколесья образуется тундра.

Кустарничково-мохово-лишайниковые тундры сменяют лишайничные редколесья лишайниковые.

В травяно-кустарничковом ярусе высотой до 20 см обильны: багульник (10-20%), водяника (10-20%), карликовая береза (до 10%), го-

лубика (10-20%), брусника (10-20%), морошка (10-20%), пушица (*Eriophorum vaginatum*, 10-20%), *Carex hyperborea*, изредка встречаются *Arctagrostis latifolia*, *Calamagrostis neglecta*. Общее покрытие яруса 30-60%.

В сплошном папочвенном покрове преобладают лишайники: *Alectoria ochroleuca* (10-20%), *A. nigricans* (10-20%), *Cornicularia divergens* (10-20%), *Cetraria cucullata* (10-20%), *C. islandica* (10-20%), *Cladonia alpestris* (10-20%), *C. mitis* (10-20%), *C. rangiferina* (10-20%), *Thamnia vermicularis* (до 10%); часто встречаются *Cetraria nivalis*, *Cladonia amaurocraea*, *C. coccifera*, *C. cornuta*, *C. deformis*, *C. uncialis*, *C. gracilis*, *Dactylina arctica*, *Nephroma arcticum*, *Peltigera aphthosa*. Мхи местами занимают до 30% поверхности тундры, среди них обильны *Aulacomnium turgidum* (до 10%), *Polytrichum strictum* (до 10%), *P. hyperboreum*, *Ptilidium ciliare* (10-20%), *Sphagnum lenense* (10-20%), *S. angustifolium*, *S. fimbriatum*, виды рода *Dicranum*, отмеченные в лишайниковом редколесье.

Почва — торфяно-глеевая или торфяно-глеевая пловато-песчаная, вечная мерзлота залегает на глубине 30-50 см от поверхности папочвенного покрова.

Таким образом, лишайничные редколесья развиваются в прирусловой пойме высокого уровня, где всходы семян лишайницы находят благоприятные условия для укоренения и развития на обжитых или слабозаросших участках. Одновременно с подростом лишайницы развивается и подлесок. Формирование густого кустарничкового яруса в редколесьях способствует накоплению снега и замедляет охлаждение и промерзание грунтов, повышает температуру грунтов (табл. 1). Одновременно понижается верхняя поверхность вечной мерзлоты.

Накопление войничковой подстилки в редколесьях замедляет протаивание почвы и способствует образованию водоупорного слоя вечной мерзлоты на глубине несколько десятков сантиметров, что вызывает заболачивание почвы и изменение всего комплекса почвенных условий в сторону, неблагоприятную для роста деревьев и кустарников. В результате лишайничные редколесья с травяным покровом заболачиваются, древостой и подлесок изреживаются, на смену им приходят лишайничные редколесья сфагновые.

Изреживание древостоя и гибель кустарников в процессе развития лишайничных редколесий сфагновых влечет уменьшение количества снега в них и смену сфагновых мхов лишайниками. На месте заболоченных лишайничных редколесий сфагновых развиваются лишайничные редколесья лишайниковые.

Таблица 1

Изменение глубины протаивания почвы и температуры грунтов в процессе смен растительного покрова в пойме р. Пойлова-Яха, Тазовский полуостров (1 — стадия развития растительного покрова; 2 — сомкнутость кроны; 3 — сомкнутость полога подлеска; 4 — покрытие (%) трав и кустарников; 5 — покрытие мхов и лишайников; 6 — толщина папочвенного покрова, см; 7 — толщина торфяного слоя, см; 8 — глубина протаивания, см; 9 — температура грунтов на глубине 5 м).

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Овсянничково-хвощевые дуга	нет	нет	40-70	нет	нет	нет	130-150	-3--4°
Лишайничные редколесья травяно-кустарничково-хвощевые	0,1	0,2-0,4	60-80	20-30	3-5	нет	120-150	-3--4°
Лишайничные редколесья с подлеском из ольхи хвощевые	0,2-0,3	0,6-0,8	30-70	нет	нет	нет	*	+3--1°
Лишайничные редколесья с подлеском из ольхи войничковые	0,3-0,4	0,4-0,6	20-95	нет	нет	5-20	30-50	+1--2°
Лишайничные редколесья сфагновые	0,1	0,2-0,4	30-50	100	7-10	15-30	25-40	-4--5°
Лишайничные редколесья лишайниковые	0,1	0,1-0,2	20-40	100	7-10	20-40	30-50	-4--5°
Кустарничково-мохово-лишайниковые тундры	нет	нет	30-60	100	5-10	20-30	30-50	-5--7°

* — сезонномерзлый слой

Всходы семян лишайницы не способны укореняться на почве, покрытой толстым лишайниковым или моховым ковром, старые деревья в лишайничных редколесьях лишайниковых отмирают и на их месте образуются кустарничково-лишайниковые тундры.

Поскольку всходы семян лишайницы успешно приживаются только на дугах и в лишайничных редколесьях травяно-кустарничково-хвощевых в прирусловой пойме, где образуется хороший подрост, можно предположить, что последовательная смена лишайничных редколесий, охарактеризованная выше, совершается за период жизни одного поколения деревьев. Все деревья, спиленные в лишайниковых редколесьях, были поражены сердцевинной гнилью, поэтому точный возраст их установить не удалось. Судя по сохранившимся периферическим участкам древесины, где эти кольца хорошо различимы, можно предположить, что возраст лишайниц — 150-250 лет.

Заболачивание лиственничных редколесий и редкостойных лесов на северо-востоке Якутии

Наиболее северные редколесья и редкостойные леса на северо-востоке Якутии расположены в пойме р. Яны, где северная граница их проходит севернее поселка Усть-Янск под 71°15' с. ш. В пойме р. Индигирки наиболее северные редколесья отмечены нами в окрестностях поселка Чекурдах (под 70°15' с. ш.).

Приморская низменность в пределах от Яны до Индигирки характеризуется резко континентальным климатом, незначительным (немного более 100 мм в год) количеством осадков и очень суровой вечной мерзлотой: температура грунтов — -11 — -13°. Несмотря на незначительное количество осадков, наблюдается заболачивание редколесий и редкостойных лесов. Процесс заболачивания редколесий исследовался в прирусловых и центральных частях пойм рек Яны и Индигирки, а также на коренных берегах этих рек.

Заболачивание лиственничных редкостойных лесов в прирусловой пойме р. Яны

Сплошной растительный покров в прирусловой пойме р. Яны развивается только на высоких ее уровнях, так как низкая и средняя части поймы на продолжительное время и неоднократно заливаются весенними и летними паводками. Летние подъемы воды часто значительно выше и более продолжительны, чем весенние.

В верхних частях склонов прирусловых валов развиваются **щучково-хвощевые луга**. В травостое преобладают *Deschampsia borealis* (10-30%) и *Equisetum arvense* (30-40%); часто встречаются *Poa pratensis* (10-20%); реже — *Alopecurus borealis*, *Arctagrostis latifolia*, *Cardamine pratensis*, *Carex saxatilis*, *Cerastium fischerianum*, *Festuca rubra*, *Polemonium acutiflorum*, *Polygonum viviparum*, *Saxifraga cernua*, *Stellaria longipes*, *Taraxacum officinale*. Высота основной массы травостоя в конце августа 25-30 см, покрытие 70-80%. На лугу встречаются молодые кустники ивы (*Salix speciosa*, *S. phylicifolia*, *S. reptans* и ольхи (*Alnus fruticosa*), а также подрост лиственницы (*Larix cajanderi*).

Иловато-песчаная почва протанвает на 110-130 см.

Ольхово-ивовые кустарники сменяют щучково-хвощевые луга на вершинах прирусловых валов.

В кустарниковом ярусе высотой до 2,5-3,0 м преобладают ольха и ивы, из которых часто встречаются *Salix phylicifolia*, *S. glandulifera*, *S. anadyrensis*, *S. glauca*, *S. reptans*, а также смородина (*Ribes triste*). Сомкнутость полога 0,5-0,7.

На прогалинах обильно хвоща (10-20%), злаков и разнотравья. Среди злаков преобладают *Poa pratensis* (10-30%), *P. alpigena* (10-20%), *Arctagrostis latifolia* (10-20%), *Calamagrostis langsdorffii* (10-30%); из разнотравья — *Rubus arcticus* (10-20%), встречаются все виды трав, характерные для щучково-хвощевого луга, а также *Astragalus alpinus*, *A. frigidus*, *Artemisia tilesii*, *Allium schoenoprasum*, *Atropis distans*, *Calamagrostis lapponica*, *Chrysosplenium alternifolium*, *Delphinium middendorffii*, *Pedicularis lapponica*, *P. sceptrum-carolinum*, *P. sudetica*, *Saxifraga punctata*, *Valeriana capitata*.

Под кустарниками травостой редкий (покрытие 20-40%), на прогалинах сомкнутый (покрытие до 90%).

Почва дерново-луговая иловато-песчаная протанвает на 80-110 см.

Видны свежие паюсы песка, ила, растительных остатков, а также обнаженные участки, где растительный покров содран льдинами. Всходы лиственницы появляются на обнаженных участках, паюсах среди прогалин, где и приживаются, образуя подрост. На площадке 100 кв. м насчитывается до 20 экземпляров подроста высотой от 0,2 до 3,0 м. В дальнейшем под кустарниками развивается древесный ярус.

Лиственничные редкостойные леса с подростом из ольхи и ив, травяные сменяют ольхово-ивовые кустарники.

Лиственницы высотой 5-10 м, диаметры их стволов 7-20 см, с густыми симметричными кронами, диаметры которых достигают 4-6 м, образуют редкий ярус (сомкнутость крон 0,3-0,5). В подросте высотой от 0,8 до 3,5 м обычны ольха, ивы, отмеченные в ольхово-ивовых кустарниках, а также смородина (*Ribes triste*), карликовая береза (*Betula exilis*) и шиповник (*Rosa acicularis*), сомкнутость полога 0,4-0,7.

В травяном ярусе высотой от 40 до 80 см преобладает *Calamagrostis langsdorffii* (30-50%), часто встречаются *Arctagrostis arundinacea*, *Calamagrostis lapponica*, *Delphinium middendorffii*, *Saxifraga punctata*.

Во втором травяном ярусе высотой 15-30 см преобладает княженика (*Rubus arcticus*, 20-40%), хвощ (*Equisetum arvense*, 20-30%), часто встречаются *Chrysosplenium alternifolium*, *Poa pratensis*, *Polygonum viviparum*, *Pyrola incarnata*, *Stellaria longipes*. Общее покрытие трав 30-70%. Среди травостоя изредка встречаются кустарнички *Ledum decumbens*, *Vaccinium uliginosum*, *Empetrum nigrum*.

Напочвенный покров развит слабо (общее покрытие не более 30%), преобладает *Drepanocladus uncinatus*.

Дерновая слабоподзоленная песчаная почва протанвает на 70-100 см.

По мере повышения уровня поверхности поймы в результате отложения аллювия продолжительность затопления высокой поймы со-

кращается, напка откладывается мало и он не препятствует развитию мхов. Русло реки отступает в направлении размываемого берега, и вершины старых прирусловых валов мало подвергаются воздействию ледохода, понижения между валами заполняются пойменными отложениями, поверхность поймы выравнивается. На таких участках прирусловая пойма незаметно переходит в центральную. В то же время ближе к руслу образуются новые прирусловые валы. В этот период в редкостойных лесах развиваются мхи, травы сменяются кустарничками, многие пвы выпадают, так как подрост их не развивается в густом травостое и на сплошном моховом ковре.

Лиственничные редкостойные леса с подлеском из ольхи зеленомоховые сменяют таким путем лиственничные редкостойные леса с подлеском из ольхи и из травяные.

Лиственницы достигают в них наиболее крупных размеров (высота 7-15 м, диаметры стволов 10-35 см, диаметры кроны 4-7 м), сомкнутость кроны 0,3-0,5. В подлеске — ольха, карликовая береза, шиповник, смородина, редко пвы (*Salix glauca*, *S. phylicifolia*). Сомкнутость полога подлеска 0,2-0,5.

В травяно-кустарничковом ярусе преобладают голубика (10-20%), багульник (*Ledum decumbens*, 10-20%), часто встречаются водяника (*Empetrum nigrum*), брусника, морошка, *Arctagrostis latifolia*, *Calamagrostis lapponica*, *Pyrola incarnata*, *Saxifraga cernua*, *S. punctata*. Общее покрытие яруса 30-60%.

В сплошном напочвенном покрове преобладают *Pleurozium schreberi* (20-30%), *Hylocomium splendens* (10-30%), *Tomenthypnum nitens* (10-30%), *Aulacomnium turgidum* (10-20%), *A. palustre* (10-20%), *Ptilidium ciliare* (10-20%); встречаются *Cetraria islandica*, *Peltigera aphthosa*.

Торфянисто-глеевая иловато-песчаная почва протанивает на 30-60 см.

С развитием сплошного напочвенного покрова образуется торфянистый горизонт почвы, состоящий в основном из остатков мхов. Слаботеплопроводные в сухом состоянии моховой покров и торфянистый слой сильно затрудняют прогревание и замедляют протанивание почвы. В результате этого глубина протанивания почвы в редкостойных лесах с покровом из зеленых мхов значительно уменьшается по сравнению с таковой в редкостойных лесах, где нет сплошного мохового покрова. При накоплении торфянистого слоя толщиной 10-15 см глубина протанивания почвы в редкостойных лесах уменьшается до 30-40 см, считая от поверхности мха. Столь близкое залегание вечной мерзлоты вызывает заболачивание почвы, угнетение роста деревьев и кустарников, смену зеленых мхов сфагновыми. Часть деревьев при

этом отмирает, редкостойный лес разреживается и превращается в редколесье.

Лиственничные редколесья сфагновые сменяют лиственничные редкостойные леса с подлеском из ольхи зеленомоховые.

Редколесья характеризуются крайней угнетенностью древостоя. Кроны деревьев узкие, вершины обычно сухие, на ветвях больше лишайников, чем хвои. Много сухостоя. Диаметры стволов лиственниц 5-30 см, высота 3-10 м, диаметры кроны 0,5-3,0 м. Сомкнутость кроны 0,1-0,2.

В редком (сомкнутость полога 0,1-0,2) подлеске — сильноугнетенная отмирающая ольха, а также карликовая береза, *Salix glauca*, *S. pulchra*.

В травяно-кустарничковом ярусе высотой до 30 см преобладают морошка (*Rubus chamaemorus*) — 30-40%, багульник — 10-20%, пушица (*Eriophorum vaginatum*) — 10-20%, часто встречаются голубика, брусника, клюква (*Oxycoccus microcarpus*), андромеда (*Andromeda polifolia*), кассандра (*Cassandra calyculata*), *Smilacina trifoliata*. Общее покрытие яруса — 30-50%.

В сплошном напочвенном покрове преобладают *Sphagnum balticum* (30-50%), *S. acutifolium* (20-40%), часто встречаются *Aulacomnium palustre* (10-20%), *A. turgidum* (до 10%), *Tomenthypnum nitens* (10-20%), *Ptilidium ciliare* (10-20%), *Cetraria cucullata*, *C. islandica* (10-20%), *Cladonia amaurocraea*, *C. cornuta*, *C. gracilis*, *C. rangiferina*.

Почва — торфяно-глеевая, протанивает на 20-40 см.

С накоплением сфагнового мха и ростом мхов поверхность почвы в редколесье повышается, почва становится все беднее элементами минерального питания растений, что влечет отмирание кустарников и лиственниц. По мере гибели кустарников и деревьев сфагновые мхи сменяются видами *Dicranum*, печепочниками и другими мхами и лишайниками.

Ерниковые тундры сменяют лиственничные редколесья сфагновые.

В травяно-кустарничково-кустарничковом ярусе высотой до 40 см преобладают карликовая береза (30-50%), багульник (20-40%), морошка (10-30%), пушица (*Eriophorum vaginatum*) — 10-20%, часто встречаются пвы (*Salix pulchra*, *S. myrtilloides*), андромеда, кассандра, брусника, голубика. Общее покрытие яруса — 70-90%.

В напочвенном покрове, занимающем 50-80% поверхности почвы, преобладают *Aulacomnium turgidum* (10-20%), *Hylocomium splendens* (10-20%), *Pleurozium schreberi* (10-20%), *Ptilidium ciliare* (10-30%), *Tomenthypnum nitens* (10-30%), *Sphagnum balticum* (10-20%), *S. acutifolium* (10-20%), *S. russozii* (10-20%), дикрановые мхи (10-30%).

Встречаются отмирающие лиственницы, подрост лиственницы пет. Торфяно-глеевая почва протаивает на 20-40 см.

Ериковыми тундрами завершается развитие растительного покрова в прирусловой пойме Яны.

Итак, лиственничные редкостойные леса развиваются в прирусловой части поймы Яны высокого уровня, где всходы семян лиственницы укореняются и хорошо приживаются на обнаженных или слабо заросших участках.

Развитие мохового покрова и образование торфянистого горизонта в редкостойных лесах, замедляя прогревание и протаивание почвы, влечет поднятие верхней поверхности вечной мерзлоты и, благодаря этому, заболачивание почвы. Одновременно с заболачиванием почвы типичные лесные зеленые мхи сменяются сфагновыми (табл. 2).

Прогрессирующее понижение температуры почвы, обеднение ее элементами минерального питания для растений, ухудшение аэрации по мере нарастания сфагновых мхов и накопления торфа в редколесьях угнетают рост деревьев и вызывают отмирание корней, ведущее к гибели древостоя и смене редколесий тундрами.

Заболачивание редколесий в центральной и притеррасной частях пойм рек Яны и Индигирки

Центральные и притеррасные части рек пойм Яны и Индигирки

Таблица 2

Изменение глубины протаивания почвы в процессе смен растительного покрова в прирусловых частях пойм рек Яны и Индигирки (1 — стадии развития растительного покрова; 2 — сомкнутость кроны; 3 — сомкнутость полога подлеска; 4 — покрытие трав, кустарничков, %; 5 — покрытие мхов и лишайников, %; 6 — толщина напочвенного покрова, см; 7 — толщина торфяного слоя, см; 8 — глубина протаивания, см)

1	2	3	4	5	6	7	8
Щучково-хвощевые дуга	нет	нет	70-80	нет	нет	нет	110-130
Ольхово-пихтовые кустарнички	нет	0,5-0,7	20-90	нет	нет	нет	80-110
Лиственничные редкостойные леса с подлеском из ольхи травяные	0,3-0,5	0,4-0,4	30-70	нет	нет	нет	70-100
Лиственничные редкостойные леса с подлеском из ольхи зеленомоховые	0,3-0,5	0,2-0,5	30-60	100	5-8	5-15	30-60
Лиственничные редколесья сфагновые	0,1-0,2	0,1-0,2	30-50	100	5-10	20-40	20-40
Ериковые тундры	нет	нет	70-90	60-80	5-10	20-50	20-40

заняты в основном полигональными болотами. Они представляют собою сеть прямоугольников размером от 7x10 до 20x30 м, разделенных трещинами или канавами. Центральные части полигонов волнистые, заболоченные, нередко с озерами, окружены валиками шириной 1-4 м либо плоские без валиков. Внутренние, обращенные к центрам полигонов, склоны валиков обычно пологи; внешние, примыкающие к трещинам-канавам, — более крутые, местами отвесные. На дне трещин, как правило, вода, под которой залегают клиновидные так называемые полигонально-жильные льды, простирающиеся вглубь на несколько метров.

Наиболее пониженные участки центральной поймы, покрываемые несколько раз летом и зимой на продолжительное время водой, не покрыты цветковыми растениями.

По мере отложения налупа и повышения уровня поверхности поймы уменьшается период затопления и таким образом создаются условия для поселения растений. Они поселяются вначале на наиболее повышенных частях полигонов-валиков, которые менее продолжительное время покрываются водой по сравнению с другими участками. Первыми поселенцами на валиках выступают осока (*Carex aquatilis*) и пушица (*Eriophorum angustifolium*), развивающиеся на гребнях валиков. По мере дальнейшего повышения уровня поверхности поймы период затопления валиков постепенно уменьшается, что создает условия для поселения многих других растений.

Пушица и осока расселяются по всей поверхности валиков, образуя довольно сомкнутый травостой (покрытие 70-80%), среди которого обильны *Caltha palustris*, *Arctagrostis latifolia*, *Hierochloa pauciflora*, *Pedicularis capitata*, встречаются ивы *Salix glauca*, *S. myrtilloides*.

Центральные части полигонов затоплены водой в течение всей вегетации и в них нет цветковых растений.

С дальнейшим накоплением аллювия и повышением уровня поверхности поймы наступает момент, когда большую часть лета валики не покрываются водой, а количество отлагаемого налупа уменьшается настолько, что не препятствует развитию мхов. Это приводит к смене растительности на валиках.

На гребнях валиков разрастаются ивы (*Salix glauca*, *S. pulchra*, *S. reptans*), карликовая береза (*Betula exilis*) и ольха (*Alnus fruticosa*), высота ив и берез — 0,4-0,8 м, ольхи — до 2 м. Развивается подрост лиственницы (*Larix cajanderi*). Очевидно, семена лиственницы прорастают и всходы укореняются на наиболее повышенных частях валиков, на участках, где растительный покров редкий или покрыт напосами.



Рис. 4. Лиственничное редколесье на валиках полигонов (лесотундра, дельта Яны).

В травяно-кустарничковом ярусе высотой до 30 см преобладают голубика (*Vaccinium uliginosum*) 10-20%, морошка (*Rubus chamaemorus*) 10-30%; часто встречаются *Arctagrostis latifolia*, *Calamagrostis groenlandica*, *Carex saxatilis*, *Empetrum nigrum*, *Ledum palustre*, *Vaccinium vitis-idaea*, *Carex aquatilis*, *Eriophorum angustifolium*, *Hierochloa pauciflora*, *Saxifraga cernua*.

В напочвенном покрове, занимающем 30-40% поверхности почвы, преобладают *Drepanocladus uncinatus* (10-30%), *Sphagnum squarrosum* (10-20%), *Tomenthynum nitens* (10-20%).

По направлению к центральным частям полигонов шпик сменяется осочником, где преобладает *Carex aquatilis* высотой до 50 см, покрытие 40-60%, часто встречаются *Eriophorum angustifolium*, *Caltha palustris*, *Comarum palustre*, *Menyanthes trifoliata*.

Между ними в воде — сплошной моховой ковер, в котором преобладают *Drepanocladus revolvens* и *Scorpidium scorpioides*.

Пушицево-дрепаноклядусовые болота примыкают к осоковому, образуя узкий пояс, ширина которого не превышает 70 см, граничащий со свободной водной поверхностью центральных частей полигонов. Преобладает *Eriophorum angustifolium* (30-60%), высота пушицы до 60 см; обильны *Carex aquatilis*, *Caltha palustris*, *Menyanthes trifoliata*. В воде те же мхи, что и в осоковом болоте.

Дальнейшие смены растительности зависят в основном не от пойменного режима, так как полигоны заливаются на короткое время и отложение папка почти прекращается, а от развития растительного покрова.

На валиках полигонов развивается редкий древостой (сомкнутость полога 0,1-0,2) высотой до 10 м, диаметры стволов 3-20 см. Лиственницы растут только на верхних частях валиков (рис. 4). В подлеске высотой до 80 см преобладают *Betula exilis*, *Salix glauca* встречаются *S. reptans*, *S. pulchra*, кое-где над ними возвышается ольха (до 2,5 м). Сомкнутость полога подлеска 0,3-0,5.

В травяно-кустарничковом ярусе высотой до 30 см преобладают *Ledum decumbens* (20-30%), *Vaccinium vitis-idaea* (10-30%) *V. uliginosum* (10-20%), *Empetrum nigrum* (10-20%), *Rubus chamaemorus* (10-20%); часто встречаются *Arctagrostis latifolia*, *Calamagrostis lapponica*, *Festuca brevifolia*, *Eriophorum vaginatum*.

В сплошном напочвенном покрове преобладают *Pleurozium schreberi* (20-40%), *Tomenthynum nitens* (10-30%), *Aulacomnium turgidum* (10-30%), *Ptilidium ciliare* (10-30%); часто встречаются *Aulacomnium palustre*, *Sphagnum angustifolium*, *S. balticum*, *Peltigera aphthosa*, *Cetraria cucullata*, *C. islandica*, *Cladonia rangiferina*, *Stereocaulon paschale*.

Трофянисто-глеевая иловато-песчаная почва протавляет на 30-50 см.

Центральные части полигонов заняты вахтово-дрепаноклядусовыми болотами. Доминирует *Menyanthes trifoliata* (30-60%), в воде *Utricularia vulgaris* и рыхлый ковер мхов, состоящий в основном из *Drepanocladus revolvens* и *Scorpidium scorpioides*.

Вахтовые болота центров полигонов окружены поясом пушицево-дрепаноклядусовых болот, в которых доминирует *Eriophorum angustifolium* (30-40%), часто встречаются *Carex aquatilis*, *Comarum palustre*, *Menyanthes trifoliata*, *Caltha palustris*. Между ними сплошной ковер мхов, преобладают те же виды, что и в центрах полигонов.

Пояс пушицево-дрепаноклядусовых болот окружен поясом сабельниково-осоково-дрепаноклядусовых болот, в котором преобладают *Carex aquatilis* (30-50%) и сабельник (*Comarum palustre* 20-30%), встречаются пушица, вахта, калужница. В сплошном моховом покрове преобладают те же мхи, что и в центрах полигонов.

Сабельниково-осоково-дрепаноклядусовые болота окружены узким (до 60 см) поясом травяно-кустарничково-сфагновых болот. В травяно-кустарничковом ярусе высотой до 30 см преобладают *Rubus chamaemorus* (20-40%), *Andromeda polifolia* (10-20%), *Vaccinium uliginosum* (10-20%); часто встречаются *Cassandra calyculata*, *Carex limo-*

sa, *C. rotundata*, *C. chordorrhiza*, *Hierochloe pauciflora*, *Oxycoccus microcarpus*. Общее покрытие яруса 30-60%. Над этим ярусом возвышаются редкие кусты ивы: *Salix glauca*, *S. pulchra*.

В сплошном папочвеном покрове преобладают *Sphagnum balticum* (40-60%), *S. squarrosum* (20-40%), *S. acutifolium* (10-20%); часто встречаются *S. lindbergii*, *Aulacomnium palustre*, *Tomenthyllum nitens*.

Кустарничково-сфагновые болота окружены поясом кустарничково-сфагновых болот. В кустарничковом ярусе высотой 40-80 см преобладают *Betula exilis* (10-30%), *Salix glauca* (10-20%), *S. pulchra* (10-20%), часто встречаются *S. myrtilloides*, *S. reptans*.

В травяно-кустарничковом ярусе высотой до 30 см преобладают *Rubus chamaemorus* (20-30%), *Ledum decumbens* (10-20%), *Vaccinium vitis-idaea* (10-20%), *V. uliginosum* (10-20%), часто встречаются *Empetrum nigrum*, *Carex limosa*, *C. rotundata*, *Cassandra calyculata*, *Eriophorum vaginatum*, *Oxycoccus microcarpus*.

В сплошном папочвеном покрове преобладают *Sphagnum balticum* (30-60%), *S. acutifolium* (20-30%), *Tomenthyllum nitens* (20-30%), *Aulacomnium palustre* (10-20%); часто встречаются *Cetraria cucullata*, *C. islandica*.

Кустарничково-сфагновые болота примыкают к листовичным редколесьям, расположенным на верхних частях валиков. Валики возвышаются в этот период на 60-70 см над центрами полигонов, занятых вахтово-дрепаноклядусовыми болотами. На небольшом участке протяженностью не более 5 м (от вершины валика до основания склона его) растительность изменяется от сухих редколесий на гребнях валиков, до водных вахтовых сообществ в центральных частях полигонов. Торфянисто-глеевые или торфяно-глеевые почвы протаивают на гребнях валиков под листовичными редколесьями на 30-50 см, под кустарничково-сфагновыми болотами на 40-50 см, под травяно-кустарничково-сфагновыми болотами на 50-60 см, под осоково-дрепаноклядусовыми болотами на 50-70 см, под пушицево-дрепаноклядусовыми болотами на 70-80 см, под вахтово-дрепаноклядусовыми болотами в центрах полигонов на 90-130 см.

По мере развития сплошного мохового покрова кустарничков и кустарничков на валиках полигонов, способствующих задержке снега, промерзание и охлаждение грунтов уменьшаются. Вследствие этого уменьшаются и перепады температуры с глубиной в зимний период и затухает, а затем прекращается морозобойное растрескивание грунтов. Канавы между полигонами после прекращения образования морозобойных трещин постепенно заполняются растительными остатками и зарастают.

В центрах полигонов торф накапливается быстрее, чем на более сухих склонах валиков. На верхних частях валиков торф не накапливается, так как здесь в папочвеном покрове преобладают лишайники и печеночники. По мере накопления торфа в центрах полигонов и обмеления озерков создаются условия для поселения пушиц и осок на месте вахтово-дрепаноклядусовых болот.

Пушицево-дрепаноклядусовые болота сменяют вахтово-дрепаноклядусовые во времени. В травостое преобладает *Eriophorum angustifolium* (20-40%), обильны *Carex aquatilis*, *C. chordoriza*, *Comarum palustre*, *Menyanthes trifoliata*.

В сплошном папочвеном покрове преобладают *Drepanocladus revolvens* (50-70%), *Scorpidium scorpioides* (20-30%), на повышениях около кочек осоки поселяются сфагновые мхи: *Sphagnum balticum*, *S. obtusum*, *S. squarrosum*, *S. lindbergii*.

Пушицево-дрепаноклядусовые болота, расположенные в центрах таких полигонов, окружены поясом сабельниково-осоково-сфагновых болот, граничащим с поясом кустарничково-сфагновых болот, окруженным в свою очередь, поясом кустарничково-сфагновых болот, расположенных в верхних частях склонов валиков. Вершины валиков заняты листовичными редколесьями.

В дальнейшем наблюдается постепенное выпадение растительных поясов центральных частей полигонов, связанное с заполнением их торфом, обмелением водоемов в центрах полигонов и ухудшением минерального питания растений. По мере накопления торфа в центрах полигонов уменьшается глубина протаивания почвы, нижние слои ее становятся вечномерзлыми, недоступными для корней растений. Элементы минерального питания растений, заключенные в торфе, не могут использоваться растениями вследствие очень медленного разложения его в этих суровых условиях климата. Это вызывает смену гипсовых мхов сфагновыми.

Сабельниково-осоково-дрепаноклядусовые болота в самом начале этого процесса занимают место пушицево-дрепаноклядусовых болот в центрах полигонов. Они отличаются от охарактеризованных сабельниково-осоково-дрепаноклядусовых болот обилием сфагновых мхов, занимающих здесь до 30% поверхности (виды те же, что и в пушицево-дрепаноклядусовых болотах, см. выше), а также угнетенностью роста доминирующих осок и сабельника на подушках сфагновых мхов. Сабельниково-осоково-дрепаноклядусовые болота, занимающие центры полигонов, окружены поясом кустарничково-сфагновых болот, сменяющимся при движении вверх по склонам валиков поясом кустарничково-сфагновых болот, к которому примыкает листович-

ничное редколесье на верхних частях валиков. На данном этапе из комплекса растительных сообществ полигональных болот выпали два сообщества центральных частей полигонов: вахтово-дрепаноклядусовые болота и пушицево-дрепаноклядусовые болота.

В дальнейшем наблюдается не только выпадение отдельных поясов растительности, но и изменение типов сообществ.

Осоково-сфагновые болота сменяют сабелышково-осоково-дрепаноклядусовые болота в центрах полигонов. В травостое преобладают мелкие тундровые осоки *Carex limosa*, *C. rotundata*, *C. chordorrhiza*, образующие редкий ярус (общее покрытие не более 30%). Эти болота характеризуются обилием подушек сфагновых мхов, образовавшихся *Sphagnum balticum*, *S. acutifolium*, *S. russowii*, *S. obtusum*, *S. lindbergii*. Между подушками в западинках господствует в папочвенном покрове *Drepanocladus revolvens* (20-30%). На подушках обильны *Andromeda polifolia*, *Oxycoccus microcarpus*, *Rubus chamaemorus*; часто встречаются *Hierochloa pauciflora*, в западинках — *Carex aquatilis*, *Comarum palustre*, *Eriophorum angustifolium*.

Постепенно сфагновые мхи образуют сплошной ковер в центрах полигонов. На сфагнах разрастаются кустарнички и морошка.

Кустарничково-морошково-сфагновые болота сменяют осоково-сфагновые болота в центрах полигонов. В травяно-кустарничковом ярусе их преобладают *Rubus chamaemorus* (30-50%), *Oxycoccus microcarpus* (до 10%), *Andromeda polifolia* (около 10%); часто встречаются *Cassandra calyculata*, *Salix myrtilloides*; изредка — *Betula exilis*, *Eriophorum vaginatum*, *Ledum decumbens*, *Vaccinium uliginosum*.

В сплошном папочвенном покрове преобладают *Sphagnum balticum*, *S. acutifolium*, *S. angustifolium*.

В этот период поверхность центров полигонов всего на 15-25 см ниже поверхности гребней полигонов. Вечная мерзлота повсюду залегает на глубине 25-50 см от поверхности мха.

Выравнивание поверхности полигонов ведет к тому, что уменьшается дренаж валиков и увеличивается заболоченность почвы на них. Поэтому одновременно с заполнением сфагновыми мхами центров полигонов эти мхи наступают и на валики, как от центров полигонов, так и со стороны зарастающих канав. Постепенно они покрывают всю поверхность валиков.

Лиственничные редколесья сфагновые сменяют таким путем лиственничные редколесья лишайниково-моховые. Полигональная сеть в этот период едва обозначается ложбинками над заросшими межполигональными трещинами-канавами, а также бугорками и кочками, встречающимися на месте бывших гребней валиков. Эти редколесья



Рис. 5. Лиственничное сфагновое редколесье на заросших полигонах (лесотундра, дельта Яны).

характеризуются крайней угнетенностью древостоя. Лиственницы явно отмирают (рис. 5), на ветвях их больше лишайников, чем хвои, сухих ветвей больше, чем живых. Высота деревьев 1,5-7,0 м, диаметры стволов 2-20 см, сомкнутость крон 0,1-0,2, много сухостоя. В подлеске — сильно угнетенная ольха высотой до 1 м, а также *Betula exilis*, *Salix glauca*, *S. pulchra*.

В травяно-кустарничковом ярусе высотой до 20 см преобладают *Rubus chamaemorus* (30-60%), *Ledum palustre* (10-20%), обильны *Eriophorum vaginatum*, *Oxycoccus microcarpus*, *Vaccinium vitis-idaea*; часто встречаются *V. uliginosum*, *Andromeda polifolia*, *Cassandra calyculata*, *Smilacina trifoliata*.

В сплошном папочвенном покрове преобладают *Sphagnum balticum* (30-50%), *S. acutifolium* (10-30%), *S. angustifolium* (10-20%); часто встречаются *Aulacomnium palustre*, *A. turgidum*, *Tomenthypnum nitens*, *Ptilidium ciliare*, *Cetraria cucullata*, *C. islandica*, *Cladonia rangiferina*, *C. gracilis*, *C. uncialis*. Вечная мерзлота залегает на глубине 25-40 см.

По мере нарастания сфагновых мхов почва становится все беднее элементами минерального питания растений, температура ее понижается. Это вызывает отмирание древостоя и изреживание кустарничков. Сфагновые мхи по мере отмирания деревьев и изреживания кустарничков сменяются печеночниками, дикраповыми, политриховыми и дру-

гимии мхами, а также лишайниками. В этих новых условиях разрастается карликовая береза.

Ерниковые тундры сменяют лиственничные редколесья сфагновые. В кустарниковом ярусе высотой 40-50 см господствует *Betula exilis* (30-50%), встречаются *Salix glauca*, *S. myrtilloides*, *S. pulchra*.

В травяно-кустарничковом ярусе преобладает багульник (*Ledum decumbens*, 20-30%), часто встречаются *Andromeda polifolia*, *Cassandra calyculata*, *Eriophorum vaginatum*, *Vaccinium uliginosum*, *V. vitis-idaea*.

В сплошном напочвенном покрове преобладают *Ptilidium ciliare* (20-40%), *Dicranum elongatum* (10-20%), *D. spadiceum* (10-20%), *Polytrichum alpinum* (10%), *P. strictum* (до 10%), *Aulacomnium turgidum* (10-20%), *Cetraria cucullata* (10-20%), *C. islandica* (10-20%), *Peltigera aphthosa* (10-20%); часто встречаются *Hylocomium splendens*, *Pleurozium schreberi*, *Tomenthypnum nitens*, *Sphagnum acutifolium*, *S. balticum*, *S. angustifolium*. Встречаются отдельные отмирающие и сухие лиственницы. Торфяная почва под ерниковыми тундрами протаивает на 25-40 см.

Вблизи северного предела леса в поймах рек Яны и Индигирки лиственницы поселяются на гребнях валиков полигональных болот и образуют редколесья.

В результате более быстрого накопления торфа в центрах полигонов и межполигональных канавах по сравнению с валиками глубина межполигональных канав и центров полигонов уменьшается, валиковые полигоны преобразуются в плоские. При этом сфагновые мхи продвигаются из центров полигонов и межполигональных канав на валики и заболачиваются таким образом лиственничные редколесья на гребнях валиков.

Наращение сфагнового ковра под лиственницами влечет гибель древостоя и смену редколесий тундрами.

Заболачивание редкостойных лесов и редколесий на коренных берегах Яны и Индигирки

Пылеватые суглинки слагают междуречные холмы и коренные берега рек Яны и Индигирки в пределах Приморской низменности. Они покрыты различного типа тундрами и редколесьями, среди которых преобладают кочкарные пушицевые тундры. В суглинках на небольшой (0,7-2,0 м) глубине залегают полигонально-жильные льды (рис. 6), образующие ледяные ячейки, ширина жил в верхней части достигает нескольких метров, жилы проникают вглубь до 30 м. Ширина ячеек 10-20 м.

Суглинки, залегающие над ледяными жилами и в ячейках, содержат так много льда, что при оттаивании они превращаются в жидкую



Рис. 6. Полигонально-жильный лед в отложениях коренного берега р. Индигирки.

текущую массу. Под плотным растительным покровом глубина протавивания суглинистой почвы не больше 50 см. Прикрытые мхом и торфянистым слоем, скрепленные корнями, суглинки на пологих склонах при таком протавивании почти не текут, на более крутых наблюдается типичная солифлюкция — медленное движение почвы.

Однако после нарушения или уничтожения растительного покрова и торфянистого (дернового) слоя почвы огнем, транспортом обнаженные сильнольдистые суглинки протавивают в течение лета на глубину 80-100 см. При протавивании их образуется текучая вязкая масса, движущаяся даже по небольшому уклону. На склонах холмов эта масса быстро стекает по мере оттаивания суглинков к их основаниям, обнажая мерзлый грунт, который под воздействием солнца, дождя и ветра быстро оттаивает. При благоприятных условиях уноса (стекания) талого грунта ежедневно оттаивает примерно 10-сантиметровый слой грунта на склонах. Ясно, что при таком интенсивном разрушении склонов уже в первое лето после нарушения растительного покрова обнажаются мощные полигонально-жильные льды.

Эти льды также быстро оттаивают, образуя потоки, размывающие склоны холмов. Продукты разрушения склонов холмов скапливаются у оснований, образуя огромные (до 100 м и более) конусы вывеса, совершенно непроходимые. Среди них текут потоки мутной воды.

Мелкозем, накапливающийся у оснований склонов холмов в процессе их разрушения, постепенно перекрывает льдистые группы и жилы льда и таким путем замедляет их протавивание. Разрушение склонов холмов постепенно замедляется и наконец прекращается. Создаются условия для поселения растений. Поверхность обнаженного грунта на склонах и конусах вывеса покрывается растительностью.

В первые годы у оснований склонов развиваются сплошные заросли *Senecio paluster* высотой до 2 м, дающие огромное количество растительной массы. На более сухих участках склонов холмов преобладают заросли иван-чая (*Chamaenerion angustifolium*), *Mulgedium sibiricum*, *Chenopodium rubrum* и других видов, образующих куртины.

В последующие годы на обнаженных склонах холмов и конусах вывеса развиваются **хвощево-разнотравно-злаковые луга**. В травостое преобладают *Equisetum arvense* (20-40%), *Deschampsia borealis* (10-30%), *Poa pratensis* (10-20%); часто встречаются *Agropyron turchanense*, *Arctagrostis latifolia*, *Artemisia tilesii*, *Astragalus alpinus*, *A. frigidus*, *Delphinium middendorffii*, *Draba kusnetzowii*, *Epilobium palustre*, *Eriophorum scheuchzeri*, *Hordeum jubatum*, *Isatis jacutensis*,

Nardosmia frigida, *Parnassia palustris*, *Poa alpigena*, *Polemonium acutiflorum*, *Polygonum viviparum*, *Rubus arcticus*, *Saxifraga cernua*, *S. punctata*, *Stellaria longipes*, *Valeriana capitata*.

Общее покрытие травостоя 80-90%. На лугах встречается подрост лиственных, а также кустики ив высотой до 1 м (*Salix speciosa*, *S. glauca*, *S. phylicifolia*, *S. reptans*) и ольхи (*Alnus fruticosa*). Дерновая пылевато-суглинистая почва протавивает на 80-90 см.

В последующие годы увеличивается сомкнутость полога кустарников и образование древесного яруса.

Лиственные редкостойные леса с подростом из ив и ольхи травяные развиваются на месте хвощево-злаково-разнотравных лугов. Лиственные высотой 4-8 м, диаметры стволов их 7-20 см, прямые с густыми симметричными кронами, диаметры которых до 5 м, образуют редкий лес (сомкнутость кроны 0,3-0,5). Редкостойные леса обычно образуются на склонах более крутых и обращенных к югу, юго-западу, юго-востоку, а на склонах северной экспозиции развиваются типичные редколесья (сомкнутость кроны 0,1-0,2).

В подлеске высотой 1-3 м с сомкнутостью полога 0,3-0,5 преобладают ольха, ивы, отмеченные на лугу, а также изредка *Betula exilis* и *Rosa acicularis*.

В травостое преобладают *Arctagrostis latifolia* (10-20%), *Calamagrostis langsdorffii* (10-20%), *Rubus arcticus* (10-30%); часто встречаются *Calamagrostis lapponica*, *Equisetum arvense*, *E. scirpoides*, *Eriophorum scheuchzeri*, *Festuca brevifolia*, *Nardosmia frigida*, *Parnassia palustris*, *Poa alpigena*, *P. pratensis*, *Polygonum viviparum*, *Pyrola incarnata*, *Stellaria longipes*, *Valeriana capitata*; встречаются изредка *Chrysosplenium alternifolium*, *Luzula parviflora*, *Pedicularis lapponica*, *P. sceptrum-carolinum*, *Saxifraga cernua*, *S. punctata*. Появляются кустарнички *Ledum decumbens*, *Vaccinium uliginosum*, *V. vitis-idaea*. Общее покрытие трав 50-90%.

Моховой покров развит слабо (покрытие не более 40%), встречаются *Drepanocladus uncinatus*, *Aulacomnium palustre*, *Hylocomium splendens*, *Pleurozium schreberi*, *Sphagnum girgensohnii*. Почва дерновая, слегка оглеенная пылевато-суглинистая, протавивает на 65-75 см.

В редкостойных лесах постепенно разрастаются мхи, травы замещаются кустарничками.

Лиственные редкостойные леса зеленомоховые сменяют лиственные редкостойные леса с подростом из ив и ольхи травяные. Лиственные высотой 6-10 м, диаметры стволов их 8-30 см, стволы — прямые, слабообожженные, кроны широкие (до 6 м диаметром), довольно густые, сомкнутость их 0,3-0,5.

Редкий подлесок состоит из тех же видов, что и в редкостойных лиственничных травяных.

В травяно-кустарничковом ярусе высотой до 40 см преобладают *Ledum palustre* (10-30%), *Arctous alpina* (10-20%), *Vaccinium vitis-idaea* (10-20%); часто встречаются *Carex globularis*, *Empetrum nigrum*, *Equisetum scirpoides*, *Eriophorum vaginatum*, *Rubus arcticus*, *R. chamaemorus*, *Salix glauca*, *S. pulchra*; изредка — *Arctagrostis latifolia*, *Calamagrostis langsdorffii*, *C. lapponica*, *Eriophorum scheuchzeri*, *Pyrola incarnata*, *Ramischia obtusata*.

В сплошном папочвенном покрове преобладают *Hylocomium splendens* (30-40%), *Pleurozium schreberi* (20-40%); обильны *Ptilidium ciliare* (10-20%), *Aulacomnium palustre* (10-20%), *A. turgidum* (10-20%), *Sphagnum girgensohnii* (10-20%), *S. acutifolium* (10-20%), *Tomenthypnum nitens* (10-20%); часто встречаются лишайники *Cetraria cucullata*, *C. islandica*, *Cladonia gracilis*, *C. rangiferina*, *C. uncialis*, *Peltigera aphthosa*, *Nephroma arcticum*. Почва — торфянисто-суглинистая слегка оглеенная, протанвывает на глубину 40-60 см.

С развитием сплошного мохового покрова и образованием торфянистого горизонта в лиственничных редкостойных лесах замедляется протавание почвы, верхняя поверхность вечной мерзлоты вследствие этого повышается. В лиственничном редкостойном лесу, где толщина торфянистого слоя всего 5-10 см, под сплошным моховым покровом почва протавивает всего на 30-50 см от поверхности мха. Такое повышение верхней поверхности вечной мерзлоты вызывает заболачивание почвы, ухудшение условий произрастания. В результате этого рост деревьев и кустарников угнетается, древостой изреживается, большая часть кустарников гибнет, одновременно разрастаются сфагновые мхи и пушица.

Лиственничные редколесья пушицево-сфагновые сменяют лиственничные редкостойные леса зеленомоховые. Лиственничцы высотой 2-8 м, диаметры стволов 3-30 см образуют редкий древостой (сомкнутость крон 0,1-0,2). Стволы их сильно искривлены в верхних частях, вершины у многих сухие, на ветвях обилие лишайников, кроны редкие. Подрост — редкий, сильно угнетен.

В редком (сомкнутость полога 0,1-0,2) подлеске встречаются *Betula exilis* и *Salix glauca*, высота кустарников не более 80 см.

В травяно-кустарничковом ярусе высотой до 30 см господствует пушица (*Eriophorum vaginatum* 30-60% (рис. 7), образующая кочки диаметром до 20 см и высотой до 30 см; обильны *Ledum decumbens* (10-20%), *Rubus chamaemorus* (10-30%); часто встречаются *Arctagrostis latifolia*, *Arctous alpina*, *Carex globularis*, *Empetrum nigrum*, *Epilobium palustre*, *Luzula parviflora*, *Oxycoccus microcarpus*, *Pyrola incar-*



Рис. 7. Лиственничное редколесье пушицево-сфагновое на корешном берегу р. Яны (лесотундра).

nata, *Salix pulchra*, *Vaccinium uliginosum*, *V. vitis-idaea*, *Valeriana capitata*, *Cassandra calyculata*.

В сплошном папочвенном покрове преобладают *Sphagnum acutifolium* (10-30%), *S. angustifolium* (10-30%), *S. balticum* (10-30%), *Aulacomnium turgidum* (10-20%), *Ptilidium ciliare* (10-20%); часто встречаются *Aulacomnium palustre*, *Dicranum elongatum*, *Hylocomium splendens*, *Pleurozium schreberi*, *Tomenthypnum nitens*, *Cetraria cucullata*, *C. islandica*, *C. nivalis*, *Cornicularia divergens*, *Dactylina arctica*, *Cladonia gracilis*, *C. rangiferina*, *C. uncialis*, *Nephroma arcticum*, *Peltigera aphthosa*, *Stereocaulon paschale*, *Thamnia vermicularis*. Почва — торфянисто-глеевая пылевато-суглинистая, протавивает на 20-30 см от поверхности мха.

С нарастанием сфагновых мхов рост лиственничцы все более угнетается. В условиях сурового резко континентального климата северо-востока Якутии накопления торфянистого слоя толщиной 10-15 см настолько замедляет протавание почвы, что минеральные слои ее либо совсем не оттаивают, либо оттаивают всего на 5-10 см в конце вегетации. В переувлажненной почве редколесий, подстилаемой низкотемпературной вечной мерзлотой, корни лиственничцы отмирают, древостой гибнет.

Пушицево-сфагновые кочкарные тундры сменяют охарактеризованные лиственничные редколесья. В травяно-кустарничковом ярусе высотой до 30 см господствует пушица (40-70%), кочки которой полупогружены в сфагновый ковер; обильны *Ledum decumbens* (10-20%), *Rubus chamaemorus* (10-20%); часто встречаются *Betula exilis*, *Carex globularis*, *Empetrum nigrum*, *Oxycoccus microcarpus*, *Salix glauca*, *S. pulchra*, *Vaccinium uliginosum*, *V. vitis-idaea*, *Valeriana capitata*.

В сплошном напочвенном покрове преобладают *Sphagnum acutifolium* (10-30%), *S. balticum* (10-30%), *S. angustifolium* (10-20%), *Aulacomnium palustre* (10-20%), *A. turgidum* (10-20%), *Tomenthypnum nitens* (10-20%), *Ptilidium ciliare* (10-20%); часто встречаются *Hylocomium splendens*, *Pleurozium schreberi*, *Dicranum elongatum*, *D. spadicum*, *Alectoria ochroleuca*, *A. nigricans*, *Cetraria cucullata*, *C. islandica*, *C. nivalis*, *Cladonia gracilis*, *C. rangiferina*, *C. uncialis*, *Cornicularia divergens*, *Dactylina arctica*, *Nephroma arcticum*, *Peltigera aphthosa*, *Sphaerophorus globosus*, *Stereocaulon paschale*. Почва — торфянисто-глеевая пылевато-суглинистая, протанивает на 20-30 см. Встречаются отдельные отмирающие и сухие деревья.

Пушицево-сфагновые кочкарные тундры образуют неширокий пояс (несколько десятков метров) вокруг деградирующих заболоченных редколесий. По мере отмирания древостоя и изреживания кустарников уменьшается количество снега на поверхности тундры, рост сфагновых мхов угнетается и они сменяются тундровыми мхами и лишайниками.

Кустарничково-пушицево-моховые кочкарные тундры сменяют пушицево-сфагновые кочкарные тундры.

В травяно-кустарничковом ярусе высотой до 30 см преобладают пушица (30-50%), образующая кочки высотой до 20 см, *Ledum decumbens* (10-20%), *Betula exilis* (10-20%), *Salix pulchra* (10-20%), *S. glauca* около 10%), *Vaccinium uliginosum* (10-20%), *V. vitis-idaea* (10-20%); часто встречаются *Carex hyperborea*, *Valeriana capitata*; изредка — *Arctagrostis latifolia*, *Calamagrostis neglecta*, *C. lapponica*, *Luzula multiflora*, *Pyrola incarnata*, *Saxifraga cernua*, *S. hirculus*, *S. stellaris*. Общее покрытие яруса 40-70%.

В почти сплошном напочвенном покрове преобладают *Ptilidium ciliare* (10-30%), *Aulacomnium turgidum* (10-20%), *Dicranum elongatum* (10-20%), *Tomenthypnum nitens* (10-30%); часто встречаются *Sphagnum angustifolium*, *S. subtile*, *S. compactum*, *Polytrichum alpinum*, *P. juniperinum*, *P. strictum*, *Alectoria ochroleuca*, *A. nigricans*, *Cetraria cucullata*, *C. islandica*, *C. nivalis*, *Cladonia amaurocrea*, *C. deformis*, *C. cornuta*, *C. gracilis*, *C. rangiferina*, *C. uncialis*, *Cornicularia divergens*, *Dactylina arctica*, *Nephro-*

ma arcticum, *Sphaerophorus globosus*, *Thamnolia vermicularis*. Торфянисто-глеевая пылевато-суглинистая почва протанивает на 20-35 см.

Лиственничные редкостойные леса и редколесья на коренных берегах рек Приморской низменности возникают на месте лугов, где развивается подрост лиственницы.

Развитие сплошного мохового покрова из зеленых мхов, образующих торфянистый горизонт, способствует поднятию верхней поверхности вечной мерзлоты, заболачиванию почвы и поселению сфагновых мхов.

Понижение температуры почвы, ухудшение ее аэрации и обеднение элементами минерального питания растений по мере нарастания сфагновых мхов вызывают гибель корней лиственницы, изреживание и отмирание древостоя.

* * *

В пределах Приморской низменности заболачивание редколесий и редкостойных лесов происходит двумя путями.

1. В результате подвигания сфагнового ковра на редколесья, расположенные на вершинах валиков, из межполигональных канав и центров полигонов, т. е. путем экспансии болот. Этот способ заболачивания редколесий наиболее распространен в центральной и притеррасной частях пойм высокого уровня.

2. В результате смены лесных мхов сфагновыми в редколесьях и редкостойных лесах, вследствие подъема верхней поверхности вечной мерзлоты, вызывающего заболачивание почвы. Подъем верхней поверхности вечной мерзлоты в редкостойных лесах и редколесьях обусловлен развитием сплошного мохового покрова и образовавшемся торфянистом слое, замедляющих протанивание почвы. В этом случае растительность редколесий и редкостойных лесов в процессе развития создает условия для заболачивания почвы и для смены лесной растительности тундровой.

Характерная особенность заболачивания редкостойных лесов и редколесий в пределах Приморской низменности — кратковременность болотной стадии и отмирание мхов-торфообразователей вскоре после гибели древостоя и изреживания подлеска. Вследствие этого на месте заболоченных редколесий не образуются торфяники. Лишь в полигональных болотах в поймах рек накапливается достаточное количество торфа для образования маломощных (обычно не больше 1,5 м) торфяников. Торф в пойменных полигональных болотах переслаивается пылевато-песчаным аллювием. Большая часть залежи со-

стоит в нижней половине из слаборазложившегося гипнового, а в верхней половине из сфагнового торфов.

Заболачивание леса на северном пределе в Западной Сибири

Северный предел леса в Западной Сибири характеризуется преобладанием редких древостоев (сомкнутость кроны 0,3-0,5), вследствие чего эти леса были выделены в особую группу редкостойных лесов, образующих здесь довольно широкую полосу, прежде называемую подзоной редкостойных лесов (Городков, 1938, 1946, 1956). В пределах этой подзоны преобладают смешанные леса, в которых основными лесообразующими породами являются лиственница (*Larix sibirica*), береза (*Betula pubescens*), ель (*Picea obovata*) и кедр (*Pinus sibirica*). Последний распространен только в нижней части подзоны.

В редкостойных лесах севера Западной Сибири снежный покров достигает мощности около 100 см. Под таким слоем снега грунты слабо промерзают и охлаждаются, несмотря на суровую зиму, когда в течение четырех месяцев температура ниже -20° , а среднегодовые температуры на территории подзоны от Урала до Енисея падают в пределах от -5° до -8° . Вследствие тепляющего влияния снега температура вечномёрзлых грунтов под редкостойными лесами не ниже $-0,5^{\circ}$.

Процесс заболачивания редкостойных лесов на севере Западной Сибири очень ярко выражен. Его удобно рассмотреть на примере смен растительного покрова после пожаров и на примере развития растительного покрова на аллювиальных напосах.

Заращение гарей

Вторичные сукцессии наблюдаются в подзоне редкостойных лесов Западной Сибири чаще всего после пожаров. На севере Западно-Сибирской низменности даже в самых малонаселенных районах пожары лесов и торфяников — причина постоянного возобновления сукцессий (Городков, 1946).

В редкостойных лесах и редколесьях наблюдаются исключительно низовые пожары, возникающие в сухой период лета, когда напочвенный покров из мхов и лишайников высыхает, легко воспламеняется и пожар быстро распространяется. Пожары уничтожают этот покров вместе с травяно-кустарничковым ярусом и торфянистым слоем почвы, губят подрост и подрост, молодые с тонкой корой лиственницы, березы, ели и кедр. Старые лиственницы и кедр обычно лишь повреждаются огнем, но не гибнут. Однако, поскольку большая часть корней деревьев сосредоточена в торфянистом горизонте (рис. 8), пожары обнажают корневые системы деревьев и повреждают корни.



Рис. 8. Корни кедр в редкостойном лесу в окрестностях Игарки.

При полном выгорании торфянистого горизонта корни деревьев гибнут. Обнаженные корневые системы деревьев слабо удерживают древостой во время ветра и после сильных ветров деревья, уцелевшие при пожаре выкорчевываются. После ветровалов, следующих за пожарами, сохраняются лишь отдельные деревья в местах, где огонь слабо повредил торфянистый слой и корни.

Гари, покрытые упавшими деревьями, в последующие годы зарастают. В первые годы после пожара образуются сплошные заросли иван-чая (*Chamaenerion angustifolium*) высотой до 2 м. Затем поселяются вейники (*Calamagrostis langsdorffii* и *C. lapponica*), разрастается хвощ (*Equisetum sylvaticum*). Среди травостоя появляется многочисленный подрост березы и лиственницы, изредка — подрост ели и кедр.

Березняки травяные развиваются на гарях через несколько десятков лет после пожара. Они характеризуются сомкнутым древостоем (сомкнутость кроны 0,6-0,8), в котором довольно значительна (до 30%) примесь лиственницы. В подросте — ель и кедр. В подлеске — ольха (*Alnus fruticosa*), ивы (*Salix lanata*, *S. jenssenensis*, *S. phylicifolia*). Сомкнутость полога подлеска 0,2-0,3.

В травостое преобладают разные виды на различных участках: вейник (*Calamagrostis langsdorffii*, 30-40%), хвощ (*Equisetum sylvaticum*, 20-40%), княженика (*Rubus arcticus*, 10-30%); часто встречаются

Chamaenerion angustifolium, *Cardamine macrophylla*, *Carex globularis*, *Cirsium heterophyllum*, *Festuca ovina*, *Equisetum arvense*, *E. pratense*, *E. scirpoides*, *Lamium album*, *Majanthemum bifolium*, *Poa nemoralis*, *Pyrola grandiflora*, *Saxifraga punctata*, *Trientalis europaea*, *Viola epipsila*, *Veratrum lobelianum*, *Veronica longifolia*; изредка — *Actaea erythrocarpa*, *Aconitum excelsum*, *A. chekdnovskii*, *Archangelica decurrens*, *Delphinium elatum*, *Senecio nemorensis*, *Trollius asiaticus*. Высота генеративных побегов вейника и крупнотравья до 1,5-2,0 м.

Опад листьев, сплошь покрывающий почву, препятствует развитию мхов. В березняках ежегодно образуется рыхлый снежный покров высотой до 100 см, предохраняющий почву от глубокого промерзания. Сезонномерзлый слой почвы протанивает здесь обычно в течение лета, а затем оттаивает вечная мерзлота. Под березняками в течение нескольких десятилетий вечная мерзлота деградирует и на участках, где мощность ее невелика (10-15 м), образуются сквозные талики.

В сомкнутых березняках подрост березы и лиственницы редкий и медленно развивается. В возрасте около 100 лет березы поражаются сердцевинной гнилью и отмирают, лес становится реже, лиственницы продолжают рост в высоту и формируют верхний древесный ярус. По мере изреживания берез разрастаются мхи, постепенно сплошь покрывающие почву и вытесняющие травы.

Смешанные зеленомоховые леса сменяют березняки травяные через 120-150 лет после пожара. В первом древесном ярусе — лиственницы высотой 15-20 м, диаметры стволов 15-30 см, кроны их до 9 м в диаметре, стволы прямые. Во втором ярусе высотой 9-12 м — березы, ели, кедры, диаметры стволов их 10-20 см. Общая сомкнутость крон 0,6-0,8 (рис. 9).

В первом ярусе подлеска высотой от 3 до 5 м — ольха, рябина (*Sorbus sibirica*), ива (*Salix jenisseensis*), во втором ярусе высотой 1-2 м — можжевельник (*Juniperus sibirica*) карликовая береза (*Betula nana*), шиповник (*Rosa acicularis*), редко — жимолость (*Lonicera coerulea*), малина (*Rubus sachalinensis*). Сомкнутость полога подлеска 0,2-0,4.

В травяно-кустарничковом ярусе преобладают багульник (*Ledum palustre*, 20-30%), голубика (*Vaccinium uliginosum*, 10-30%), брусника (*V. vitis-idaea*, 20-40%), осока (*Carex globularis*, 10-20%), хвощ (*Equisetum sylvaticum*, 10-30%); встречаются *Calamagrostis langsdorffii*, *Equisetum scirpoides*, *Empetrum nigrum*, *Festuca ovina*, *Linnaea borealis*, *Luzula parviflora*, *Rubus arcticus*. Общее покрытие яруса — 30-50%.

В сплошном папочвенном покрове преобладают *Pleurozium schreberi* (40-60%), *Hylocomium splendens* (20-40%), часто встречаются



Рис. 9. Смешанный зеленомоховый лес в долине р. Хантайки.

Polytrichum commune, *P. strictum*, *Ptilium crista castrensis*, *Cladonia rangiferina*, *C. sylvatica*, *Cetraria islandica*, *Peltigera aphthosa*.

Под моховым покровом образуется торфянистый горизонт почвы, состоящий в основном из остатков мхов. Ежегодно в таких лесах накапливается 1,6 мм рыхлого торфа (Тыртиков, 1956). Развитие сплошного мохового покрова и образование торфянистого горизонта вызывает существенные изменения теплообмена между почвой и атмосферой. В сухой период лета моховой покров и торфянистый слой очень медленно проводят тепло и сильно задерживают поток тепла в почву. В осенний период моховой покров и торфянистый горизонт напитываются водой и, замерзая, становятся сильнольдистыми и значительно (в десятки раз) более теплопроводными, чем в сухом состоянии. Вследствие этого они мало препятствуют оттоку тепла из почвы (грунта) в холодный период года. По мере развития мохового покрова и образования торфянистого горизонта почвы больше замедляется прогревание и протавивание грунтов, чем их охлаждение и промерзание.

В процессе развития сплошного мохового покрова и формирования торфянистого горизонта почвы в лесах севера Западной Сибири неизбежно наступает момент, когда промерзание начинает преобладать над протавиванием грунтов. В этот момент сезонномерзлый слой почвы не успевает весь протаять в течение лета, нижняя часть его остается мерзлой до следующей зимы, т. е. образуются перелетки. В

последующие годы слой почвы над перелетками промерзает в течение части зимы, а затем промерзают слои грунта, залегающие ниже перелетков. Так образуется вечная мерзлота под смешанными зеленомоховыми лесами.

Средняя многолетняя глубина протаивания пылеватых суглинков под замшелыми лесами 70-80 см.

С образованием вечной мерзлоты увеличивается влажность почвы, так как влага не может просочиться в мерзлый слой, подстилающий почву, и нижние слои ее насыщаются водой до предела. При замерзании насыщенной влагой почвы образуется значительно больше льда, чем на участках, где нет вечной мерзлоты. Увеличиваются также затраты тепла на оттаивание этой льдистой почвы, поэтому глубина протаивания ее уменьшается и соответственно повышается верхняя поверхность вечной мерзлоты. Глубина протаивания уменьшается также и в результате дальнейшего нарастания мхов и накопления торфянистого слоя.

Таким образом, после образования перелетков нижние слои почвы постепенно переходят в вечномерзлое состояние, т. е. верхняя поверхность вечной мерзлоты повышается. С повышением поверхности вечной мерзлоты увеличивается влажность верхних горизонтов почвы, начинается процесс оглеения почвы. Почва таким путем заболачивается. Это создает благоприятные условия для развития сфагновых мхов, которые постепенно вытесняют зеленые и политриховые мхи.

Поскольку в переувлажненных слоях почвы корни деревьев не могут развиваться вследствие отсутствия кислорода и отмирают, минеральные соединения, необходимые для растений, содержащиеся в этих слоях, не используются корнями деревьев. Накопленные в торфянистом слое элементы минерального питания растений также недоступны для корней деревьев. Прогрессирующее понижение температуры почвы, ухудшение аэрации и обеднение почвы элементами минерального питания растений отражаются на росте деревьев. Корни деревьев, расположенные в понижениях, быстрее заболачиваются, гибнут, что влечет отмирание древостоя на таких участках. На более сухих повышенных участках древостой сохраняется, хотя и в угнетенном состоянии.

Редкостойные смешанные сфагновые леса сменяют смешанные зеленомоховые леса через 200-250 лет после пожара. В древостое — лиственницы высотой 10-20 м, диаметры стволов их 10-40 см с редкими кронами, в которых больше сухих ветвей, покрытых лишайниками, чем живых, обычно суховершинные; березы высотой до 7 м, диаметры стволов их 5-20 см, ели и кедровые высотой до 15 м, диаметры

стволов до 30 см. Соотношение пород самое разнообразное, но в северной части подзоны из хвойных преобладает лиственница, редко встречается кедр, а в южной — нередко больше ели и кедра, чем лиственницы. Береза встречается в таких лесах всегда в большом количестве, местами преобладает над хвойными. Сомкнутость кроны 0,3-0,5. Подrost очень редкий и угнетен.

В подлеске высотой до 1,5 м преобладает карликовая береза, редко — ивы (*Salix phylicifolia*, *S. glauca*, *S. xerophylla*). Сомкнутость полога 0,2-0,4.

В травяно-кустарничковом ярусе высотой до 50 см преобладает морошка (*Rubus chamaemorus*, 20-40%), обильны каспидра (*Cassandra calyculata*), *Carex globularis*, *Empetrum nigrum*, *Ledum palustre*, *Vaccinium uliginosum*, *V. vitis-idaea*, *Oxycoccus microcarpus*. Общее покрытие яруса 30-60%.

В сплошном напочвенном покрове преобладают *Sphagnum angustifolium* (30-50%), *S. girgensohnii* (30-50%), *S. acutifolium* (10-30%), *Polytrichum commune* (10-30%); обильны — *P. strictum*, *Pleurozium schreberi*, *Cladonia alpestris*, *C. rangiferina*, *Cetraria cucullata*, *C. islandica*, *Nephroma arcticum*, *Peltigera aphthosa*. Почва — торфяно-глебовая пылевато-суглинистая, протаивает на 30-70 см.

В процессе нарастания сфагновых мхов корни деревьев быстро погружаются в переувлажненный торф. Особенность отложения торфа в области вечной мерзлоты — его слабое уплотнение. Рыхлый торфяно-моховой слой, протаивающий в конце вегетации всего на 30-50 см, не оказывает существенного давления на насыщенные до предела влагой нижние слои торфа, переходящие в вечномерзлое состояние. Разложение торфа также сильно замедлено вследствие низкой температуры и отсутствия аэрации. Верхняя поверхность вечной мерзлоты ежегодно повышается в лесах с покровом из сфагновых мхов на величину, равную толщине отложенного торфа, в случае если весь протаивающий слой состоит из торфа, или несколько большую, когда под торфом залегает минеральный грунт, протаивающий в верхней части. В редколесьях севера Западной Сибири, где в напочвенном покрове господствуют сфагновые мхи, ежегодно откладывается около 0,6 см слой рыхлого торфа (Тыртыков, 1979). Следовательно, через 50 лет после развития сплошного сфагнового ковра в редкостойных лесах севера Западной Сибири корни деревьев окажутся погребенными под слоем мха и торфа толщиной 35-40 см, т. е. большая часть корней будет захвачена вечной мерзлотой. Вследствие этого через несколько десятилетий после образования сплошного ковра сфагнов наступает массовая гибель деревьев. Хотя ель, лиственница, кедр и береза образуют прида-

точные корни по мере нарастания сфагновых мхов (Тыртиков, 1954), однако вследствие бедности сфагнового мха и торфа элементами минерального питания растений эти корни растут медленно и не могут долго поддерживать жизнь деревьев. Деревья отмирают, остаются отдельные их экземпляры на повышениях, где мхи нарастают медленнее, чем в понижениях и на ровных участках.

Редколесья на сфагновых болотах сменяют редкостойные смешанные сфагновые леса через 250-300 лет после пожара. Отдельные отмирающие лиственницы, ели, кедры высотой 5-15 м, диаметры стволов их 10-30 см, березы высотой до 5 м, растущие обычно на повышениях, образуют редколесье (сомкнутость крои 0,1-0,2). Встречаются сухие лиственницы, ели и кедры высотой до 20 м, диаметры стволов до 40 см. На сфагновом ковре встречается редко крайне угнетенный подрост лиственницы, кедра и березы.

В подлеске высотой до 1,2 м — карликовая береза, ивы (*Salix glauca*, *S. phylicifolia*). Сомкнутость полога 0,2-0,3.

В травяно-кустарничковом ярусе высотой до 40 см преобладает морошка (30-50%), часто встречаются *Carex globularis*, *Cassandra calyculata*, *Empetrum nigrum*, *Ledum palustre*, *Oxycoccus microcarpus*, *Vaccinium uliginosum*, *V. vitis-idaea*; изредка — *Andromeda polifolia*, *Calamagrostis neglecta*, *Pinguicula villosa*. Общее покрытие яруса 40-60%.

В сплошном папочвенном покрове преобладают *Sphagnum fuscum* (30-50%), *S. acutifolium* (10-30%), *S. lenense* (10-30%), *S. angustifolium* (10-20%); часто встречаются *S. girgensohnii*, *Polytrichum commune*, *P. strictum*, *Cladonia alpestris* (10-20%), *C. rangiferina* (10-20%), *Cetraria cucullata*, *C. islandica*, *Nephroma arcticum*, *Peltigera aphthosa*.

Торфяно-глеевая почва протаивает на 30-50 см.

Дальнейшее нарастание мхов и накопление торфа влечет полное отмирание древостоя и подростов, угнетение роста кустарников и кустарничков. По мере гибели древостоя и изреживания кустарников количества снега в редколесьях уменьшается, так как он сползает в залесенные и закустаренные участки, в понижениях и т. п. Поверхность болот становится суше, а почвы и грунты холоднее. Сфагновые мхи в этих условиях постепенно сменяются лишайниками. Лишайники вытесняют мхи сначала на повышениях (буграх, подушках), в то время как в понижениях сфагны продолжают нарастать, заполняя их торфом. На повышениях под лишайниками торф не накапливается. В результате поверхность болот постепенно выравнивается.

Кустарничково-лишайниковые тундры сменяют таким путем редколесья на сфагновых болотах через 300-350 лет после пожара. Встречаются отдельные сухие деревья.

В травяно-кустарничковом ярусе высотой до 30 см преобладают багульник (*Ledum palustre* 20-30%), морошка (10-30%), голубика (10-30%), брусника (10-20%); часто встречаются *Empetrum nigrum*, *Carex globularis*, *Oxycoccus microcarpus*. Общее покрытие яруса 30-50%.

В сплошном папочвенном покрове господствуют *Cladonia alpestris* (50-80%), *C. rangiferina* (10-30%); часто встречаются *Alectoria ochroleuca*, *A. nigricans*, *Cetraria cucullata*, *C. islandica*, *C. chrysantha*, *C. nivalis*, *Cladonia amaurocraea*, *C. coccifera*, *C. cornuta*, *C. deformis*, *C. gracilis*, *C. uncialis*, *Cornicularia divergens*, *Nephroma arcticum*, *Sphagnum fuscum*, *S. acutifolium*, *Polytrichum strictum*, *Dicranum angustum*, *D. elongatum*.

Торфяная почва протаивает на 30-60 см.

Кустарничково-лишайниковые тундры — заключительная стадия развития растительного покрова на сугликах в подзоне редкостойных лесов севера Западной Сибири (табл. 3).

Таким образом, за период 300-350 лет на обнаженных дрепированных сугликах развивающиеся вначале березняки сменяются смешанными зеленомоховыми лесами, постепенно заболачивающимися и превращающимися в редкостойные смешанные сфагновые леса. Редкостойные смешанные леса с покровом из сфагновых мхов сменяются болотами с редким древостоем. В конечном итоге на месте леса формируются плоские торфяники, покрытые тундровой растительностью.

Плоские торфяники, возникшие на месте леса, характеризуются

Таблица 3

Изменение глубины протаивания и температуры суглинистых грунтов в процессе смен растительного покрова на дрепированных участках в подзоне редкостойных лесов севера Западной Сибири (1 — стадия развития растительного покрова; 2 — сомкнутость крои древостоя; 3 — толщина папочвенного покрова, см; 4 — толщина торфяного слоя, см; 5 — глубина протаивания, см; 6 — температура грунтов на глубине 5-7 м).

1	2	3	4	5	6
Березняки травяные	0,6-0,8	нет	нет	*	+0,1-+3,0°
Смешанные зеленомоховые леса	0,6-0,8	5-7	5-15	60-80	-0,1--0,5°
Редкостойные смешанные сфагновые леса	0,3-0,5	5-10	20-30	30-70	-0,2--0,5°
Редколесья на сфагновых болотах	0,1-0,2	5-10	40-60	30-50	-0,2--1,0°
Кустарничково-лишайниковые тундры	нет	5-7	60-90	30-60	-1,0--2,5°

* — сезонноморзлый слой протаивает

небольшой мощностью торфа (обычно не больше 100 см), что обусловлено коротким периодом торфообразования. Образование торфа в лесу вызывает гибель древостоя и изреживание кустарников, вследствие чего уменьшается накопление снега и увлажнение сфагнового ковра снеговой водой. Это приводит к смене сфагновых мхов-торфообразователей лишайниками и к прекращению накопления торфа.

Так развиваются и заболачиваются леса на дренированных суглинках. Незбежность заболачивания леса и смены его тундрой является следствием образования вечной мерзлоты под лесом, в котором развивается сплошной моховой покров. В этом заключается характерная особенность динамики растительного покрова в подзоне редкостойных лесов севера Западной Сибири.

Заболачивание леса на слабо дренированных суглинках

На слабодренированных участках лес заболачивается быстрее, чем на сильнодренированных. Характерная особенность слабодренированных участков, сложенных суглинками, наличие повышений 0,3-1,0 м различной формы, перемежающихся мокрыми понижениями. Обычно такие повышения образуются в результате неравномерного пучения грунтов, связанного с неравномерным промерзанием и оттаиванием.

Через несколько лет после пожара, уничтожившего растительность, на таких участках развивается очень разнообразный травостой. На повышениях господствует вейник (*Calamagrostis langsdorffii*) и пшавчай (*Chamaenerion angustifolium*) высотой до 2 м, часто встречаются *Cirsium heterophyllum*, *Anthriscus sylvestris*, *Galium boreale*, *Geranium albiflorum*, *Myosotis asiatica*, *Senecio nemorensis*, *Trollius asiaticus*, *Veratrum lobelianum*, *Veronica longifolia*. В понижениях господствуют *Eriophorum scheuchzeri*, *E. russeolum*, *Carex aquatilis*, *C. willuica*, часто встречаются *Caltha palustris*, *Carex canescens*, *C. magellanica*, *Epilobium palustre*, *Myosotis palustris*, *Nardosmia frigida*.

Подраст березы, лиственницы, ели и кедра развивается среди травостоя только на сухих повышениях. Через несколько лет возникают **березняки травяные**. В отличие от подобных березняков на дренированных участках они не образуют зрелых древостоев и встречаются только в стадии жердяка. В древесном ярусе высотой 2,5-5 м преобладают березы, часто встречаются лиственницы, реже ели и кедры. Диаметры стволов берез в возрасте 20-40 лет 2-7 см. Сомкнутость крон 0,5-0,7.

В подлеске — ольха, пшвы (*Salix lanata*, *S. glauca*, *S. phylicifolia*, *S. lapponum*), карликовая береза; высота кустарников 1-2,5 м. Сомкнутость полога 0,2-0,4.

В травостое на повышениях преобладает вейник *Calamagrostis langsdorffii* (20-40%), часто встречаются *Aconitum chekanowskii*, *Aconitum excelsum*, *Cirsium heterophyllum*, *Delphinium elatum*, *Geranium albiflorum*, *Senecio nemorensis*, *Saxifraga punctata*, *Trollius asiaticus*, *Veratrum lobelianum*, *Veronica longifolia*, *Viola epipsila*.

Общее покрытие трав 40-70%. В понижениях преобладают *Carex aquatilis* (10-20%), *C. willuica* (10-20%), *Eriophorum scheuchzeri* (10-20%); часто встречаются *Carex canescens*, *Epilobium palustre*, *Myosotis palustris*, *Nardosmia frigida*.

Вследствие большой влажности почвы в понижениях и не очень сильной затененности мхи развиваются довольно быстро, особенно в понижениях, и через 20-30 лет покрывают более 50% поверхности почвы. На повышениях преобладают *Polytrichum commune*, *P. strictum*, *Pleurozium schreberi*, *Hylocomium splendens*, *Ptilium crista castrensis*, а в понижениях — *Aulacomnium palustre*, *Sphagnum angustifolium*, *S. girgensolmii*, *S. squarrosum*, *Tomenthypnum nitens*. Почва — слабоподзолистая, оглеенная пылевато-суглинистая на повышениях и поверхностно-глеевая в понижениях. Сезонномерзлый слой почвы обычно протаявает ежегодно полностью в течение части лета и вечная мерзлота под такими березняками деградирует. В березняках развивается сплошной моховой покров, особенно пышный в понижениях, большая часть трав отмирает, рост деревьев сильно угнетается.

Березняки сфагново-долгомоховые сменяют березняки травяные через 40-60 лет после пожара. Березы высотой до 7 м, диаметры стволов не больше 10 см преобладают в древостое, часто встречаются лиственницы, реже ели и кедры. Сомкнутость крон 0,5-0,7. Подрастают пшвы.

В редком подлеске сомкнутость полога 0,2-0,3 те же виды, что и в березняке травяном.

В травяно-кустарничковом ярусе высотой до 40 см господствует морошка (20-30%), часто встречаются вейник (*Calamagrostis langsdorffii*), *Carex globularis*, *Empetrum nigrum*, *Ledum palustre*, *Linnaea borealis*, *Rubus arcticus*, *Vaccinium myrtillus*, *V. uliginosum*, редко *V. vitis-idaea*.

В сплошном папочковом покрове преобладают *Polytrichum commune* (30-60%), *P. strictum* (10-30%), *Sphagnum angustifolium* (20-40%), *S. girgensolmii* (10-30%), *S. squarrosum* (10-20%), *Tomenthypnum nitens* (10-20%), *Hylocomium splendens* (10-20%); *Pleurozium schreberi* (10-20%), *Aulacomnium palustre* (10-20%); часто встречаются *Ptilium crista castrensis*, *Cetraria cucullata*, *C. islandica*, *Cladonia rangiferina*, *Peltigera aphthosa*. Сфагновые мхи господствуют в понижениях. Почва — торфянисто-глеевая пылевато-суглинистая.

С развитием сплошного мохового покрова и образованием торфянистого горизонта протаивание почвы замедляется, наступает момент, когда сезонномерзлый слой не протаивает полностью в течение лета, образуются перелетки, а впоследствии — вечная мерзлота, верхняя поверхность которой располагается на глубине 60-80 см. Образование вечной мерзлоты усиливает заболоченность почвы на повышениях и способствует падению сфагновых мхов на них из понижений. Мощный сфагновый ковер погребает корни деревьев, рост которых угнетается, часть деревьев гибнет, древостой становится реже.

Редкостойные березняки сфагновые сменяют таким образом березняки сфагново-долгомоховые через 70-90 лет после пожара. Лиственницы высотой до 10 м (диаметры стволов их 7-15 см) с редкими кронами возвышаются над искривленными и отмирающими березами, высота которых 3-5 м, диаметры стволов — 3-10 см. Изредка встречаются угнетенные кедры и ели высотой до 6 м. Сомкнутость крон 0,3-0,5.

В подлеске высотой до 1,5 м встречаются карликовая береза и ивы (*Salix glauca*, *S. lanata*, *S. phylicifolia*).

В травяно-кустарничковом ярусе высотой до 40 см преобладает морошка (20-30%), часто встречаются *Andromeda polifolia*, *Carex globularis*, *Cassandra calyculata*, *Empetrum nigrum*, *Equisetum sylvaticum*, *Ledum palustre*, *Vaccinium uliginosum*, *V. vitis-idaea*. Общее покрытие яруса 30-50%.

В сплошном напочвенном покрове преобладают *Sphagnum angustifolium* (30-50%), *S. girgensohnii* (30-50%), *Polytrichum commune* (10-30%); часто встречаются *Sphagnum squarrosum*, *Polytrichum strictum*, *Hylocomium splendens*, *Pleurozium schreberi*, *Cetraria islandica*, *Cladonia alpestris*, *C. rangiferina*, *C. sylvatica*, *Peltigera aphthosa*. Торфянисто-глеевая почва протаивает на 40-70 см.

Дальнейшее нарастание сфагновых мхов и накопление торфа ведет к поднятию верхней поверхности вечной мерзлоты, усиливает поверхностное заболачивание почвы, погребает корни деревьев, которые отмирают. В этот период наблюдается массовая гибель деревьев в редкостойном лесу. Сохраняются лишь отдельные экземпляры на наиболее сухих повышениях, где мхи нарастают медленнее, чем на других участках.

Редколесья на сфагновых болотах сменяют березняки сфагновые через 100-150 лет после пожара. Отдельные отмирающие лиственницы, березы, ели и кедры высотой не более 10 м (обычно 5-7 м) образуют редкий древостой (сомкнутость крон 0,1-0,2).

В подлеске высотой до 1,5 м преобладает карликовая береза, встречаются ивы (*Salix glauca*, *S. lanata*, *S. lapponum*, *S. myrtilloides*, *S. phylicifolia*). Сомкнутость полога подлеска 0,2-0,4.

В подлеске высотой до 1,5 м преобладает карликовая береза, встречаются ивы (*Salix glauca*, *S. lanata*, *S. lapponum*, *S. myrtilloides*, *S. phylicifolia*). Сомкнутость полога подлеска 0,2-0,4.

В травяно-кустарничковом ярусе высотой до 40 см преобладает морошка (20-40%), часто встречаются *Andromeda polifolia*, *Carex globularis*, *Cassandra calyculata*, *Empetrum nigrum*, *Ledum palustre*, *Oxycoccus microcarpus*, *Pinguicula villosa*, *Vaccinium uliginosum*, *V. vitis-idaea*. Общее покрытие яруса 30-60%.

В сплошном напочвенном покрове преобладают *Sphagnum fuscum*, (30-50%), *S. angustifolium* (10-30%), *S. acutifolium* (10-20%), *S. lenense* (10-30%), *S. girgensohnii* (10-20%); часто встречаются *Cetraria cucullata*, *C. islandica*, *Cladonia alpestris*, *C. gracilis*, *C. rangiferina*, *C. uncialis*, *Nephroma arcticum*, *Peltigera aphthosa*. Торфяно-глеевая почва протаивает на 30-50 см.

Дальнейшее нарастание сфагновых мхов и накопление торфа ведет к полному отмиранию деревьев и большей части кустарников. В связи с изреживанием кустарников уменьшается количество снега на поверхности болота, что влечет смену сфагновых мхов лишайниками.

Кустарничково-лишайниковые тундры сменяют редколесья на сфагновых болотах.

В травяно-кустарничковом ярусе высотой до 40 см преобладают *Ledum palustre* (20-40%), морошка (10-30%), голубика (10-20%), брусника (10-20%), водяника (10-20%), карликовая береза (10-20%); часто встречаются *Carex globularis*, *Cassandra calyculata*. Общее покрытие яруса 30-60%.

В сплошном напочвенном покрове преобладают *Cladonia alpestris* (40-60%), *C. rangiferina* (10-30%), *Cetraria cucullata* (10-20%), *C. islandica* (10-20%), *C. nivalis* (10-20%); часто встречаются *Alectoria ochroleuca*, *A. nigricans*, *Cladonia amaurocraea*, *C. coccifera*, *C. cornuta*, *C. deformis*, *C. gracilis*, *C. mitis*, *C. uncialis*, *Cornicularia divergens*, *Sphagnum fuscum*, *S. acutifolium*.

Торфяная почва протаивает на глубину 30-60 см.

В течение 150-180 лет на слабодренированных суглинках, где растительный покров был уничтожен, наблюдается следующая серия смен растительного покрова: березняки с травяным покровом сменяются березняками сфагново-долгомоховыми, которые трансформируются в редкостойные березняки сфагновые, сменяющиеся редколесьями на сфагновых болотах, последние превращаются в кустарничково-лишайниковые тундры. Заболачивание леса в данном случае обусловлено наступлением сфагновых мхов из понижений, где они находят благоприятные условия для развития. Это заболачивание усиливается возни-

Таблица 4

Изменение глубины протавания и температуры суглинистых грунтов в процессе смен растительного покрова на слабодренированных участках в подзоне редкостойных лесов Западной Сибири (1 – стадии развития растительного покрова; 2 – сомкнутость крош деревьев; 3 – толщина напочвенного покрова, см; 4 – толщина торфяного слоя, см; 5 – глубина протавания, см; 6 – температура грунтов на глубине 5-7 м).

	1	2	3	4	5	6
Березняки травяные		0,5-0,7	нет	нет	*	+0,1-+3,0°
Березняки сфагново-долгомоховые		0,5-0,7	8-15	5-15	60-80	-0,1--0,3°
Редкостойные березняки сфагновые		0,3-0,5	10-15	15-30	40-70	-0,1--0,5°
Редколесья на сфагновых болотах		0,1-0,2	5-10	40-60	30-50	-0,5--1,0°
Кустарничково-лишайниковые тундры		нет	5-10	50-90	30-60	-1,0--2,5°

* – сезонномерзлый слой протавает

кповерхней вечной мерзлоты на глубине несколько десятков сантиметров от поверхности почвы под влиянием развития сплошного мохового покрова. Эта серия смен растительного покрова сопровождается уменьшением глубины протавания и понижением температуры грунтов, обусловленных нарастанием мхов и накоплением торфа (табл. 4).

Заболачивание леса на песках

Процесс заболачивания леса на песчаных почвах широко развит на севере Западной Сибири. Лес заболачивается как на дрепированных, так и на слабодренированных участках. Серию смен растительного покрова удобно рассмотреть на примере зарастания аллювиальных наносов.

В поймах рек Таза, Надыма, Пуры и менее крупных прирусловых пески вначале зарастают травами.

Хвоцевые луга развиваются в нижней части прирусловой поймы и граничат с песчаным пляжем, на котором нет взрослых сосудистых растений. Покрытие хвоща увеличивается вверх по склонам прирусловых валов от 10 до 70%. Кроме господствующего хвоща (*Equisetum arvense*) часто встречаются *Deschampsia caespitosa*, *Bromus inermis*, *Artemisia borealis*, *Pyrethrum bipinnatum*, *Vicia cracca* и др.

По мере отложения наплава уровень поверхности поймы, занятой хвоцевыми лугами, повышается, уменьшаются период затопления и

количество ежегодно отлагаемого аллювия. Так создаются условия, благоприятные для развития разнотравья и злаков.

Злаково-разнотравные луга сменяют хвоцевые во времени и по направлению к вершинам прирусловых валов. Преобладают разные виды на различных участках: *Deschampsia caespitosa* (20-40%), *Poa pratensis* (10-30%), *Bromus inermis* (10-30%), хвощ (10-30%), *Ranunculus borealis* (10-30%); часто встречаются *Alopecurus pratensis*, *Agrostis stolonifera*, *Calamagrostis langsdorffii*, *Festuca rubra*, *Artemisia borealis*, *A. vulgaris*, *Aster sibiricus*, *Cerastium fischerianum*, *Galium boreale*, *Polygonum laxmanii*, *P. viviparum*, *Ptarmica impatiens*, *P. vulgaris*, *Pyrethrum bipinnatum*, *Rumex graminifolius*, *Rumex acetosa*, *Sanguisorba officinalis*, *Solidago virgaurea*, *Taraxacum officinale*, *Trifolium lupinaster*, *Vicia cracca*, *Veronica longifolia*. На лугах встречается подрост ив – *Salix viminalis*, *S. dasyclados*.

Ивняки ветниковые сменяют луга на верхних частях склонов и вершинах прирусловых валов. Древовидные ивы (*Salix viminalis*, *S. dasyclados*) высотой 5-8 м образуют сомкнутый ярус (сомкнутость крош 0,6-0,8). Во втором кустарниковом ярусе высотой до 2,5 м встречаются жимолость (*Lonicera coerulea*) и смородина (*Ribes pubescens*).

В травостое высотой до 80 см преобладают ветник (*Calamagrostis langsdorffii*) 20-40%, княженика (*Rubus arcticus*) 10-20%, лютик (*Ranunculus repens*) 10-20%, хвощ (*Equisetum arvense*) 10-20%; встречаются *Bromus inermis*, *Poa nemoralis*, *Galium boreale*, *Mentha austriaca*, *Ptarmica impatiens*, *P. vulgaris*, *Solidago virgaurea*, *Vicia cracca*, *Veronica longifolia*, *Viola uniflora*.

Заросли ив перемежаются полянами, занятыми лугами, на которых свежие напосы песка, ила, растительных остатков. На таких полянах встречается подрост березы, лиственницы. Однако березняки на вершинах прирусловых валов не развиваются, так как деревья ломаются льдинами во время ледохода. Ивы мало повреждаются ледоходом, обычно они пригибаются льдинами, поврежденные же быстро отрастают, образуя побеги длиной до 2 м за вегетацию.

По мере отступления реки на намывном берегу образуются новые прирусловые валы. Понижения между старыми валами заполняются аллювием, и эти участки становятся центральной частью поймы. На высоких уровнях центральной поймы подрост березы и лиственницы хорошо развивается.

Березняки травяные сменяют ивняки ветниковые в центральной части поймы, примыкающей к прирусловой. Березы высотой до 15 м, диаметры стволов 10-20 см образуют основную массу древо-



Рис. 10. Березняк травяной в пойме Ярудея (приток Надыма).

стоя, в котором встречается примесь лиственницы (до 30%), особенно много лиственницы вблизи северного предела леса, где она растет так же быстро, как и береза. Сомкнутость кроп 0,6-0,8 (рис. 10).

В подлеске высотой 3-5 м встречаются ольха (*Alnus fruticosa*), черемуха (*Padus sibirica*), рябина (*Sorbus sibirica*), ивы (*Salix jenisseensis*, *S. pyrolifolia*). Во втором ярусе подлеска высотой до 2,5 м — жимолость, смородина (*Ribes nigrum*, *R. pubescens*), шиповник (*Rosa acicularis*). Сомкнутость полога 0,2-0,4.

В травостое преобладают разные виды на различных участках: вейник (*Calamagrostis langsдорфii*, 10-30%), хвощ (*Equisetum pratense*, 10-20%), княженика (*Rubus arcticus*, 10-30%); часто встречаются *Aconitum chekanovskii*, *A. excelsum*, *Delphinium elatum*, *Galium boreale*, *Geranium albiflorum*, *Moehringia lateriflora*, *Senecio nemorensis*, *Solidago virgaurea*, *Trientalis europaea*, *Trollius asiaticus*, *Veratrum lobelianum*, *Veronica longifolia*, *Viola uniflora*, *V. epipsila*, *V. biflora*. Общее покрытие травостоя 40-60%.

Моховой покров развит слабо, мхи растут в основном на стволах упавших деревьев и на припочвенных участках стволов, а также на различных повышешнях. Встречаются *Hylocomium splendens*, *Pleurozium schreberi*, *Drepanocladus uncinatus*, *Climacium dendroides*, *Rhytidiadelphus triquetrus*, *Ptilium crista castrensis*. Почва — дерновая слабооподзоленная песчаная.

Сезонномерзлый слой почвы ежегодно проталивает полностью в течение части лета, и вечной мерзлоты под березняками, так же как и под ивняками нет. Ежегодно откладывающийся слой налпка и обильный опад листьев подавляют развитие мхов в березняке. Однако по мере повышения уровня поверхности поймы она покрывается водой все реже и на короткий срок, количество отлагаемого налпка уменьшается так, что он препятствует развитию мхов. Березы, достигшие предельного возраста, отмирают, древостой становится реже, уменьшается количество опадающих листьев. Все это создает благоприятные условия для роста мхов.

Лиственнично-березовые зеленомоховые леса сменяют березняки травяные. Лиственницы высотой 15-25 м с диаметрами стволов 30-70 см возвышаются над березами, образующими второй древесный ярус высотой 7-12 м с диаметрами стволов 10-25 см, встречаются ели высотой 12-15 м и диаметром стволов до 30 см, а на юге подзоны и кедры высотой до 15 м с диаметрами стволов до 25 см. Сомкнутость кроп 0,6-0,8 (рис. 11).

В подлеске те же виды, что и в березняке травяном (с. 59), кроме того, изредка встречается можжевельник (*Juniperus sibirica*). Сомкнутость полога подлеска 0,2-0,4.



Рис. 11. Лиственнично-березовый зеленомоховой лес в пойме р. Надым.

В травяно-кустарничковом ярусе высотой до 60 см (покрытие 10-30%) встречаются *Calamagrostis langsдорffii*, *Equisetum pratense*, *Ledum palustre*, *Linnaea borealis*, *Lycopodium annotinum*, *Rubus arcticus*, *R. humilifolius*, *R. chamaemorus*, *Vaccinium uliginosum*, *V. vitis-idaea*, *Veronica longifolia*.

В сплошном напочвенном покрове преобладают *Hylocomium splendens* (30-60%), *Pleurozium schreberi* (20-50%), *Polytrichum commune* (20-30%); часто встречаются *Climacium dendroides*, *Ptilium crista castrensis*, *Rhytidiadelphus triquetrus*, *Peltigera aphthosa*; в понижениях — *Sphagnum angustifolium*, *S. girgensohnii*.

Развитие сплошного мохового покрова и образование торфянистого горизонта под ним замедляет протаивание почвы. Наступает момент, когда протаивание ее настолько замедляется, что сезонно-мерзлый слой не протаивает полностью в течение лета, образуются перелетки мерзлоты. В последующие годы слой почвы под перелетками промерзает в течение части зимы, а затем промерзают слои грунта, залегающие ниже перелетков. Так, под лиственнично-березовыми зеленомоховыми лесами образуется вечная мерзлота. Образование перелетков резко изменяет водный и воздушный режим почвы. Если до образования перелетков излишняя влага легко просачивалась в грунт из почвы, т. е. существовал промывной режим, то образование слоя водонепроницаемой мерзлоты прекращает глубокий сток, вода застывает в надмерзлотных горизонтах почвы. Вода насыщает до предела ширшие надмерзлотные горизонты почвы, полностью вытесняя из них воздух. Создаются анаэробные условия жизни.

После промерзания водонасыщенных надмерзлотных слоев почвы образуется значительно больше льда, чем в почве, не подстилаемой вечной мерзлотой. На оттаивание этого льда затрачивается много тепла, поэтому почва становится холоднее и глубина протаивания ее резко уменьшается. Уменьшение глубины протаивания, влекущее поднятие верхней поверхности вечной мерзлоты, вызывает несреужлаживание верхних горизонтов почвы. Так, дренажная песчаная почва, благодаря образованию вечной мерзлоты под лиственнично-березовыми лесами, заболачивается. Это вызывает смену зеленых мхов сфагновыми.

Березово-лиственничные сфагновые леса сменяют лиственнично-березовые зеленомоховые леса. Лиственницы высотой 10-20 м, диаметры стволов их 10-40 см характеризуются редкими кронами с обильем сухих ветвей, сплошь покрытых лишайниками (*Bryopogon chalybeiformis*, *Evernia thamnoides*, *Parmelia sulcata* и др.),

встречаются ели и кедровые деревья высотой до 15 м, диаметры стволов 10-30 см, много суховершинных и сухих деревьев, диаметры стволов сухих экземпляров достигают 60-70 см, что свидетельствует о благоприятных условиях их роста в прошлом. Березы обычно образуют отдельный ярус высотой 4-8 м, кроны их редкие, стволы в верхних частях кривые, диаметры стволов 5-20 см. Большая часть берез поражена сердцевинной гнилью. Сомкнутость кроны 0,5-0,7.

В редком (сомкнутость полога 0,1-0,2) подлеске — ольха, ивы (*Salix phylicifolia*, *S. glauca*).

В травяно-кустарничковом ярусе высотой до 40 см преобладает морошка (30-50%), часто встречаются *Cassandra calyculata*, *Ledum palustre*, *Vaccinium uliginosum*, *V. vitis-idaea*, изредка — *Calamagrostis langsdorfii*, *Linnaea borealis*, *Trientalis europaea*. Общее покрытие яруса 30-60%.

В сплошном напочвенном покрове преобладают *Sphagnum angustifolium* (30-50%), *S. girgensohnii* (30-60%), *Polytrichum commune* (20-30%); часто встречаются *Hylocomium splendens*, *Pleurozium schreberi*, *Ptilidium ciliare*, *Peltigera aphthosa*. Почва — торфяно-глеевая супесчаная, протаивает на 35-60 см.

Быстрое нарастание сфагнов и накопление торфа способствуют повышению верхней поверхности вечной мерзлоты, усилению поверхностного заболачивания почвы. Корни деревьев и кустарников погружаются торфом, мхами, захватываются вечной мерзлотой или оказываются в анаэробных горизонтах почвы. Все это влечет отмирание корней и гибель деревьев и кустарников. Через несколько десятков лет после образования сплошного сфагнового ковра в таких лесах начинается быстрое изреживание древостоя.

Редколесья на сфагновых болотах сменяют таким образом березово-лиственничные сфагновые леса. Они характеризуются обилием сухих деревьев и крайней угнетенностью древостоя. Отмирающие березы, лиственницы, ели и кедровые деревья с редкими кронами, в которых больше сухих ветвей, чем живых, образуют редколесье (сомкнутость кроны — 0,1-0,2).

В подлеске высотой до 1,2 м преобладает карликовая береза, встречаются ивы (*Salix glauca*, *S. lapponum*, *S. phylicifolia*). Сомкнутость полога 0,2-0,4.

В травяно-кустарничковом ярусе господствует морошка (20-40%), часто встречаются *Andromeda polifolia*, *Cassandra calyculata*, *Carex globularis*, *Empetrum nigrum*, *Ledum palustre*, *Oxycoccus microcarpus*, *Vaccinium uliginosum*, *V. vitis-idaea*; изредка — *Linnaea borealis*, *Pinguicula villosa*. Общее покрытие яруса 30-60%.

В сплошном напочвенном покрове господствуют *Sphagnum angustifolium* (20-50%), *S. acutifolium* (10-30%), *S. girgensohnii* (20-50%), *S. fuscum* (20-60%), *Polytrichum commune* (10-20%), *P. strictum* (10-20%); часто встречаются *Hylocomium splendens*, *Pleurozium schreberi*, *Ptilidium ciliare*, *Cladonia rangiferina* (10-20%), *C. alpestris*, *Cetraria cucullata*, *C. islandica*, *Nephroma arcticum*, *Peltigera aphthosa*.

Торфяная почва протаивает на 30-50 см.

По мере накопления торфа и нарастания сфагновых мхов поверхность болота повышается над уровнем поймы настолько, что она уже не заливается в половодье. Растения болота переходят в основном на питание атмосферными осадками. В этих условиях деревья полностью отмирают, а сфагновые мхи сменяются лишайниками.

Кустарничково-лишайниковые тундры сменяют редколесья на сфагновых болотах.

В травяно-кустарничковом ярусе высотой до 40 см преобладают *Ledum palustre* (20-30%), карликовая береза (10-20%) в понижениях, морошка (20-40%), голубика (10-30%), брусника (10-20%), часто встречаются *Oxycoccus microcarpus*, *Carex globularis*, *Calamagrostis lapponica*, *Pinguicula villosa*. Общее покрытие яруса 30-60%.

В сплошном напочвенном покрове преобладают *Cladonia alpestris* (30-50%), *C. rangiferina* (10-30%), *Cetraria cucullata* (10-20%), *C. islandica* (10-20%), *Cladonia mitis* (10-20%); часто встречаются *Alectoria ochroleuca*, *A. nigricans*, *Cladonia amaurocraea*, *C. coccifera*, *C. cornuta*, *C. gracilis*, *C. uncialis*, *Cornicularia divergens*, *Cetraria nivalis*, *Nephroma arcticum*, *Sphagnum fuscum* (10-20%), *S. acutifolium* (10-20%), *Pleurozium schreberi*, *Hylocomium splendens*, *Polytrichum strictum*, *Dicranum elongatum*.

Торфяная почва протаивает на 30-60 см.

Таким путем леса заболачиваются даже на дренированных песках в поймах рек. И здесь основной причиной заболачивания леса служит образование водоупорного слоя вечной мерзлоты в почве на глубине нескольких десятков сантиметров. Вечная мерзлота формируется под воздействием охлаждающего влияния мохового покрова, развивающегося в лесах. Это охлаждающее влияние оказывается более значительным, чем тепляющее воздействие речной воды. Даже в самых теплых талых грунтах, залегающих в поймах рек севера Западной Сибири, под влиянием развития мохового покрова в лесах возникает вечная мерзлота, способствующая заболачиванию почвы, смене леса болотом и, наконец, тундрой.

В процессе смены растительного покрова в данной пойменной серии наблюдается понижение температуры грунтов и уменьшение глу-

бины протавания почвы, т. е. повышение верхней поверхности вечной мерзлоты (табл. 5).

На песчаных террасах и междуречных холмах, сложенных песками, процесс заболачивания леса в сущности не отличается от охарактеризованного в поймах рек и также обусловлен образованием водонепроницаемого слоя вечной мерзлоты в почве под влиянием охлаждающего воздействия развивающегося сплошного мохового покрова.

Процесс заболачивания леса на северном пределе его в Западной Сибири наблюдается повсюду. На большей части южной лесотундры и подзоны редкостойных лесов лес вытеснен тундрами после их заболачивания. Лесные участки занимают в настоящее время незначительную площадь (не более 20%) в этих подзонах. Леса и редколесья распространены в основном в долинах рек и на дренированных участках междуречий. Остальная территория, на которой прежде был лес, занята тундрами, развитыми на плоских маломощных торфяниках.

Поскольку леса и редколесья сменяются тундрами в течение 2-3,5 столетий, возникает вопрос: почему не все леса сменялись тундрами на этой территории? Дело в том, что основные древесные породы этой территории береза и лиственница — пиоперы, они хорошо возобновляются на участках, где нет сильного затенения и сплошного напочвенного

Таблица 5

Изменение глубины протавания и температуры песчаных грунтов в процессе смен растительного покрова в поймах рек подзоны редкостойных лесов Западной Сибири (1 — стадии развития растительного покрова; 2 — сомкнутость кроны деревьев, кустарников; 3 — толщина напочвенного покрова, см; 4 — толщина торфяного слоя, см; 5 — глубина протавания, см; 6 — температура грунтов на глубине 5-7 м).

1	2	3	4	5	6
Луга	нет	нет	нет	*	+1-+3°
Ивняки ветвистые	0,6-0,8	нет	нет	то же	+1-+3°
Березняки травяные	0,6-0,8	нет	нет	то же	+1-+3°
Лиственнично-березовые зеленомоховые леса	0,6-0,8	5-10	5-20	50-80	-0,1--0,5°
Березово-лиственничные сфагновые леса	0,5-0,7	7-15	20-35	35-60	-0,2--0,5°
Редколесья на сфагновых болотах	0,1-0,2	7-15	30-60	30-50	-1,0--2,0°
Кустарничково-лишай- никовые тундры	нет	5-10	50-100	30-60	-1,5--2,5°

* — сезонномерзлый слой протавает

го покрова из мхов и лишайников. Такие участки постоянно образуются в поймах рек на свежих напосах, на склонах коренных берегов рек и холмов междуречий обнаженные участки образуются в результате эрозии и термоэрозии, они также заселяются лесом.

На древних террасах и коренных берегах рек, а также на междуречьях благоприятные условия для поселения леса создаются после низовых пожаров в лесах, редколесьях и выгорания торфа на бугристых торфяниках.

Заболачивание леса на слабодренированных песчаных почвах

На слабодренированных песках, где грунтовые воды расположены на глубине нескольких десятков сантиметров, леса и редколесья быстро заболачиваются.

Березняки травяные обычно развиваются через 1-2 десятка лет после низовых пожаров, уничтоживших полностью или частично торфянистый слой почвы и напочвенный покров. Вблизи лесотундры в березняках примесь лиственницы достигает 30%. Высота жердняка 2-4 м, диаметры стволов 2-5 см, сомкнутость кроны 0,4-0,6.

В травостое преобладает ветвистик (*Calamagrostis langsdorffii*) 20-40%, хвощ (*Equisetum sylvaticum*) 10-20%, морошка (*Rubus chamaemorus*) 20-30%; часто встречаются *Carex globularis*, *Epilobium palustre*, *Equisetum palustre*, *Parnassia palustris*, *Rubus arcticus*, *Veronica longifolia*. Общее покрытие трав — 60-80%.

В подлеске — *Betula nana* и *Alnus fruticosa*. Сомкнутость полога 0,1-0,2.

Почва — дерново-слабоподзоленная оглеенная песчаная. Сезонномерзлый слой протавает ежегодно полностью. Вечной мерзлоты под почвой нет.

В таких березняках развивается сплошной покров политриховых мхов.

Березняки-долгомошники сменяют березняки травяные через 30-40 лет после пожара. Высота берез и лиственниц 3-6 м, диаметры стволов 4-10 см. Стволы их искривлены, кроны редкие. Сомкнутость кроны 0,3-0,5.

В подлеске — карликовая береза и очень угнетенная ольха, сомкнутость полога подлеска около 0,1.

В травяно-кустарничковом ярусе господствует морошка (20-50%); часто встречаются *Carex globularis*, *Equisetum sylvaticum*, *E. palustre*; изредка — *Calamagrostis langsdorffii*, *Rubus arcticus*, *Ledum palustre*, *Vaccinium uliginosum*, *V. vitis-idaea*.

В сплошном напочвенном покрове преобладают *Polytrichum commune* (40-60%), *P. strictum* (10-30%), *Sphagnum angustifolium* (10-30%), *S. girgensohnii* (10-30%).

Подрост на сплошном моховом ковре не развивается.

При близком залегании грунтовых вод пышно разрастаются политриховые мхи, а в понижениях — сфагновые. Быстро нарастающие мхи создают неблагоприятные условия для роста и жизнедеятельности корней деревьев. Развитие сплошного мохового покрова и образование торфянистого слоя почвы замедляют прогревание и протаивание почвы и создают таким путем условия для образования вечной мерзлоты. Под моховым ковром и торфянистым слоем толщиной более 10 см вечная мерзлота залегает на глубине 40-60 см. Следовательно, минеральные горизонты почвы переувлажнены в течение всего периода вегетации. В таких условиях сфагновые мхи вытесняют политриховые. Накопление торфа под сфагнами ускоряется, корни деревьев погибают, мхам, торфом, попадая таким образом в анаэробные условия, и отмирают. В результате этого большая часть деревьев гибнет.

Редколесья на сфагновых болотах сменяют березняки-долгомошники через 60-80 лет после пожара. Отдельные крайне угнетенные и отмирающие лиственницы и березы высотой не более 7 м и диаметром стволов 5-15 см образуют очень редкий древостой (состоятельность кроны около 0,1).

В травяно-кустарничковом ярусе высотой до 40 см господствует морошка (30-60%); обильны *Andromeda polifolia*, *Carex globularis*, *Cassandra calyculata*, *Empetrum nigrum*, *Ledum palustre*, *Vaccinium uliginosum*, *Oxycoccus microcarpus*; изредка — *Rubus arcticus*, *Vaccinium myrtillus*, *V. vitis-idaea*.

В сплошном напочвенном покрове преобладают *Sphagnum angustifolium* (30-40%), *S. acutifolium* (10-30%), *S. girgensohnii* (10-30%), *S. fuscum* (10-30%); обильны *Polytrichum commune* (10-20%), *P. strictum* (10-20%), *Cladonia alpestris* (10-20%), *C. rangiferina* (10-20%), *Cetraria islandica* (10-20%), *C. cucullata* (до 10%), *Cladonia amaurocraea*, *C. gracilis*, *C. uncialis*, *Ptilidium ciliare*.

Почва — торфяная или торфяно-глеевая мелкопесчаная, вечная мерзлота залегает на глубине 40-50 см.

Дальнейшее нарастание сфагновых мхов приводит к полной гибели древостоя, к угнетению и изреживанию кустарничков, которые в данном редколесье образуют отдельный ярус высотой 60-80 см. Кроме карликовой березы в нем встречаются ивы (*Salix glauca*, *S. lanata*). Состоятельность полога 0,2-0,3. Угнетение и изреживание кустарничков сопровождается уменьшением накопления снега на болоте и уменьшением увлажнения сфагнового ковра. В результате ухудшения водоснабжения поверхности болот за счет снеговых вод сфагновые мхи постепенно вытесняются лишайниками.

Таблица 6

Изменение глубины протаивания и температуры песчаных грунтов в процессе смен растительного покрова на слабодренированных участках в южной лесотундре Западной Сибири (1 — стадии развития растительного покрова; 2 — состоятельность кроны; 3 — толщина напочвенного покрова, см; 4 — толщина торфяного слоя, см; 5 — глубина протаивания, см; 6 — температура грунтов на глубине 5-7 м).

1	2	3	4	5	6
Березняки травяные	0,4-0,6	нет	нет	*	+0,1-+3,0°
Березняки-долгомошники	0,3-0,5	8-15	5-15	40-70	-0,1--0,5°
Редколесья на сфагновых болотах	0,1	8-15	40-60	30-50	-0,5--1,5°
Кустарничково-лишайниковые тундры	нет	5-10	60-100	30-60	-1,0--4,0°

* — сезонномерзлый слой протаивает

Кустарничково-лишайниковые тундры сменяют редколесья на сфагновых болотах. Они не отличаются существенно от охарактеризованных кустарничково-лишайниковых тундр, образовавшихся на торфяниках, возникших после гибели редколесий, сформировавшихся на суглинках.

Таким путем за период 100-120 лет на обнаженных слабодренированных песчаных почвах сменяется ряд стадий развития растительного покрова, и леса, возникшие на талых грунтах, трансформируются в болота, а последние сменяются тундрами на вечномерзлых торфяниках (табл. 6).

На слабодренированных песках, так же как и на слабодренированных суглинках, быстрое развитие сплошного мощного мохового покрова и накопление торфа ускоряет заболачивание березняков. Возникновение вечной мерзлоты на глубине нескольких десятков сантиметров способствует усилению поверхностного заболачивания почвы и смене леса болотом.

* * *

Леса и редколесья на их северном пределе на равнинах Западной Сибири и Северо-Восточной Якутии заболачиваются и сменяются тундрами.

В Западной Сибири почвы в лесах и редколесьях заболачиваются в результате образования водоупорного слоя вечной мерзлоты на глубине нескольких десятков сантиметров от поверхности мха. Образование вечной мерзлоты в лесах и редколесьях обусловлено развитием

сплошного мохового покрова и накоплением торфянистого слоя или подстилки, затрудняющих протавание почвы.

На северо-востоке Якутии в пределах Приморской низменности почвы в лесах и редколесьях заболачиваются в результате повышения верхней поверхности вечной мерзлоты по мере развития сплошного мохового покрова и накопления торфянистого слоя.

Редколесья на полигонально-валиковых болотах в поймах рек Северо-Восточной Якутии заболачиваются в результате продвижения сфагновых мхов от центров вогнутых полигонов и межполигональных канав на валки.

На слабодренированных почвах Западной Сибири леса сменяются болотами через несколько десятков лет (60-80) после начала поселения деревьев на обнаженных или слабозаросших участках, а на сильнодренированных — через 250-300 лет.

В северной тайге и южной лесотундре Западной Сибири на месте заболоченных лесов и редколесий образуются маломощные торфяники, покрытые тундровой растительностью.

В северной лесотундре и южной тундре Западной Сибири, а также на междуречьях и коренных берегах рек Северо-Восточной Якутии на месте заболоченных лесов и редколесий торфяники не формируются.

Охарактеризованные сценарии смен развития растительного покрова, начинающиеся лесными стадиями и заканчивающиеся тундровыми, наблюдаются там, где растительный покров не нарушается существенно в течение многих десятилетий (слабодренированные участки) или нескольких столетий (сильнодренированные почвы).

Однако северные леса и редколесья очень часто горят, вырубаются, подвергаются воздействию транспорта и т. п., все это нарушает естественный ход смен растительного покрова и нередко приводит к катастрофическим изменениям растительности.

ГЛАВА 3. СМЕНА ЛЕСА ТУНДРОЙ

Еще К. Бэр (Baer, 1838) писал, что мхи и лишайники ведут постоянную и всегда победоносную борьбу с лесом, объясняя таким путем гибель леса на его северном пределе. Р. Поле (Pohle, 1903) считал одной из основных причин отступления леса к югу вытеснение его арктической и субарктической растительностью, следствие преимуществ арктических и субарктических растений в борьбе за существование в суровых условиях севера по сравнению с деревьями.

А. А. Корчагин (1940) также писал, что на печорском севере эволюция лесотундры идет от леса к тундре.

На севере Западно-Сибирской низменности тундровые сообщества наступают на деградирующие леса (Городков, 1946).

Несмотря на то, что в области контакта леса и тундры работало много исследователей (Шренк, 1855; Миддендорф, 1867; Толмачев, 1931; Тапфильев, 1911; Городков, 1929, 1935; Тюлина, 1936, 1937; Андреев, 1954, 1956, 1970; Тихомиров, 1962; Медведев, 1952; Норин, 1958; Ловелиус, 1978; и др.), вопрос о взаимоотношении леса и тундры еще очень неясен. В отмеченных работах процесс смены лесов на их северном пределе тундрами почти не рассматривался.

Материалы, полученные мною в ходе работ на границе леса на севере Сибири, помогают выяснить некоторые существенные особенности смены леса тундрой.

Смена редколесий тундрами в Западной Сибири

Северный предел лесной растительности в Западной Сибири образован островами лиственничных редколесий, отделенных от их сплошных массивов и от соседних островов безлесными тундрами и болотами, простирающимися нередко на десятки километров.

Эти острова редколесий расположены обычно на достаточно дренированных участках речных террас, коренных берегов, междуречных холмов и в поймах рек. Острова редколесий расположены среди сплошной вечной мерзлоты, температура которой $-4...-7^{\circ}$.

В поймах рек смена редколесий тундрами происходит после их заболачивания, т. е. болотная стадия предшествует тундровой. На дренированных участках речных террас, коренных берегов и холмов междуречий редколесья сменяются тундрами без заболачивания. Процесс смены редколесий тундрами рассматривается на примере динамики растительного покрова на обнаженных участках. Обнаженные участки возникают в процессе солифлюкции, термоэрозии, пожаров и т. п.

В зависимости от заноса семян развиваются разные типы редколесий. В случае заноса семян ольхи формируются лиственничные редколесья с подлеском из ольхи.

Смена лиственничных редколесий с подлеском из ольхи тундрами

Ольха (*Alnus fruticosa*) и лиственница (*Larix sibirica*) хорошо возобновляются на обнаженных участках. Всходы и подрост лиственницы и ольхи часто встречаются на суглинистых пятнах-медальонах.

Лиственничные редколесья с подлеском из ольхи травяные развиваются на участках речных террас, коренных берегов и холмов междуречий через несколько десятков лет после обнажения почвы. Нередко они возникают на месте пятнистых тундр. Ольха и ивы (*Salix lanata*, *S. phylicifolia*) образуют густой кустарниковый ярус (сложку-

тость полога 0,6-0,8) высотой 1,5-3,5 м, в котором иногда встречаются рябина (*Sorbus sibirica*) и жимолость (*Lonicera coerulea*). Лиственницы высотой 4-5 м образуют редкий ярус (сомкнутость кроны 0,1-0,2). Кроны лиственниц обычно симметричные, густые, прирост верхушечных побегов 20-30 см в год.

Местами развит второй ярус подлеска высотой 60-120 см, в котором преобладает карликовая береза (*Betula nana*), встречаются ивы (*Salix glauca*, *S. hastata*). Сомкнутость полога 0,1-0,2.

В кустарничково-травяном ярусе преобладают разные виды на различных участках: *Calamagrostis langsdorffii* (20-40%), *Equisetum arvense* (10-30%), *E. sylvaticum* (10-20%), *Rubus arcticus* (10-30%), *Vaccinium myrtillus* (10-30%); часто встречаются *Geranium albiflorum*, *Polemonium acutiflorum*, *Trientalis europaea*, *Trollius asiaticus*, *Veratrum lobelianum*; изредка — *Aconitum chekanowskii*, *Archangelica decurrens*, *Cardamine macrophylla*, *Empetrum nigrum*, *Festuca brevifolia*, *Ledum palustre*, *Linnaea borealis*, *Luzula parviflora*, *Myosotis palustris*, *Pedicularis lapponica*, *P. sceptrum-carolinum*, *P. sudetica*, *Ranunculus borealis*, *Veronica longifolia*, *Vaccinium uliginosum*, *V. vitis-idaea*, *Viola biflora*, *V. epipsila*. Общее покрытие яруса 30-70%.

Напочвенный покров развит слабо (покрытие не больше 30%), наиболее обычны в нем *Hylocomium splendens*, *Pleurozium schreberi*, *Polytrichum commune*; изредка — *Cladonia rangiferina*, *Cetraria islandica*, *Peltigera aphthosa*. Почва — дерновая слабоподзоленная или скрытоподзолистая слегка оглеенная суглинистая. Встречается подрост лиственницы.

В редколесьях накапливается рыхлый снежный покров высотой до 100 см и больше, защищающий почву от сильного охлаждения и глубокого промерзания. Почва промерзает обычно не глубже 80 см, и сезонномерзлый слой ежегодно протавляет полностью в течение части лета, а затем оттаивают верхние слои вечной мерзлоты. Так, на участках, занятых редколесьями, образуются несквозные талики.

В редколесьях постепенно разрастаются мхи, образующие сплошной покров.

Лиственничные редколесья с подлеском из ольхи зеленомоховые сменяют таким путем редколесья травяные. Лиственницы высотой 4-7 м и диаметры стволов 10-20 см с широкими густыми кронами (диаметром до 6 м) образуют редкий (сомкнутость кроны 0,2-0,3) древостой.

По мере разрастания мхов наблюдается явное угнетение роста ольхи и изреживание кустарников, за исключением карликовой березы, а также выпадение многих трав и увеличение обилия кустарничков.

Состав подлеска тот же, что и в редколесьях с травяным покровом, но сомкнутость первого яруса, в котором господствует ольха, уменьшается до 0,4-0,5, в то время как сомкнутость второго яруса подлеска, где преобладает карликовая береза, увеличивается до 0,3-0,4.

В травяно-кустарничковом ярусе, общее покрытие которого обычно не превышает 30% обилия *Calamagrostis langsdorffii*, *Empetrum nigrum*, *Equisetum sylvaticum*, *E. arvense*, *Ledum palustre*, *Rubus arcticus*, *Vaccinium myrtillus*, *V. uliginosum*, *V. vitis-idaea*; изредка — *Linnaea borealis*, *Pedicularis lapponica*, *Polemonium acutiflorum*, *Veratrum lobelianum*.

В сплошном напочвенном покрове преобладают *Pleurozium schreberi* (30-60%), *Hylocomium splendens* (10-40%), *Polytrichum commune* (10-20%), *P. strictum* (10-20%); часто встречаются *Cetraria islandica*, *Cladonia alpestris*, *C. rangiferina*, *Peltigera aphthosa*. Почва — торфянисто-суглинистая слабоподзоленная или скрытоподзолистая, оглеенная.

С развитием мохового покрова прогревание и протавление почвы замедляются. Наступает момент, когда сезонномерзлый слой не протавляет полностью в течение лета, образуются перелетки мерзлого грунта. В последующие годы слой почвы под перелетками промерзает в течение части зимы, а затем промерзает слой грунта, подстилающие перелетки. Так промерзают несквозные талики и образуется повая вечная мерзлота на глубине 40-80 см. Увеличивается влажность горизонтов почвы, расположенных над водонепроницаемой вечной мерзлотой, что ведет к дальнейшему понижению температуры почвы, так как при замерзании ее насыщенных влагой слоев образуется большое количество льда, на оттаивание которого затрачивается много тепла. Увеличение льдистости почвы в свою очередь ведет к уменьшению глубины протавления, и нижние горизонты почвы переходят в сезонномерзлое состояние. Надмерзлотные горизонты почвы переувлажняются, из них вытесняется весь воздух, нисходящий ток воды и принос кислорода с ней также прекращается.

По мере отмирания мхов накапливается торфянистый слой, также замедляющий прогревание и протавление почвы. В лесотундре Западной Сибири торфянистый слой толщиной в 15-20 см настолько замедляет протавление, что минеральные слои оттаивают на небольшую (10-20 см) глубину только во второй половине лета. Эти слои переувлажнены и температура их близка к 0°, поэтому корни ольхи и лиственницы в них развиваться не могут из-за недостаточной аэрации и постепенно отмирают.

Элементы минерального питания растений, заключенные в торфянистом слое, почти не используются корнями лиственницы и ольхи, так как торф очень медленно минерализуется в условиях низкой температуры.

Вследствие ухудшения всего комплекса условий произрастания растений, вызванных развитием мохового покрова, ольха и лиственница постепенно отмирают. Ольха выпадает раньше, чем лиственница. По мере отмирания ольхи несколько разрастается карликовая береза, особенно в начале изреживания ольхи.

Возобновление ольхи и лиственницы на сплошном моховом ковре невозможно. Древостой постепенно изреживается.

Лиственничные редколесья ерничко-зеленомоховые сменяют лиственничные редколесья с подлеском из ольхи зеленомоховые. Лиственницы, явно угнетенные, высотой до 7 м и диаметрами стволов до 30 см, с редкими кронами и кривыми в верхней части стволами, суховершинные, нередко многовершинные, образуют редколесье (сомкнутость крон 0,1-0,2) (рис. 12).

В подлеске высотой до 100 см преобладает карликовая береза, встречаются ивы (*Salix glauca*, *S. lanata*, *S. hastata*, *S. pulchra*). Сомкнутость полога 0,3-0,6. Встречается отмирающая ольха.

В травяно-кустарничковом ярусе высотой до 30 см преобладают *Carex globularis* (до 10%), *Ledum palustre* (10-20%), *Vaccinium uliginosum* (10-20%), *V. vitis-idaea* (10-20%); часто встречаются *Empetrum nigrum*, *Equisetum sylvaticum*, *Rubus arcticus*, *R. chamaemorus*.

В сплошном папочевном покрове преобладают *Pleurozium schreberi* (20-40%), *Hylocomium splendens* (10-30%), *Aulacomnium turgidum* (10-20%), *Polytrichum commune* (10-20%), *P. strictum* (10-20%), *Dicranum angustum* (10-20%); встречаются *Aulacomnium palustre*, *Tomenthypnum nitens*, *Cetraria islandica*, *C. cucullata*, *Cladonia alpestris*, *C. gracilis*, *C. rangiferina*, *Ptilidium ciliare*.

Почва — торфянисто-глеевая пылевато-суглинистая, протаивает на 30-50 см.

Подраста лиственницы нет.

С выпадением первого кустарничкового яруса, в котором преобладала ольха, увеличивается унос снега из редколесий. Уменьшение толщины снежного покрова неблагоприятно сказывается на росте карликовой березы и ив. Побеги этих кустарников, выступающие над поверхностью снега, обмерзают, в результате высота их постепенно уменьшается. В то же время нарастание мхов и накопление торфа угнетают рост кустарников и они изреживаются. Так выпадает второй ярус подлеска.

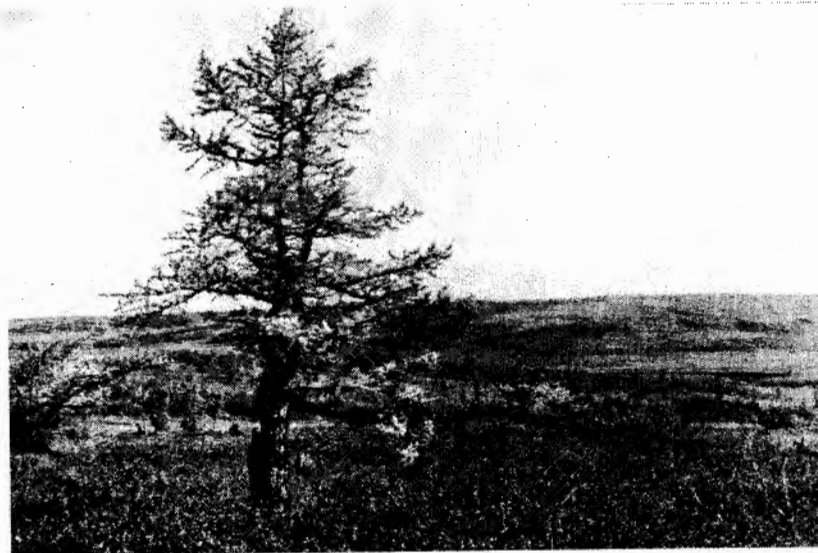


Рис. 12. Лиственничное редколесье ерничко-зеленомоховое на северном пределе леса (Тазовский полуостров).

Лиственничные редколесья кустарничково-зеленомоховые сменяют редколесья ерничко-зеленомоховые.

Лиственницы высотой до 6 м крайне угнетены: стволы их в верхней части кривые, кроны редкие, узкие, нередко несимметричные, вершины сухие, много сухих ветвей, покрытых лишайниками. Лиственницы растут на расстоянии десятков метров одна от другой. Сомкнутость крон около 0,1.

В травяно-кустарничковом ярусе высотой до 20 см преобладают карликовая береза (10-20%), *Carex globularis* (до 10%), *Empetrum nigrum* (около 10%), *Ledum palustre* (10-20%), *Vaccinium uliginosum* (10-20%), *V. vitis-idaea* (10-20%); часто встречаются *Arctostaphylos alpina*, *Pedicularis lapponica*, *Stellaria longipes*. Общее покрытие яруса 30-60%.

В сплошном папочевном покрове преобладают *Pleurozium schreberi* (20-30%), *Hylocomium splendens* (10-30%), *Aulacomnium turgidum* (10-20%), *Dicranum angustum* (10-20%), *D. elongatum* (10-20%), *Polytrichum strictum* (10-20%), *Sphagnum angustifolium* (10-20%), *S. girgensohnii* (10-20%), *Cetraria islandica* (около 10%), *Cladonia alpestris* (10-20%), *C. rangiferina* (10-20%), *Ptilidium ciliare* (10-20%); часто встречаются *Cetraria cucullata*, *C. nivalis*, *Cladonia amaurocraea*, *C. deformis*, *C. gracilis*, *Nephroma arcticum*, *Peltigera aphthosa*.

Почва — торфянисто-глеевая пылевато-суглинистая, протаивает на 30-60 см.

Подрост лиственницы в редколесьях не развивается, так как всходы не могут укорениться в моховом ковре, старые лиственницы постепенно отмирают и редколесья сменяются тундрами.

Кустарничково-лишайниково-моховые тундры сменяют лиственничные редколесья кустарничково-зеленомоховые.

В травяно-кустарничковом ярусе высотой до 20 см на разных участках преобладают разные виды: *Ledum palustre* (10-20%), *Vaccinium uliginosum* (10-20%), *V. vitis-idaea* (10-20%), *Empetrum nigrum* (10-20%), *Carex globularis* (до 10%), *C. hyperborea* (до 10%); встречаются *Calamagrostis neglecta*, *Eriophorum vaginatum*, *Pedicularis euphrasoides*, *P. lapponica*, *Salix pulchra*, *S. glauca*.

В сплошном папочвеном покрове преобладают *Aulacomnium turgidum* (10-20%), *Dicranum angustum* (10-20%), *D. fuscescens* (10-20%), *D. elongatum* (10-20%), *D. spadiceum* (10-20%), *Hylocomium splendens* (10-20%), *Polytrichum fragile* (10-20%), *P. strictum* (10-20%), *Sphagnum angustifolium* (10-20%), *Cladonia alpestris* (10-20%), *C. rangiferina* (10-20%), *Ptilidium ciliare* (10-20%); часто встречаются *Cladonia deformis*, *C. gracilis*, *Cetraria cucullata*, *C. islandica*, *Nephroma arcticum*, *Peltigera aphthosa*, *Thamnolia vermicularis*, *Gymnomitrium apiculatum*.

Почва — торфянисто-глеевая пылевато-суглинистая, протаивает на 30-60 см. Встречаются отмирающие лиственницы, сухие деревья и пни.

Таким путем лиственничные редколесья с подлеском из ольхи неизбежно сменяются тундрами через 200-300 лет после начала зарастания обнаженных почв, т. е. за период, равный предельному возрасту лиственницы.

Основная причина смены редколесий тундрами — невозможность возобновления лиственницы на почвах, покрытых сплошным моховым ковром.

Заросли кустарников, способствующие накоплению снега в редколесьях, существенно затрудняют промерзание и охлаждение грунтов. Средняя годовая температура грунтов на глубине 5-7 м в редколесьях с подлеском из ольхи на 4-7° выше, чем на тундровых участках или в редколесьях без подлеска. По мере уменьшения высоты и сомкнутости подлеска в редколесьях понижается температура грунтов (табл. 7).

Смена лиственничных редколесий без подлеска тундрами

На обнаженных, открытых ветрам участках коренных берегов рек, террас, междуречных холмов, расположенных вдали от ольшаников,

Таблица 7

Изменение глубины протаивания и температуры суглинистых грунтов в процессе смен редколесий тундрами на коренных берегах рек и междуречных холмах севера Западной Сибири (1 — стадии развития растительного покрова; 2 — высота кустарников, м; 3 — сомкнутость полога подлеска; 4 — толщина папочвеного покрова, см; 5 — толщина торфяного слоя, см; 6 — глубина протаивания, см; 7 — температура грунтов на глубине 5-7 м).

	1	2	3	4	5	6	7
Лиственничные редколесья с подлеском из ольхи травяные		1,5-3,0	0,6-0,8	нет	нет	*	+0,1-+0,3°
Лиственничные редколесья с подлеском из ольхи зеленомоховые		1,5-3,5	0,4-0,7	5-10	5-15	40-80	-0,1--0,6°
Лиственничные редколесья ершиково-зеленомоховые		0,6-1,2	0,3-0,5	5-10	15-30	30-60	-0,5--2,0°
Лиственничные редколесья кустарничково-зеленомоховые		нет	нет	5-10	15-30	30-60	-4,0--6,0°
Кустарничково-лишайниково-моховые тундры		нет	нет	5-10	15-25	30-60	-4,0--7,0°

* — сезонномерзлый слой протаивает

где запас семян ольхи невозможен, развиваются лиственничные редколесья без подлеска.

Нередко такие редколесья развиваются на пятнистых тундрах. Смена лиственницы прорастают, и проростки хорошо приживаются на пятнах-медальонах, окруженных бордюрами, покрытыми травами, кустарничками, мхами и лишайниками. Голые суглинистые пятна-медальоны диаметром 0,3-1,0 м занимают 20-30% поверхности тундры.

Лиственничные редколесья на пятнистых тундрах характеризуются наличием голых и отчасти заросших пятен-медальонов, занимающих 20-30% поверхности тундры. Лиственницы высотой 0,8-4,0 м (диаметры стволов их 2-10 см) образуют редколесье (сомкнутость кроны 0,1-0,2). Кроны лиственниц — симметричные даже на вершинах холмов, лишь у побережья Обской губы встречаются флагообразные кроны. Прирост верхушечных побегов достигает 20 см в год (обычно около 10 см). Лиственницы растут одиночно или небольшими группами на полигональных отдельностях шириной до 2 м, в центре которых расположены пятна-медальоны.

В травяно-кустарничковом ярусе высотой до 30 см преобладают разные виды на разных участках: карликовая береза (*Betula nana* (10-20%), *Empetrum nigrum* (10-20%), *Ledum palustre* (10-20%), *Salix*

pulchra (10-20%), *Vaccinium uliginosum* (10-20%), *V. vitis-idaea* (10-20%); часто встречаются *Arctous alpina*, *Calamagrostis lapponica*, *Carex globularis*, *C. hyperborea*, *Equisetum arvense*, *Festuca ovina*, *Hierochloa alpina*, *Pedicularis lapponica*, *P. euphrasioides*, *Polygonum viviparum*, *Salix glauca*, *S. lanata*, *Stellaria longipes*, *Tofieldia nutans*, *Valeriana capitata*. Общее покрытие яруса 30-60%.

В сплошном напочвенном покрове между пятнами преобладают *Aulacomnium turgidum* (20-30%), *Hylocomium splendens* (10-30%), *Pleurozium schreberi* (20-30%), *Cetraria islandica* (10-20%), *Ptilidium ciliare* (10-20%), часто встречаются *Cetraria cucullata*, *C. nivalis*, *Cladonia alpestris*, *C. deformis*, *C. cornuta*, *C. gracilis*, *C. rangiferina*, *C. uncialis*, *Peltigera aphthosa*, *Stereocaulon paschale*, *Aulacomnium palustre*, *Dicranum angustum*, *D. elongatum*, *Polytrichum fragile*, *P. hyperboreum*, *P. strictum*. Почва между пятнами — торфянисто-глеявая пылевато-суглинистая, на пятнах — не расчленена на горизонты, протаивает на 30-70 см между пятнами и на 70-100 см на пятнах.

Встречается подрост лиственницы на зарастающих и голых пятнах-медальонах.

Редкий древостой не способствует заметной задержке снега, большая часть его сносится. По-видимому, вследствие этого в таких редколесьях, расположенных на сильнообдуваемых участках, не развивается кустарниковый ярус. Известно, что побеги ив и карликовой березы, выступающие над поверхностью снега, в тундре, обмерзают, поэтому эти кустарники не возвышаются над травяно-кустарничковым ярусом.

Пятна постепенно зарастают.

Лиственничные редколесья кустарничково-лишайниково-моховые сменяют редколесья на пятнистых тундрах.

Лиственницы высотой 4-7 м (диаметры стволов 5-20 см) с раскидистыми, по довольно редкими кронами, диаметры которых достигают 4-5 м, образуют редколесье (сомкнутость крон 0,1-0,2).

Характерна мозаичность напочвенного покрова и травяно-кустарничкового яруса, обусловленная микрорельефом и разрастанием отдельных видов.

На заросших пятнах и бордюрах в травяно-кустарничковом ярусе преобладают *Ledum palustre* (10-20%), *Empetrum nigrum* (10-20%), *Vaccinium vitis-idaea* (10-20%), *Salix nummularia* (10-20%), *S. pulchra* (10-20%); часто встречаются *Arctous alpina*, *Betula nana*, *Calamagrostis lapponica*, *Carex hyperborea*, *Eriophorum vaginatum*, *Festuca ovina*, *Hierochloa alpina*, *Pedicularis lapponica*, *P. euphrasioides*, *Stellaria longipes*, *Tofieldia nutans*, *Vaccinium uliginosum*, *Valeriana capitata*.

В сплошном напочвенном покрове преобладают *Aulacomnium turgidum* (10-30%), *Cetraria cucullata* (10-20%), *C. islandica* (10-20%), *Cladonia alpestris* (10-20%), *C. rangiferina* (10-30%), *Polytrichum strictum* (10-20%), *P. fragile* (10-20%); часто встречаются *Cetraria nivalis*, *Cladonia coccifera*, *C. cornuta*, *C. deformis*, *C. gracilis*, *C. uncialis*, *Nephroma arcticum*, *Stereocaulon paschale*, *Thamnia vermicularis*, *Dicranum fuscescens*, *D. spadiceum*, *D. elongatum*, *Polytrichum hyperboreum*.

В понижениях между пятнами в травяно-кустарничковом ярусе преобладают *Betula nana* (10-30%), *Salix pulchra* (10-20%), *Carex globularis* (10%), *Empetrum nigrum* (10-20%), *Vaccinium uliginosum* (10-20%), *V. vitis-idaea* (10-20%); часто встречаются *Salix glauca*, *Pedicularis lapponica*, *P. euphrasioides*.

В сплошном напочвенном покрове преобладают *Polytrichum commune* (10-30%), *P. strictum* (10-30%), *Hylocomium splendens* (10-20%), *Pleurozium schreberi* (10-20%), *Ptilidium ciliare* (10-20%); часто встречаются *Aulacomnium turgidum* (до 10%), *Cetraria islandica*, *Cladonia rangiferina*, *Dicranum elongatum*, *Peltigera aphthosa*. Торфянисто-глеявая суглинистая почва протаивает на 30-80 см.

Подроста лиственницы нет.

В дальнейшем в редколесьях увеличивается количество дикрановых и политриховых мхов, образующих кочки и подушки. Они сливаются в плотные слаботеплопроводные ковры, под которыми почва прогревается слабо и неглубоко протаивает (табл. 8).

В то же время в лиственничном редколесье на обнаженном пятне-медальоне почва протаяла на глубину 89 см, а температура ее на глубине 20 см достигла +4°.

Подъем верхней поверхности вечной мерзлоты по мере нарастания мхов и увеличения толщины торфянистого слоя влечет ухудшение аэрации, обеднение элементами минерального питания, понижение температуры почвы. Под плотным торфянисто-моховым ковром корни лиственницы постепенно отмирают, древостой гибнет, а подрост на таком ковре не развивается.

Таблица 8

Температура почвы на глубине 20 см и глубина протаивания в лиственничном кустарничково-лишайниково-моховом редколесье в окрестностях пос. Седайхарвута (Тазовский полуостров), 30 июля 1968 г.

Толщина, см	Глубина протаивания (см)	Температура почвы
напочвенного покрова	торфянистого слоя	
3	15	30
10	11	25
10	16	17
		+0,8°
		+0,1°
		-0,2°

Кустарничково-лишайниково-моховые тундры сменяют таким путем лиственничные редколесья. Они также характеризуются мозаичностью папочвенного покрова и травяно-кустарничкового яруса.

В травяно-кустарничковом ярусе высотой до 20 см на повышении (заросших пятнах и бордюрах) преобладают *Ledum palustre* (10-30%), *Salix pulchra* (10-20%), *Vaccinium vitis-idaea* (10-20%); часто встречаются *Carex hyperborea*, *Hierochloa alpina*, *Vaccinium uliginosum*; изредка — *Arctous alpina*, *Betula nana*, *Calamagrostis neglecta*, *Stellaria longipes*, *Tofieldia nutans*, *Valeriana capitata*. В сплошном папочвенном покрове преобладают *Aulaconium turgidum* (10-20%), *Dicranum elongatum* (10-20%), *D. fuscescens* (10-20%), *D. spadiceum* (10-20%), *Polytrichum strictum* (10-20%), *P. fragile* (10-20%), *Racomitrium lanuginosum* (10-20%), *Alectoria ochroleuca* (10-20%), *A. nigricans* (10-20%), *Cetraria cucullata* (10-20%), *Cladonia alpestris* (10-20%), *C. mitis* (10-20%), *C. rangiferina* (10-20%), *Cornicularia divergens* (10-20%), *Sphaerophorus globosus* (10-20%); часто встречаются *Cetraria islandica*, *C. nivalis*, *Cladonia amaurocraea*, *C. coccifera*, *C. deformis*, *C. gracilis*, *C. uncialis*, *Nephroma arcticum*, *Stereocaulon paschale*.

В понижениях между заросшими пятнами в травяно-кустарничковом ярусе высотой до 30 см преобладают кустарнички *Betula nana* (10-30%), *Salix pulchra* (10-20%); обильны *S. glauca*, *Carex globularis*, *Empetrum nigrum*, *Vaccinium uliginosum* (до 10%), *V. vitis-idaea*. В сплошном папочвенном покрове преобладают *Polytrichum commune* (10-30%), *P. strictum* (10-20%), *Dicranum spadiceum* (10-20%), *D. elongatum* (10-20%), *Aulaconium turgidum* (10-20%), обильны *Ilyocoonium splendens* (до 10%), *Pleurozium schreberi* (до 10%), *Cetraria islandica* (до 10%), *Cladonia rangiferina* (до 10%), *Peltigera aphthosa*. Изредка встречаются отдельные отмирающие лиственницы, сухие деревья и кусты.

Почва — торфянисто-глеевая пылевато-суглинистая, подстиляется вечной мерзлотой на глубине 30-60 см.

Следовательно, лиственничные редколесья развиваются на пятнистых тундрах, где всходы семян лиственницы хорошо приживаются на пятнах-медальонах. После зарастания пятен сплошным покровом мхов и лишайников всходы семян лиственницы не могут укорениться и гибнут, “зависая” в ковре мхов и лишайников, подрост не развивается, старые деревья отмирают, и редколесья неизбежно сменяются тундрами.

Древостой охарактеризованных лиственничных редколесий не оказывает существенного влияния на накопление снега, высота снежного покрова в них не больше, чем на соответствующих участках в тундре. Вследствие этого температура грунтов под редколесьями не отличается от таковой под сменяющими их тундрами (табл. 9).

Таблица 9

Изменение глубины протаивания почв и температуры суглинистых грунтов в процессе смен лиственничных редколесий тундры на севере Западной Сибири

Стадии развития растительного покрова	Т о л щ и н а, см		Глубина протаивания, см	Температура грунтов на глубине 5-7 м
	растительного покрова	торфянистого слоя		
Лиственничные редколесья на пятнистых тундрах	3-10*	3-15*	30-60* 70-100**	-4 — -7°
Лиственничные редколесья кустарничково-лишайниково-моховые	3-12	10-25	30-80	-4 — -7°
Кустарничково-лишайниково-моховые тундры	5-12	15-25	30-60	-4 — -7°

* — значения типичны для межпятенных участков.

** — значения типичны для пятен.

По мере развития сплошного папочвенного покрова и увеличения толщины торфянистого слоя почвы в редколесьях повышается уровень верхней поверхности вечной мерзлоты, понижается температура почвы, ухудшаются ее аэрация и питательные качества. Все это ускоряет гибель древостоя и смену редколесий тундрами.

Охарактеризованные примеры смен лиственничных редколесий тундры типичны для дренированных суглинистых почв севера Западной Сибири. На песчаных почвах подобные смены отличаются некоторыми особенностями.

Смена редколесий тундрами на дренированных песках

Древние террасы рек, а также междуречные холмы, сложенные песками, вблизи северного предела леса заняты редкостойными лиственничными, березово-лиственничными и березовыми лесами или редколесьями. В них обычно развит папочвенный покров, в котором господствуют лишайники. Такие редкостойные леса и редколесья очень часто горят, особенно расположенные на речных террасах.

Низовые пожары в редкостойных лесах и редколесьях обычно уничтожают подрост и молодые деревья, особенно березу. После повторяющихся низовых пожаров сохраняются лишь отдельные старые лиственницы. На гарях вскоре развивается подрост березы и лиственницы. В редком травостое (покрытие не более 50%) встречаются *Antennaria dioica*, *Calamagrostis lapponica*, *Chamaenerion angustifolium*, *Erigeron acer*, *Festuca rubra*, *F. ovina*, *Solidago virgaurea*, *Stellaria*

longipes. Из кустарничков разрастается водяника (*Empetrum nigrum*), захватывающая довольно быстро даже развеваемые пески.

Березовые редкостойные леса с примесью лиственницы образуются через несколько десятилетий после пожара. Березы высотой до 6-7 м, с диаметром стволов 5-15 см образуют основную массу древостоя, в котором встречаются лиственницы тех же размеров, с прямыми стволами и довольно густыми кронами. Сомкнутость крон 0,3-0,6. Кое-где над молодыми деревьями возвышаются отдельные старые лиственницы высотой до 15 м с сильноосбежистыми стволами, диаметры которых достигают 30 см, и широкими (до 7 м диаметром) кронами, почти шаровидными, хотя и довольно редкими, иногда с сухими вершинами (рис. 13).

В сплошном напочвенном покрове господствуют лишайники: *Cladonia alpestris* (30-80%), *C. rangiferina* (10-30%), *Stereocaulon paschale* (10-30%), *Cetraria cucullata* (10-20%), *C. islandica* (10-20%); часто встречаются *Cladonia amaurocraea*, *C. cornuta*, *C. gracilis*, *C. uncialis*, *Nephroma arcticum*. Мхи встречаются небольшими группами под кронами обычно старых лиственниц: *Polytrichum commune*, *P. strictum*, *Hylocomium splendens*, *Pleurozium schreberi*, *Ptilidium crista castrensis*. Здесь же часто и печеночник *Ptilidium ciliare*.

На сплошном лишайниковом ковре едва заметны отдельные травы и кустарнички, общее покрытие которых не превышает 20%. Встречаются *Arctostaphylos uva-ursi*, *Arctous alpina*, *Carex globularis*, *Callimagrostis lapponica*, *Festuca ovina*, *Empetrum nigrum*, *Equisetum sylvaticum*, *Ledum palustre*, *Ramischia obtusata*, *Stellaria longipes*, *Vaccinium myrtillus*, *V. uliginosum*, *V. vitis-idaea*.

В редком (сомкнутость полога 0,1-0,2) подлеске высотой до 1,5 м встречаются *Betula nana*, *Juniperus sibirica*, *Rosa acicularis*.

Подзолистая песчаная почва под березняками промерзает обычно не глубже 2 м, и сезонномерзлый слой ежегодно протает полностью, вечной мерзлоты нет.

На сплошном лишайниковом ковре всходы семян лиственницы и березы гибнут и подрост в редкостойных лесах не развивается.

В возрасте около 100 лет березы, пораженные сердцевинной гнилью, отмирают, в то время как лиственницы продолжают рост.

Редкостойные лиственничные леса сменяют березняки с примесью лиственницы. Лиственницы высотой 5-10 м, с диаметрами стволов 7-20 см и широкими (до 7 м в диаметре) кронами образуют основную массу древостоя, в котором встречаются и березы высотой до 7 м, обычно угнетенные, с кривыми стволами и редкими кронами. Сомкнутость крон 0,3-0,5 (рис. 14).



Рис. 13. Редкостойный березняк с примесью лиственницы на надпойменной террасе Ярудея (приток Надыма, лесотундра)

В подлеске — карликовая береза высотой 0,8-1,0 м. Сомкнутость полога 0,1-0,2.

В сплошном напочвенном покрове господствует *Cladonia alpestris* (60-80%), обильны *C. rangiferina* (10-20%), *C. gracilis* (10-30%), *C. uncialis*, *Cetraria cucullata* (10-20%), *C. islandica* (10-20%). Мхов мало, виды те же, что и в березняке (с. 80).

Травы и кустарнички едва возвышаются над мощным (до 15 см) лишайниковым ковром. Общее покрытие их около 10%. Встречаются *Carex globularis*, *Equisetum sylvaticum*, *Empetrum nigrum*, *Ledum palustre*, *Rubus chamaemorus*, *Vaccinium myrtillus*, *V. uliginosum*, *V. vitis-idaea*.

Поскольку подрост в лесах с покровом из лишайников нет, старые деревья постепенно отмирают, сначала выпадает из древостоя береза, затем отмирает лиственница. Древостой изреживается.

Лиственничные редколесья лишайниковые сменяют лиственничные редкостойные леса.

Лиственницы высотой до 10-12 м, диаметры стволов их 10-30 см, с редкими кронами, в которых больше сухих ветвей, чем живых (рис. 15), обычно с сухими вершинами, образуют редколесье. Сомкнутость крон 0,1-0,2.



Рис. 14. Редкостойный лиственничный лес на коренном берегу р. Надым (лесотундра).

В подлеске — карликовая береза высотой 0,5-0,8 м, сомкнутость полога 0,1-0,2.

В сплошном папочковом покрове господствует *Cladonia alpestris* (60-90%), обильны *Alectoria ochroleuca* (до 10%), *A. nigricans* (до 10%), *Cetraria cucullata* (около 10%), *C. islandica* (10-20%), *Cladonia rangiferina* (до 10%), *C. gracilis* (10-30%), *C. uncialis*, *Cornicularia divergens*, *Nephroma arcticum*. Мхов очень мало, виды те же, что и в березняке (с. 80).

Травы и кустарнички почти полностью погружены в лишайниковом покрове, встречаются *Carex globularis*, *Equisetum sylvaticum*, *Empetrum nigrum*, *Ledum palustre*, *Rubus chamaemorus*, *Vaccinium myrtillus*, *V. uliginosum*, *V. vitis-idaea*. Общее покрытие их 10-20%.

Постепенно лиственницы в редколесьях, достигнув предельного возраста или пораженные сердцевинной гнилью, отмирают и на месте редколесий образуются тундры.

Лишайниковые тундры сменяют лиственничные редколесья.

В сплошном лишайниковом покрове господствует *Cladonia alpestris* (60-80%), часто встречаются *Alectoria ochroleuca*, *A. nigricans*, *Cetraria cucullata*, *C. islandica*, *C. nivalis*, *Cladonia cornuta*, *C. gra-*



Рис. 15. Лиственничное редколесье лишайниковое в междуречье Обь — Надым (лесотундра).

cilis, *C. rangiferina*, *C. uncialis*, *Cornicularia divergens*, *Nephroma arcticum*, *Sphaerophorus globosus*, *Thamnolia vermicularis*.

Травы и кустарнички едва возвышаются над лишайниковым ковром. Среди них преобладает *Betula nana* (10-20%), часто встречаются *Empetrum nigrum*, *Ledum palustre*, *Rubus chamaemorus*, *Vaccinium uliginosum*, *V. vitis-idaea* (рис. 16). Общее покрытие их 10-30%.

По мере изреживания древостоя в лиственничных редкостойных лесах и трансформации их в редколесья уменьшается накопление снега, так как древостой и редкий кустарниковый ярус не препятствуют уносу снега. Подзолистая песчаная почва промерзает все глубже, и наступает момент, когда сезонномерзлый слой не протаивает полностью в течение лета, образуются перелетки на глубине 150-200 см. В последующие годы талый слой над перелетками промерзает в течение части зимы, а затем промерзают группы, расположенные ниже перелетков. Так, под лиственничными редколесьями образуется вечная мерзлота. Однако она не оказывает существенного влияния на дальнейшее развитие растительности, так как почва над мерзлотой протаивает на 130-170 см, верхние горизонты ее, где расположена основная масса корней деревь-

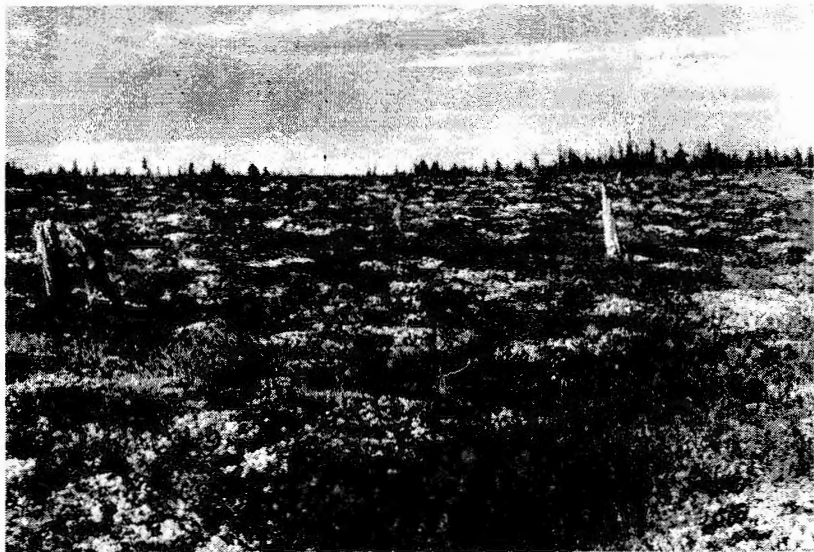


Рис. 16. Лишайниковая тундра, возникшая на месте лиственничного редколесья в междуречье Таз — Пур.

ев и кустарников, хорошо дренируются и не особенно охлаждены по сравнению с почвами под редкостойными лесами.

По мере уменьшения высоты снежного покрова в редколесьях соответственно уменьшается высота карликовой березы. В лишайниковых тундрах на не защищенных от ветра участках мощность снежного покрова, судя по высоте карликовой березы, не превышает в середине зимы 20 см. Поэтому под лишайниковыми тундрами грунты охлаждаются значительно сильнее, чем под редкостойными лесами. Температура песчаных грунтов под охарактеризованными редкостойными лесами на глубине 5-7 м обычно выше 0° , в то время как под редколесьями она понижается до $-3...-4^{\circ}$, а под лишайниковыми тундрами нередко до -5° (на не защищенных от ветра участках).

Глубина протаивания почвы под лишайниковыми тундрами уменьшается до 100-120 см, в нижних горизонтах ее заметен процесс оглеения.

В лесотундре Западной Сибири на обнаженных дренированных песках возникают березовые с примесью лиственницы редкостойные либо сомкнутые леса с папочвенным покровом, в котором доминируют лишайники. Мощный лишайниковый ковер препятствует укоренению всходов березы и лиственницы, поэтому подрост

этих пород не развивается. Древостой по мере старения отмирает, изреживается, в результате леса превращаются в редколесья, а затем редколесья сменяются тундрами.

В данном случае ухудшение почвенно-грунтовых условий произрастания растений в процессе смены лесов редколесьями, а последних тундрами не столь значительны, как на суглинистых грунтах, и не оказывают существенного влияния на динамику растительного покрова.

Следовательно, леса и редколесья на их северном пределе в Западной Сибири на дренированных песках и суглинках непосредственно сменяются тундрами, минуя болотную стадию.

Смена редколесий тундрами в урочище Ары-Мас

Ары-Мас (в переводе с долганского означает лесной остров) — самый северный в мире лесной массив, расположен на полуострове Таймыр в среднем течении реки Новой — левого притока Хатанги, под $72^{\circ}30'$ с. ш. (Норин, 1978).

Климат района резко континентальный, средняя годовая температура -14° , температура вечномерзлых грунтов на тундровых участках ниже -11° .

В пределах урочища наиболее распространены лиственничные редколесья из *Larix gmelinii*. Смена редколесий тундрами исследовалась в 1970 г. и иллюстрируется на примере развития растительного покрова на пятнистых тундрах.

Пятнистые тундры распространены на вершинах и сильнообдуваемых склонах холмов и коренных берегов рек Новой и Хатанги в ее нижнем течении. Суглинистые пятна занимают до 50% поверхности тундры и разбиты трещинами усыхания на микрополигоны шириной 5-10 см, ширина трещин 0,5-1,5 см. На поверхности голых пятен — галька, щебень, гравий; располагаются в виде полигональной сети, в основном по трещинам усыхания. Пятна диаметром обычно не более 1 м нередко соединяются, образуя более крупные (до 5-8 м в диаметре) голые площадки.

В межпятенных капавках, сплошь заросших, в травяно-кустарничковом ярусе высотой до 20 см преобладают *Dryas punctata* (40-60%), *Cassiope tetragona* (10-20%), *Betula exilis* (10-20%), *Salix pulchra* (10-30%), *Vaccinium uliginosum* (10-20%); часто встречаются *Artemisia furcata*, *Carex hyperborea*, *Luzula nivalis*, *Parrya nudicaulis*, *Polygonum bistorta*, *P. viviparum*, *Tofieldia coccinea*.

В сплошном напочвенном покрове преобладают *Aulacomnium turgidum* (10-30%), *Hylocomium splendens* (20-30%), *Tomenthypnum nitens* (10-20%), *Dicranum elongatum* (10-20%), *D. spadiceum* (10-20%),

Cetraria cucullata (10-20%); часто встречаются *C. islandica*, *Ptilidium ciliare*, *Rhytidium rugosum*, *Peltigera aphthosa*.

Почва между пятнами — торфянисто-глеевая пылевато-суглинистая с галькой, щебнем и гравием, протанивает на 25-35 см, на голых пятнах-медальонах на 60-70 см.

Пятна постепенно зарастают кассиопеей, дриадой, осокой, ивой (*Salix pulchra*), а также лишайниками и мхами (*Cetraria cucullata*, *Cladonia rangiferina*, *Dactylina arctica*, *Stereocaulon paschale*, *Thamnolia vermicularis*, *Ptilidium ciliare*, *Aulacomnium turgidum*, *Hylocomium splendens*, *Rhytidium rugosum*, *Thuidium abietinum* и др.).

Одновременно на зарастающих и голых пятнах приживаются всходы семян лиственницы и ольхи, развивается подрост. На отдельных пятнах диаметром около 1 м насчитывается до 12 экземпляров подростка лиственницы высотой от 15 до 170 см. Прирост верхушечных побегов в Ары-Масе достигает 22 см в год.

В дальнейшем на пятнистых тундрах формируются лиственничные редколесья или редкостойные леса.

Лиственничные редкостойные леса зеленомоховые возникают на месте пятнистых тундр.

Лиственницы высотой до 7 м (диаметры стволов 5-15 см) образуют редкий лес (сомкнутость крон 0,3-0,4). Стволы их — прямые, кроны — симметричные, довольно густые (рис. 17).

В подлеске высотой до 60 см — *Betula exilis*, *Salix glauca*, *S. pulchra*. Сомкнутость полога 0,2-0,3. Редко встречается ольха *Alnus fruticosa*.

На повышеннях (заросших пятнах) преобладают *Cassiope tetragona* (20-30%), *Dryas punctata* (10-20%), *Arctous alpina* (10-20%), *Ledum decumbens* (10-20%), *Vaccinium uliginosum* (10-20%), *V. vitis-idaea* (10-20%); часто встречаются *Carex hyperborea*, *Polygonum bistorta*, *P. viviparum*.

В сплошном напочвенном покрове преобладают *Aulacomnium turgidum* (10-30%), *Hylocomium splendens* (10-30%), *Ptilidium ciliare* (10-20%), *Tomenthypnum nitens* (10-20%), *Cetraria cucullata* (10-20%), *Cladonia rangiferina* (10-20%); часто встречаются *Dicranum angustum*, *D. congestum*, *D. elongatum*, *D. spadiceum*, *Cetraria nivalis*, *Dactylina arctica*, *Thamnolia vermicularis*.

В понижениях между заросшими пятнами травяно-кустарничковый ярус редкий (покрытие 10-30%). В нем обычны *Carex globularis*, *Empetrum nigrum*, *Vaccinium uliginosum*, *V. vitis-idaea*, *Arctagrostis latifolia*.

В сплошном напочвенном покрове господствует *Tomenthypnum nitens* (40-60%), очень обильны *Aulacomnium turgidum* (10-20%), *A.*



Рис. 17. Редкостойный лиственничный лес зеленомоховой в урочище Ары-Мас (самый северный в мире лес).

palustre (10-20%), *Ptilidium ciliare* (10-20%); часто встречается *Peltigera aphthosa*.

На заросших пятнах изредка встречается подрост лиственницы (1-3 экз. на 10 кв. м), довольно угнетенный.

Торфянисто-глеевая суглинистая почва на заросших пятнах протаивает на 45-55 см, между пятнами — на 20-35 см.

Дальнейшее парастание мхов и увеличение толщины торфянистого слоя сопровождаются повышением верхней поверхности вечной мерзлоты, ухудшением условий произрастания растений, а именно: понижением температуры почвы, ухудшением аэрации и минерального состава. Рост корней лиственницы в этих условиях ухудшается, корни, расположенные в минеральных горизонтах под толстым торфяно-моховым покровом, отмирают, что влечет гибель или сильное угнетение роста надземных частей. В этот период наблюдается отмирание верхушечных побегов лиственниц, деревья становятся суховершинными, многовершинными, верхние части стволов кривыми за счет усиления прироста боковых привершинных побегов и замены отмерших верхушечных доминирующими боковыми, вершины которых также отмирают. Кроны изреживаются, в них появляется много сухих ветвей. Гибнут отдельные деревья, и подрост, древостой изреживается.

Лиственничные редколесья моховые (рис. 18) сменяют редкостойные леса.

Лиственницы высотой 2-8 м, диаметры стволов их 5-25 см обычно суховершинные, часто многовершинные, с редкими кронами, обилием сухих ветвей, покрытых лишайниками, нередко кривоствольные, особенно мелкие экземпляры, образуют редколесье (сомкнутость кроны 0,1-0,2). Часто встречается сухостой и отмирающие лиственницы. Подроста нет.

Кустарниковый ярус высотой около 50 см образован *Betula exilis*, *Salix glauca*, *S. pulchra*. Сомкнутость полога 0,2-0,3.

В травяно-кустарничковом ярусе высотой до 30 см преобладают *Cassiope tetragona* (до 10%), *Dryas punctata* (до 10%), *Ledum decumbens* (до 10%), *Vaccinium uliginosum* (до 10%), *V. vitis-idaea* (до 10%); часто встречаются *Arctagrostis latifolia*, *Carex globularis*, *Nardosmia frigida*, *Pedicularis lapponica*. Общее покрытие яруса 20-40%.

В сплошном напочвенном покрове преобладают *Tomenthypnum nitens* (30-50%), *Ptilidium ciliare* (20-50%); очень обильны *Aulacomnium turgidum* (10-20%), *A. palustre* (10-20%), *Dicranum angustum* (до 10%), *D. congestum* (до 10%), *D. elongatum* (до 10%), *D. spadiceum* (до 10%), *Hylocomium splendens* (до 10%), *Cetraria cucullata* (10-20%), *Cladonia rangiferina* (10-20%), *Peltigera aphthosa*.



Рис. 18. Лиственничное редколесье моховое в урочище Ары-Мас.

Мхи и торфянистый слой полностью заполняют понижения между пятнами, и микрорельеф в редколесье не выражен, если не считать подушек и кочек, образованных мхами. Торфянисто-глеевая суглинистая почва протаивает на 20-45 см.

В дальнейшем древостой отмирает, подрост не развивается, рост кустарников также ухудшается, очевидно, по мере уменьшения толщины снежного покрова.

Кустарничково-лишайниково-моховые тундры (рис. 19) сменяют лиственничные редколесья. В травяно-кустарничковом ярусе высотой 5-30 см преобладает *Ledum decumbens* (20-30%), часто встречаются *Betula exilis*, *Salix pulchra*, *S. glauca*, *Empetrum nigrum*, *Vaccinium uliginosum*, *V. vitis-idaea*; изредка — *Arctagrostis latifolia*, *Carex globularis*, *C. hyperborea*, *Cassiope tetragona*, *Dryas punctata*.

В сплошном напочвенном покрове преобладают *Aulacomnium turgidum* (10-30%), *Ptilidium ciliare* (10-30%), *Dicranum angustum* (10-20%), *D. congestum* (10-20%), *D. elongatum* (10-20%), *D. spadiceum* (10-20%), *Tomenthypnum nitens* (10-30%), *Cetraria cucullata* (10-20%), *Cladonia rangiferina* (10-20%); часто встречаются *C. gracilis*, *C. uncialis*, *Peltigera aphthosa*, *Thamnolia vermicularis*.

Торфянисто-глеевая пылевато-суглинистая почва протаивает на 20-30 см.



Рис. 19. Кустарничково-лишайниково-моховая тундра с отдельными отмирающими лиственницами в урочище Ары-Мас.

Таким образом, в урочище Ары-Мас смена лиственничных редколесий тундрами также обусловлена развитием сплошного мохового покрова, препятствующего возобновлению лиственницы. Прогрессирующее ухудшение условий произрастания деревьев по мере нарастания мхов и накопления торфянистого слоя ускоряет гибель древесной и смену редколесий тундрами.

* * *

Лиственничные редколесья сменяются тундрами в процессе развития растительного покрова в Западной и Средней Сибири на дренированных почвах. Смена лиственничных редколесий тундрами обычно наблюдается на контакте этих двух типов растительности. Однако в процессе смены конкурентные взаимоотношения этих типов растительности не имеют существенного значения. Основная причина смены редколесий тундрами заключается в том, что всходы лиственницы не могут прижиться на сплошном моховом или лишайниковом ковре, который неизбежно развивается в лесах и редколесьях.

На суглинистых почвах редколесья сменяются кустарничково-лишайниково-моховыми тундрами. В процессе смены редколесий тунд-

рами на суглинках наблюдается изменение всего комплекса почвенных условий, а именно: понижение температуры, уменьшение глубины протавания, ухудшение аэрации, увеличение влажности почвы, образование торфянистого горизонта, ухудшение минерального питания растений. Все это обусловлено развитием и парастанием мхов в лесах и редколесьях, вызывает угнетение роста и развития корней деревьев, ускоряет их гибель и таким путем происходит смена лесов и редколесий тундрами.

Лиственничные редколесья с подлеском из ольхи, развивающиеся на пятнистых тундрах, существенно улучшают почвенно-грунтовые условия развития растений: верхняя поверхность вечной мерзлоты понижается, уменьшается влажность и усиливается дренаж почвы, улучшается снабжение растений элементами минерального питания, особенно азотом, который синтезируется в клубеньках на корнях ольхи, корни растений проникают значительно глубже в почву, чем на пятнистых тундрах. Температура грунтов под лиственничными редколесьями с подлеском из ольхи в Западной Сибири на 4-7° выше, чем на соседних тундровых участках.

На песчаных почвах лиственничные редколесья сменяются кустарничково-лишайниковыми тундрами. В процессе этой смены не наблюдается существенного изменения почвенных условий развития растений.

ГЛАВА 4. ПОЖАРЫ И ВЫРУБКИ

Пожары и вырубки северных лесов рассматриваются многими исследователями в качестве главнейших причин отступления леса к югу. Еще А. Ф. Миддендорф (1863) приводил примеры опустошительных рубок леса на северном пределе. Гибель лесных островов на полуострове Капин, а вероятно, и в остальной части северо-восточной России вызывается человеком, вырубаящим лес (Pohle, 1903). Б. Н. Городков (1935) писал об опустошительных рубках леса в лесотундре Дальнего Востока и в бассейне р. Печоры, отмечая, что они приводят к полному оголению страны от леса уже в ближайшие десятилетия. Основным фактором отступления леса и смены его тундрой в бассейне Индигирки А. Л. Биркенгоф (1932) считал деятельность человека, вырубаящего и выжигающего леса.

По свидетельству Л. Н. Тюлиной (1937), опустошительные рубки привели к полному безлесию ряда районов Хатангской лесотундры. По крайней мере половина лесов Лабрадора полностью уничтожена огнем в последние 20-30 лет. Из-за уничтожения гумусового слоя возобновление после пожара скудное, вегетативное размножение не-

достаточное, а семенные годы редки, поэтому лес отступает под воздействием огня (Hustich, 1939).

Вырубки и пожары привели к полному уничтожению леса в окрестностях многих поселков, расположенных в лесотундре. Во время путешествия по Сибири А. Ф. Миддендорфа (1863) вокруг селения Дудино (теперь г. Дудинка) на Енисее существовал лес, состоящий из ели, лиственницы и березы. В настоящее время вокруг г. Дудинки господствует повсюду тундра. Редкостойный лес около пос. Ныда, охарактеризованный А. Н. Седельниковым (1907), полностью вырублен, на его месте — тундра.

Около г. Салехарда многокилометровая полоса тундр и безлесных болот возникла после вырубки и пожаров лесов и редколесий. Об этом свидетельствуют многочисленные остатки пней и сухих деревьев. Уничтожены вырубками и пожарами редколесья и леса в окрестностях поселков Тазовское (низовье р. Таза), Казачье (низовье р. Яны) и др.

На месте вырубленных лесов обычно возникают тундры в условиях, когда невозможно естественное возобновление древесных пород из-за отсутствия семенников вблизи вырубленных лесов или вследствие невозможности укоренения проростков и роста подроста на изменившихся после уничтожения леса обитаниях.

Роль пожаров в динамике северной границы леса неоднозначна в различных условиях. Низовые пожары в северных (обычно редкостойных) лесах и редколесьях, как правило, уничтожают напочвенный покров, подрост и молодые лиственницы, в то время как старые толстокорые деревья мало повреждаются. После пожаров создаются нередко благоприятные условия для прорастания семян и укоренения всходов лиственницы, и через несколько лет появляется хороший подрост. Благоприятное влияние низовых пожаров на возобновление лиственницы неоднократно отмечалось исследователями Севера (Биркенгоф, 1932; Лесков, 1940).

Предварительное выжигание мохового покрова и части гумусового слоя в настоящее время применяется для обеспечения надежного возобновления древесных пород и улучшения роста деревьев в лесах Финляндии (Viro, 1974). После такого выжигания улучшается весь комплекс факторов роста деревьев: минеральное питание, температура и влажность почвы.

В напочвенном покрове и торфянистом (гумусовом) горизонте содержится большое количество соединений азота, фосфора, калия и других элементов минерального питания растений, недоступных для корней деревьев. После пожаров, уничтожающих напочвенный покров

и торфянистый (гумусовый) слой почвы, значительная часть элементов минерального питания вымывается, а азот улетучивается. Так, например, средние потери азота в Финляндии после предварительного, регулируемого пожара, когда выгорел растительный (в основном моховой) покров и часть гумусового слоя, оценивались в 320 кг/га (180 кг/га — из сгоревших растений и 140 кг/га — из гумусового слоя), что составляло 10% общего азота местообитания. Потери калия достигли 60 кг/га. Калий был вымыт в слои почвы, расположенные ниже основной массы корней деревьев (глубже 30 см). Количество фосфора уменьшалось в течение 6 лет после пожара до 75%. Кальций из гумусового слоя выщелачивался очень медленно после пожара и связывался, преимущественно ионообменным, в верхнем слое минеральной почвы. Выщелоченный магний также хорошо задерживался гумусовым и минеральными слоями почвы (Viro, 1974).

Таким образом, потери элементов минерального питания растений велики даже при регулируемом пожаре. Особенно велики потери азота. Однако азот, содержащийся в живых растениях, совершенно недоступен для других растений, а минерализация азота в растительных остатках и торфянистом (гумусовом) слое протекает очень медленно, поэтому доступного азота в почве очень мало. После пожара в результате уменьшения кислотности торфянистого (гумусового) слоя почвы усиливается минерализация азота. Нитрификация и нитратификация ускоряются сразу же после пожара, а впоследствии и аммонификация. Вследствие этого количество доступного (минерализованного) азота значительно увеличивается (Viro, 1974).

Количество легкорастворимого фосфора в верхнем 20-сантиметровом слое минеральной почвы было больше в течение нескольких лет после пожара, чем до пожара. В слое минеральной почвы до глубины 30 см на горевшем участке содержание обменных кальция и магния больше (или столько же), чем на негоревшем в течение 50 лет после пожара, а калия больше в течение 12 лет (Viro, 1974).

Потери фосфора и азота, несомненно, отрицательная сторона предварительного пожара. Все же регулируемый предварительный пожар не влечет существенного обеднения почвы. После пожара увеличивается количество доступных элементов минерального питания растений. Особенно заметен эффект пожара на мобилизацию азота.

В целом после целенаправленного пожара питательный статус местообитания улучшается на долгое время (Viro, 1974).

Сплошной лишайниково-моховой покров и торфянистый (гумусовый) слой почвы — эффективные теплоизоляторы. Они задержи-

вают большое количество жидких осадков и препятствуют испарению с поверхности почвы. После их выгорания повышается температура почвы, улучшается ее аэрация и соответственно уменьшается влажность.

Воздействие пожара на температуру почвы в северных лесах и редколесьях почти всегда положительно. Влияние пожара на влажность почвы благоприятно сказывается на переувлажненных, заболоченных почвах, а на участках, где водоудерживающая способность минеральных слоев почвы низкая, пожар может стать причиной слишком сильного иссушения почвы.

Всходы семян деревьев гибнут в моховом (лишайниковом) ковре и рыхлом торфянистом (гумусовом) горизонте почвы от иссушения в сухой период лета.

Возобновление на негоревших участках леса (редколесий) затруднено еще и тем, что молодые проростки древесных пород должны конкурировать с существующими соседними растениями за воду и элементы минерального питания. Поэтому при предшествующем пожаре очень важно уничтожить полностью растительность, чтобы исключить конкурентов проростков в наиболее критический период их роста.

Таким образом, после пожара улучшается снабжение растений элементами минерального питания, повышается температура, улучшается аэрация почвы, а также исключаются конкуренты. Вследствие этого после целенаправленного пожара обеспечивается достаточное возобновление и хороший рост подроста и молодых деревьев многие годы. Предшествующий пожар рекомендуется как один из лучших методов улучшения возобновления древесных пород и роста деревьев в насаждениях, где их рост угнетен (Viro, 1974).

Такой эффект предварительного регулируемого пожара достигается на моренных заболоченных почвах в Финляндии.

На грубых песчаных, гравистых, щебнистых и других подобных почвах, характеризующихся слабой водоудерживающей способностью и быстро высыхающих, пожар вызывает глубокие изменения почвы, неблагоприятно отражающиеся на возобновлении и росте деревьев. Пожар на таких почвах обычно полностью уничтожает торфянистый (гумусовый) слой. После пожара почва становится очень сухой. Вследствие небольшого количества мелкозема ионно-обменная способность таких почв низкая, поэтому большая часть элементов минерального питания, освобождающаяся при горении, вымывается из почвы и уносится за пределы горевших участков. После пожара усиливаются смыв и унос мелкозема, что вы-

зывает дальнейшее ухудшение водоудерживающих свойств почвы и ионно-обменной способности почвенного комплекса. После пожаров на таких почвах из-за сухости субстрата возобновление древесных пород тянется десятилетия даже в условиях влажного климата Финляндии (Viro, 1974).

Часто повторяющиеся стихийные пожары в северных лесах и редколесьях Азии, большая часть которых расположена на горных склонах, где почвы формируются на щебне и обломках коренных пород, создают еще большие затруднения для возобновления деревьев и угнетают рост сохранившихся лиственных. Несомненно, что такие пожары, иссушая и обедняя почву, уничтожая и повреждая древостой, создают условия, неблагоприятные для возобновления древесных пород, и леса и редколесья Севера отступают под воздействием огня, как свидетельствуют наблюдения на п-ове Лабрадор (Hustich, 1939).

Однако и на участках, сложенных рыхлыми, мелкозернистыми грунтами, пожары на севере Азии вызывают, несомненно, более глубокие изменения не только комплекса почвенно-грунтовых условий, но и ландшафта в целом, чем в условиях Финляндии.

В отличие от севера Финляндии рыхлые мелкозернистые отложения равнин и долин рек севера Азии находятся в вечном мерзлом состоянии и содержат большое количество льда. Эти минеральные отложения обычно перекрыты ковром мхов и лишайников, под которым расположен торфянистый горизонт почвы (торф), препятствующие прогреванию и протаиванию грунта. После уничтожения пожаром напочвенного покрова и торфянистого слоя обнажаются минеральные группы, содержащие большое количество льда. Льда настолько много, что при протаивании грунт превращается в полужидкую массу и движется даже по небольшому уклону. Вследствие этого после пожаров на склонах образуются оплывины, усиливается солифлюкция.

После лесных пожаров особенно усиливаются эрозия и термокарст. Эрозия в районах распространения рыхлых льдистых грунтов более интенсивна, чем в те области вечной мерзлоты по следующим причинам (Косов, Константинова, 1970).

1. Мерзлые грунты после оттаивания становятся неустойчивыми, текучими,двигающимися даже по небольшому уклону, они легко размываются и смываются.

2. Над влагонепроницаемым мерзлым грунтом накапливается вода, стекающая по уклону мерзлой поверхности и создающая благоприятные условия для сползания почвы (оплывин, оползней). Эта вода, выходя на поверхность склонов, размывает их.



Рис. 20. Термокарстовое озеро, образовавшееся после лесного пожара в долине р. Надым.

3. Эрозия всегда сопровождается вытаиванием грунтового льда. Вода, образующаяся при этом, питает и усиливает эрозию.

4. Обычно этот процесс сопровождается термокарстом, в результате которого увеличивается уклон ложа временного водотока, и таким путем усиливается эрозия.

5. Эрозия протекает непрерывно в течение теплого времени года, даже в том случае, когда в этот период совсем нет дождей.

Даже в районах, сложенных слабодистыми грунтами, наблюдается катастрофически быстрый рост оврагов. Так, в окрестностях г. Салехарда средняя скорость роста оврагов за период с 1958 по 1967 г. составляла 13 м, а отдельных оврагов — 20 м в год (Косов, Константинова, 1969).

После пожаров развивается термокарст — образование просадочных (провальных) форм рельефа — в результате вытаивания льда в грунтах. На месте леса образуются термокарстовые озера или болота. В лесотундровых районах Приморской низменности после пожаров редколесий, расположенных на холмах, в грунтах которых содержатся полигонально-жильные льды, достигающие 30 м мощности, в результате термокарста образуются озерно-болотные кот-

ловины (аласы) глубиной 20-30 м. Образование обширных термокарстовых озер после лесных пожаров наблюдал на северо-востоке Якутии А. Л. Биркенгоф (1934). В северной тайге Западной Сибири после лесного пожара в долине р. Надыма образовались термокарстовые озера (рис. 20).

В результате вырубок и пожаров северных лесов и редколесий увеличивается территория тундр, болот, озер уже в течение многих тысячелетий и таким образом лес отступает под влиянием деятельности человека. Особенно усилились рубки и пожары северных лесов и редколесий в последние десятилетия в связи с интенсивным освоением Севера.

ГЛАВА 5. РЕДКОСТОЙНЫЕ ЛЕСА, РЕДКОЛЕСЬЯ, РЕДИНЫ

Своеобразная черта северных лесов — их редкостойность — уже давно отмечалась исследователями Севера (Миддендорф, 1863; Толмачев, 1931; и др.). В Западной Сибири по мере движения от южной границы северной тайги к северу леса становятся все более разреженными. В северной части северной тайги среди лесных сообществ преобладают редкостойные леса, сомкнутость крои которых 0,3-0,5. В лесотундре наиболее распространены редколесья, где сомкнутость крои 0,1-0,2, часто встречаются крайне разреженные насаждения — редины, в которых расстояние между отдельными деревьями — десятки — сотни метров.

Одна из первых попыток объяснения образования редкостойных лесов принадлежит А. Ф. Миддендорфу (1863), обратившему внимание на значительное понижение температуры воздуха в тени деревьев по сравнению с открытыми участками на северном пределе леса. Он писал: "Вследствие низкой температуры воздуха в тени происходит, вероятно, и неплотное редкое произрастание деревьев близ предела лесной растительности. Температура в тени не удовлетворяет дерево, подростки его погибают, или, правильнее говоря, не всходят более, отсюда и происходит недостаток в молодых подростках" (с. 639).

В. С. Говорухин (Алехин и др., 1961) считал, что причиной разреженности древесного яруса в лесотундре является низкая температура почвы. Поскольку корни деревьев сосредоточены в самом поверхностном, более прогретом торфянистом горизонте, при сомкнутом росте деревьев температура этого горизонта была бы ниже необходимой для развития корней.

Б. Н. Норин (1964, с. 59), много лет посвятивший изучению лесотундровых редколесий, отмечал: "Важнейшей особенностью структуры лесотундровых сообществ является разреженность их древесного яруса, вызванная конкуренцией корневых систем деревьев".

О причинах редкостойности северных лесов в литературе имеются только отдельные высказывания, не подкрепленные специальными исследованиями.

На северном пределе леса встречаются и сомкнутые древостои, хотя площадь их невелика по сравнению с редколесьями и редкостойными лесами. Еще А. Ф. Миддендорф (1863, с. 561) писал о "лесных чащах" на северном пределе леса на Таймыре: "Весьма интересно было бы исследовать обстоятельства, при которых лес на дальнем севере растет так густо".

В ходе изучения процессов заболачивания леса на северном пределе и смены его тундрой (см. гл. 1, 2) получены материалы, анализ которых дает возможность объяснить причины преобладания редкостойных лесов и редколесий на севере таежной зоны и в лесотундре, а также выяснены условия возникновения сомкнутых лесов вблизи северного предела леса.

Сомкнутые леса на севере развиваются в процессе естественного возобновления древостоя на обнаженных достаточно дренированных участках, образующихся после лесных пожаров, а также выгорания торфянисто-мохового покрова в тундрах и кустарниках, либо в результате эрозии, термокарст, оплывов, опозней на свежих аллювиальных наносах. Сомкнутые леса на таких участках возникают только при наличии достаточного запаса семян деревьев. Они являются первыми стадиями развития лесной растительности.

Обычно сомкнутые леса развиваются на лесных гарях, расположенных вблизи массивов лесов или редколесий, либо на участках, где после пожара сохранились плодоносящие деревья. Б. Н. Городков (1946, с. 83) писал: "Пожары лесов и торфяников — причина постоянного возобновления сукцессий на севере Западной Сибири".

Развивающийся в сомкнутых лесах сплошной моховой покров препятствует укоренению всходов семян деревьев, подрост не развивается. По мере естественного отмирания деревьев древостой изреживается и сомкнутые леса трансформируются в редкостойные, а последние — в редколесья, сменяющиеся тундрами. Так, на севере Западной Сибири сомкнутые березняки с примесью лиственницы или лиственнично-березовые леса, возникающие на суглинистых почвах после лесных пожаров, через 100-120 лет сменяются редкостойными березово-лиственничными или лиственничными лесами, трансформирующимися в редколесья через 150-200 лет. Редколесья сменяются тундрами примерно через 50 лет после их образования.

Процесс изреживания древостоя сопровождается ухудшением условий произрастания и угнетением роста деревьев в связи с нараста-

нием мхов, образованием и накоплением торфянистого слоя или торфа (при этом уменьшается глубина проталины, понижается температура почвы, увеличивается ее влажность, ухудшается аэрация, сокращается наличие доступных элементов минерального питания растений). Вследствие этого деревья в сомкнутых лесах характеризуются наиболее густыми кронами, наибольшим приростом стволов в толщину и в высоту, наименьшей сбежистостью, а в редколесьях и рединах заключительных стадий развития древостой крайне угнетен: кроны деревьев узкие, в них больше сухих ветвей, чем живых, стволы сильно сбежистые, скрученные, обычно кривые, особенно в верхних частях, суховершинные или многовершинные (рис. 21), много сухостоя (рис. 22).

В подзоне редкостойных лесов севера Западной Сибири сомкнутые березняки с примесью лиственницы или лиственнично-березовые леса, развивающиеся на дренированных суглинистых почвах, существуют около 100 лет, редкостойные леса, сменяющие их, — 150-200 лет, а следующие за ними редколесья — около 50 лет. Эти временные соотношения последовательных смен отмеченных сообществ отражены и в их пространственном распространении, а именно: сомкнутые леса занимают меньшую площадь, чем редкостойные и редколесья. Поскольку время существования сомкнутых лесов составляет треть времени существования лесных стадий от момента облесения обнаженных участков до смены редколесий тундрами, можно предположить, что площадь сомкнутых лесов будет примерно в три раза меньше площади, занимаемой редкостойными лесами и редколесьями. Однако анализ аэроснимков и маршрутные наблюдения в различных районах подзоны редкостойных лесов Западной Сибири свидетельствуют, что площадь сомкнутых лесов не больше 10% площади, занятой всеми лесами и редколесьями. Значительное преобладание редкостойных лесов и редколесий над сомкнутыми лесами объясняется особенностями развития лесных сообществ в условиях слабого дренажа почвы и влиянием лесных пожаров.

Слабодренированные участки, занимающие на севере Западной Сибири значительно большую площадь, чем хорошо дренированные, характеризуются наличием бугров и повышений различной формы высотой 0,4-1,0 (до 1,5) м, чередующихся с мокрыми или заболоченными понижениями шириной 1-5 м. Подрост березы и лиственницы развивается только на повышениях, буграх. Развивающиеся в понижениях сфагновые, полнотравяные и другие мхи энергично подвигаются на склоны бугров и повышений, угнетают рост и развитие корней деревьев. Вследствие этого на таких участках развивается редкий, угнетенный древостой, и стадия сомкнутого леса выпадает.



Рис. 21. Суховершинная лиственница в редколесье на северном пределе леса в Западной Сибири.



Рис. 22. Отмирающее лиственничное редколесье с обилием сухостоя в северной тайге Западной Сибири (междуречье Таз — Пур).

Низовые пожары, обычно повторяющиеся в редкостойных лесах, нередко уничтожают мохово-лишайниковый покров, губят подрост и березы. Взрослые лиственницы такими пожарами слабо повреждаются или почти не повреждаются. В результате под влиянием повторяющихся низовых пожаров образуются и поддерживаются чистые лиственничные леса и редколесья.

Особенно велико влияние пожаров на формирование редколесий и редкостойных лесов на севере Восточной Сибири и Якутии, где лето более жаркое, осадков выпадает меньше, чем на севере Западной Сибири. Большая часть севера Средней Сибири и Якутии к югу от тундры представляет собой горную страну, где почвы развиваются на щебнистом, обломочно-глыбовом материале. Медленно накапливающийся мелкозем сосредоточен в промежутках между обломками горных пород, трещинах и т. п., перекрыт небольшим слоем грубого гумуса (торфянистым слоем). Такие почвы хорошо пропускают влагу, и верхние слои их быстро высыхают в сухой период лета, поэтому в лесах и редколесьях преобладают лишайники (часто цетрарии и алектории) и переносящие сухость мхи. Летом в сухое время лишайниковый покров очень легко воспламеняется и

низовые пожары охватывают огромные территории северной тайги. Повторяющиеся пожары вызывают глубокие изменения почвы. Уничтожается не только мохово-лишайниковый покров, но и гумусовый горизонт, обнажается щебень, глыбы коренных пород и мелкозем. В периоды дождей мелкозем сносится со склонов, так же как и зола, растворенные в ней элементы минерального питания растений, и выносится в долины и отчасти в более глубокие слои грунта. В результате многократно повторяющихся пожаров почва становится все беднее элементами минерального питания растений и верхние ее горизонты, где развиваются корни деревьев, обедняются мелкоземом, быстро высыхают. Рост и приживание всходов семян древесных пород все более затрудняются. На крутых склонах гор после пожаров нередко обнажаются осыпи, на них возобновление деревьев крайне затруднено из-за сухости щебня, его подвижности, отсутствия мелкозема и т. п. Сохранившиеся неповрежденные пожаром лиственницы на таких склонах образуют редколесья или даже редины.

Подрост лиственницы на крутых склонах гор развивается только в наиболее благоприятных условиях, например под защитой глыб коренных пород, в трещинах и т. п. На остальных участках осыпи подрост не развивается. Развитие редкостойного леса на таких склонах невозможно даже при обилии жизнеспособных семян, поэтому на них формируются редколесья. На более пологих склонах гор, где спос мелкозема не так значителен после пожаров, как на крутых, повторяющиеся пожары уничтожают подрост и мешают возобновлению лиственницы. На них нередко образуются редкостойные леса, образованные старыми лиственницами. По мере отмирания старых деревьев древостой изреживается и редкостойные леса превращаются в редколесья (при повторяющихся низовых пожарах).

Несомненно, лиственничные редкостойные леса и редколесья севера Якутии и Средней Сибири в значительной степени являются следствием часто повторяющихся низовых пожаров, уничтожающих подрост и ухудшающих условия произрастания деревьев.

Редколесья — наиболее распространенный тип древесных насаждений в лесотундре. В азиатской лесотундре редколесья занимают значительно большую площадь, чем редкостойные леса. При обсуждении причин господства редколесий среди древесных сообществ в лесотундре следует учитывать общее ухудшение условий возобновления древесных пород и роста деревьев по сравнению с северной тайгой.

В лесотундре период роста деревьев короче, температура почвы и воздуха ниже, чем в северной тайге. Глубина протаивания почвы мень-

ше, а верхняя поверхность вечной мерзлоты залегает соответственно выше, поэтому и почва заболочена сильнее, а аэрация ее слабее, чем в северной тайге. В связи с понижением температуры почвы и сокращением теплого периода разложение органического вещества почвы замедлено, поэтому и поступление элементов минерального питания растений в процессе минерализации органического вещества в лесотундре меньше, чем в северной тайге.

Из-за слабой аэрации, низкой температуры и небольшой глубины протаивания почвы в лесотундре корни деревьев развиваются в самом приповерхностном слое, поэтому конкуренция корневых систем деревьев более выражена, чем в северной тайге, и, конечно, является существенным фактором формирования редколесий. Конкуренцией корневых систем деревьев объясняли образование редколесий Б. Н. Городков (1935), Б. Н. Норин (1956) и др.

В связи с общим ухудшением условий произрастания деревьев в лесотундре по сравнению с северной тайгой особенно существенное значение для формирования древесных насаждений имеют условия, благоприятствующие прорастанию семян и укоренению всходов.

Семена деревьев в лесотундре дружно прорастают, а проростки легко укореняются в теплое, влажное и достаточно продолжительное лето. В сухое, хотя и теплое лето, верхние слои почвы пересыхают настолько, что проростки, а также слабоукоренившийся подрост гибнут от недостатка влаги. Особенно опасна засуха во второй половине лета, когда молодые проростки еще слабо укоренились (Норин, 1956). В лесотундре в неблагоприятные для прорастания семян и укоренения всходов вегетационные периоды, которые более обычны, чем благоприятные, проростков укореняется недостаточно для формирования сомкнутого или редкостойного леса.

Большое значение для формирования редких древостоев имеет уменьшение урожайности семян деревьев и ухудшение их качества в лесотундре. Недостаток доброкачественных семян в сочетании с неблагоприятными для укоренения проростков годами является причиной формирования редколесий на участках, где еще возможно существование сомкнутого леса (Андреев, 1954; Норин, 1956).

Особое значение для формирования редколесий в азиатской лесотундре имеет своеобразие рассеивания семян лиственницы. Большая часть семян лиственницы не уносится за пределы массивов леса (редколесий), поэтому возобновление ее наблюдается лишь в пределах этих массивов или в непосредственной близости от них (Шнятов, 1966).

По мере удаления от массивов лесов (редколесий) количество семян, попадающих на участки почвы, благоприятные для их

прорастания и укоренения всходов, уменьшается, соответственно уменьшается и количество подроста и взрослых деревьев в образующихся посадках. Очевидно, чем дальше от массива леса (редколесья) образуется молодое посадение, тем реже древостой. Следовательно, даже при благоприятных условиях возобновления лиственницы, из-за уменьшения количества семян по мере удаления от лесных массивов в лесотундре, леса неизбежно сменяются редколесьями, а последние — редицами. На участках, отдаленных от плодоносящих древостоев, вследствие недостатка семян, формируются редколесья, в этом случае стадия сомкнутого леса выпадает.

Поскольку участки, пригодные для прорастания семян деревьев и укоренения всходов в лесотундре, чаще всего встречаются в долинах рек и на склонах гор (здесь чаще наблюдаются пожары, оползни, эрозия, наносы аллювия и т.д.), постольку леса и редколесья приурочены к этим элементам рельефа, по которым они наиболее далеко проникают в тундру.

В формировании редколесий в лесотундре существенную роль играет микрорельеф: полигонально-валиковый, бугристый, пятнистый.

В азиатской лесотундре полигонально-валиковые болота занимают большие площади в долинах рек, впадающих в Ледовитый океан. Лиственницы растут только на более сухих валиках полигонов, возвышающихся над заболоченными межполигональными капавками и вогнутыми центральными частями, занятыми болотами или озерами. Вследствие этого на полигонально-валиковых болотах формируются своеобразные лиственничные редколесья, в которых деревья расположены по периметрам полигонов на наиболее возвышающихся участках валиков (см. рис.4)

Бугристый микрорельеф — чередование бугров высотой 0,4-0,1 м и заболоченных понижений между ними — широко представлен в лесотундре. Деревья растут только на верхних частях бугров, где почва суше и лучше аэрируется (чем на их склонах), а редкий мохово-лишайниковый ковер не мешает укоренению всходов. На склонах бугров, особенно их нижних частях, мощный моховой покров препятствует укоренению всходов семян деревьев, а в заболоченных понижениях они вообще не могут расти. Вследствие этого на бугристых участках более или менее сомкнутый лес не может образоваться, здесь встречаются только редколесья.

Пятнистый микрорельеф различного происхождения также служит местом образования редколесий. Всходы семян деревьев хорошо

приживаются на пятнах голого или слабозаросшего грунта, в то время как между пятнами сплошной лишайниково-моховой ковер препятствует укоренению всходов. Поскольку пятна занимают значительную меньшую площадь в лесотундре, чем сильнозамшелые или заболоченные пониженные участки между ними, где возобновление и рост деревьев невозможны, на участках пятнистого микрорельефа формируются преимущественно редколесья.

Кроме того, в лесотундре редколесья возникают, так же как и в северной тайге, в процессе естественного изреживания сомкнутых и редкостойных лесов, в которых возобновление деревьев прекратилось вследствие развития сплошного мощного лишайниково-мохового покрова. По мере отмирания старых и поврежденных деревьев лес на таких участках изреживается и превращается в редколесье.

Повторяющиеся низовые пожары, уничтожая подрост и молодые деревья, но мало повреждая старые лиственницы, в редкостойных и сомкнутых лесах также способствуют формированию редколесий. Однако, вследствие того, что редкостойные и тем более сомкнутые леса в лесотундре занимают незначительную площадь, роль пожаров и естественного изреживания этих лесов в формировании редколесий невелика по сравнению с другими факторами. Вероятно, более существенная роль пожаров в поддержании редколесий. Итак, низовые пожары в редколесьях, уничтожая мохово-лишайниковый покров, препятствующий укоренению проростков, с одной стороны, способствуют возобновлению древостоя и образованию более сомкнутых посадений, а с другой стороны, губя молодой подрост, препятствуют этому. Периодически повторяющиеся пожары в редколесьях, уничтожая подрост, затрудняют возникновение более сомкнутых посадений и таким путем сохраняют их разреженность.

Редколесья и редицы образуются также и после выборочных рубок леса. Такие редколесья часто наблюдаются вблизи старых поселков.

Таким образом, в лесотундре формируются первичные редколесья на участках, где невозможно образование более сомкнутых древостоев из-за недостатка семян (вдали от плодоносящих древостоев) или из-за недостатка мест, благоприятных для роста деревьев (на участках пятнистых, бугристых тундр и полигонально-валиковых болот).

Вторичные редколесья формируются после самоизреживания сомкнутых или редкостойных лесов, а также в результате низовых пожаров выборочных рубок таких лесов.

В северной тайге редкостойные леса формируются в процессе самоизреживания сомкнутых в том случае, когда возобновление лесоб-

разнующих пород невозможно в основном из-за развития сплошного мохового ковра, препятствующего укоренению всходов семян деревьев. Редколесья формируются соответственно в процессе самонзреживания редкостойных лесов.

Особенно велика роль пизовых пожаров в формировании редкостойных лесов и редколесий севера Сибири и Якутии.

ГЛАВА 6. РОСТ ДЕРЕВЬЕВ

Немногочисленные сведения о росте деревьев на северном пределе леса, полученные в XIX и первой половине XX столетия, ограничиваются преимущественно данными о возрасте деревьев, высоте и диаметрах стволов их (Миддендорф, 1867; Kihlman, 1890; Зубков, 1940). Лишь С. Н. Недригайлов (1936) приводит анализ роста стволов лиственницы в различных растительных сообществах в верховьях р. Ападыря.

В 1949, 1950 гг. изучался рост в длину и толщину побегов и корней основных лесообразующих пород в окрестностях Игарки, а именно: *Larix sibirica*, *Picea obovata*, *Pinus sibirica* и *Betula pubescens* (Тырников, 1954, 1955, 1956). Район работ расположен в 170 км к югу от северной границы ареала лиственницы, которая в пизовые Енисея далее других пород продвигается к полюсу, и в 50 км южнее северного предела редкостойных лесов.

А. П. Тольский (1913) отмечал, что ход роста побегов в длину зависит от температуры воздуха ранней весны, когда понижение температуры задерживает рост, а утренние заморозки уменьшают суточный прирост. Ночью рост нередко совершенно прекращается из-за низкой температуры воздуха. По свидетельству М. Бюсгена (Busgen, 1927), Romel установил, что в Швеции ход роста побегов сосны и ели соответствует изменениям температуры воздуха. Общий прирост побегов в областях с засушливым климатом лимитируется количеством осадков в течение второй половины лета предшествующего года, а в областях с влажным и прохладным летом — температурой воздуха в период роста побегов (Тольский, 1913).

В 1950 г. в окрестностях Игарки рост побегов отмеченных пород начался после схода снега в пятидневку от 13 по 17 июня, когда среднесуточная температура воздуха была 9°. Повышение среднесуточной температуры воздуха до 17° (средняя за 5 дней) с 18 по 22 июня сопровождалось существенным увеличением прироста побегов в длину, затем резкое понижение температуры воздуха до 7° в период с 23 по 27 июня вызвало существенное уменьшение прироста побегов. Так, прирост верхушечных побегов березы, достигший в предшествующую теп-

лую пятидневку 40 мм, уменьшился в до 8 мм. Повышение температуры воздуха с 28 июня по 2 июля и в последующую пятидневку сопровождалось увеличением прироста побегов.

Соответствие хода роста побегов изменениям температуры воздуха в окрестностях Игарки наблюдалось в период интенсивного роста, и в конце периода роста прирост уменьшался вне зависимости от температуры воздуха. Эти наблюдения подтвердили данные Romel (цит. по Busgen, 1927).

Если рост побегов начался почти одновременно у всех пород (у кедр на несколько дней раньше), то закончился он у различных пород в разное время. Кроме того, побеги второго порядка закончили рост на 5-15 дней раньше, чем верхушечные, за исключением лиственницы, у которой рост их закончился одновременно. Рост верхушечных побегов лиственницы и березы закончился в последнюю пятидневку июля, у ели он завершился примерно на пятидневку раньше, а у кедр — на полмесяца раньше. В целом наиболее продолжителен рост в высоту, т. е. верхушечных побегов, отмечен у березы — около 50 дней, у лиственницы — около 45 дней, у ели и кедр — около 40 дней.

Наибольший прирост побегов отмечен у березы, меньший — у лиственницы и еще меньший — у ели и кедр (табл. 10). Наиболее интенсивный рост побегов наблюдался в самую теплую пятидневку. В течение этой пятидневки прирост большинства побегов составил более 1/3 всего годичного прироста их. Максимальный прирост в течение этой пятидневки наблюдался у побегов березы, меньший — у лиственницы, еще меньший — у ели и минимальный — у кедр (табл. 11).

Побеги в период наиболее интенсивного роста удлинялись на 1-2 см за сутки, т. е. также быстро, как и в более южных районах (Dengler, 1944).

Рост окончаний длинных (скелетных) приповерхностных корней березы, лиственницы, ели и кедр, расположенных под папочевым

Таблица 10

Прирост побегов за вегетационный период 1950 г.

Породы	Прирост побегов, мм					
	I порядка			II порядка		
	средн.	макс.	мин.	средн.	макс.	мин.
Береза	213	319	102	95	156	40
Лиственница	134	175	58	92	145	72
Ель	98	140	55	42	47	28
Кедр	88	105	60	42	45	38

Таблица 11

Породы	Максимальный прирост побегов за самую теплую пятидневку	
	Прирост, мм побегов I порядка	побегов II порядка
Береза	110	58
Лиственница	68	41
Ель	57	27
Кедр	42	-

покровом на поверхности рыхлого торфянистого горизонта или почвы, а нередко и в слое живых мхов и лишайников, начался одновременно или почти одновременно с началом роста побегов — во второй декаде июня, когда среднесуточная температура воздуха за декаду достигла 7,5°, и продолжался непрерывно до конца августа. За декаду с 18 по 27 августа отмечен существенный прирост в длину, в среднем более 15 мм, у лиственницы более 20 мм, а в следующую декаду прирост был ничтожный — 1-3 мм, несмотря на то, что среднесуточная температура воздуха за эту декаду превышала 10°.

В 1949 г. рост корней начался в конце второй — начале третьей декады июня (снег стоял в середине июня) и продолжался еще в третью декаду августа, прекратился рост корней в первой декаде сентября, хотя температура воздуха в течение этой декады была выше (около 10°), чем в начале роста, когда она была около 7,5°. Возможно, что окончание роста деревьев определяется не столько температурой почвы, сколько сокращением продолжительности дня, как это установлено для ряда злаков и осоковых растений тундры (Shaver, Billings, 1977).

В течение двух вегетационных периодов наблюдалось полное соответствие темпов роста корней изменениям температуры воздуха и, очевидно, почвы, так как температура почвы под лишайниково-моховым покровом толщиной около 5 см, где расположены растущие окончания корней, изменялась в соответствии с изменениями температуры воздуха. Суточные максимумы и минимумы температуры почвы у окончаний корней наступали лишь на несколько часов позднее, чем в воздухе.

Резкое снижение прироста в середине вегетации в 1950 г. наблюдалось в период, когда температура воздуха значительно понизилась. В декаду с 7 по 18 июля среднесуточная температура воздуха в среднем удерживалась на уровне около 11°, прирост корней лиственницы в среднем был равен 25 мм, а в предыдущую декаду, когда температура воздуха была около 17°, прирост достиг 42 мм, в следующую после минимума декаду температура также удерживалась на уровне около 17°, а прирост был равен 43 мм.

Таблица 12

Прирост корней деревьев в длину в 1950 г.

Породы	Прирост, мм	
	средний за год	максимальный за декаду
Лиственница	223	85
Береза	203	85
Ель	198	78
Кедр	153	58

Если в общих чертах ход роста корней лиственницы, ели, кедра и березы сходен, в некоторых частностях имеются существенные различия. Корни кедра росли медленнее, чем корни ели и лиственницы (табл. 12).

В начале вегетационного периода корни кедра в общем позднее трогаются в рост, а в конце — раньше прекращают его по сравнению с корнями других пород.

Важным показателем развития корневых систем служит интенсивность ветвления корней. Приросты корней текущего года начинают ветвиться в наиболее теплый период лета, при этом раньше всего корни, растущие на наиболее прогреваемых участках (склоны южной, юго-западной и юго-восточной экспозиции, на расположенных к югу от ствола участках и т. п.), в то время как на слабопрогреваемых местах окончания корней, выросшие за текущий теплый сезон, нередко совершенно не ветвятся.

В сходных по температурному режиму почвы местах наиболее интенсивно ветвились корневые окончания текущего года лиственницы и березы, слабее — корни ели и наиболее слабо — корни кедра. Наблюдения в природе и специальные опыты свидетельствуют, что низкая температура почвы наиболее сильно замедляет рост и ослабляет ветвление корней у кедра по сравнению с корнями других пород. На корнях ели это воздействие низкой температуры сказывается сильнее, чем на корнях лиственницы (Тыртиков, 1954).

Деятельность камбия в 1949 г. в ветвях лиственницы, ели, кедра и березы началась в конце третьей декады июня и закончилась в конце третьей декады июля. Наиболее интенсивно клетки камбия делились в течение второй декады июля — в самый теплый период. Утолщение стенок клеток древесины закончилось в ветвях этих пород во второй декаде августа.

Деятельность камбия в корнях лиственницы, ели, кедра и березы в 1949 г. также началась в третьей декаде июня. Вначале слабая, она заметно усилилась в течение июля и достигла максимальной интенсивности в первой декаде августа — в самый теплый период лета. Во второй декаде августа заметно явное ослабление деятельности камбия, а в третьей

декаде она прекратилась в корнях ели, кедра и березы, а в корнях лиственницы наблюдалась еще слабая деятельность камбия, закончившаяся в первой декаде сентября.

В 1950 г. деятельность камбия в ветвях и стволах деревьев началась на 15-20 дней раньше, снег также стоял на полмесяца раньше, чем в 1949 г. Деятельность камбия в ветвях и стволах лиственницы и березы началась несколько позднее, чем у кедра и ели. Наиболее интенсивная деятельность камбия у всех пород отмечена в первой декаде июля — в самую теплую декаду в период деятельности камбия. Закончилась она в ветвях и стволах кедра и в ветвях ели в начале второй декады июля, в ветвях березы — в конце первой декады июля, в стволах березы — в конце второй декады июля, в стволах и ветвях лиственницы и в стволах ели — в третьей декаде июля. Утолщение стенок клеток древесины завершилось в ветвях и стволах березы в первой декаде августа, в ветвях и стволах кедра и ели — во второй декаде августа, в ветвях и стволах лиственницы — в третьей декаде августа.

Деятельность камбия в корнях отмеченных пород в 1950 г. началась еще в первой декаде июня. В течение июня и июля наблюдалось неуклонное усиление деятельности камбия. Наиболее интенсивно камбиальные клетки делились в самый теплый период лета — в конце июля — начале августа. В это время число рядов клеток камбиальной зоны достигло максимума, а переход между ними и клетками молодой древесины был очень плавный. Во второй декаде августа в корнях ели, кедра и березы заметно резкое ослабление деятельности камбия, закончившееся в третьей декаде. В корнях лиственницы в течение августа заметно постепенное затухание деятельности камбия, однако она прекратилась лишь в первой декаде сентября. Клетки древесины, примыкающие к камбию, у кедра и березы были сильно утолщены уже в третьей декаде августа, а в корнях ели — еще тоньше, достигшие полного утолщения в первой декаде сентября. В первую декаду сентября в корнях лиственницы клетки молодой древесины, примыкающие к камбию, были не только не утолщены, но еще и не сформированы (они не отличались от клеток камбия).

В корнях кедра, ели и березы деятельность камбия прекратилась в период, когда среднесуточная температура почвы поднялась до 6-7°, в то время как в корнях лиственницы она прекратилась при повышении температуры до 2-3°, а утолщение клеток древесины происходило, очевидно, при температуре, близкой к 0°.

Таким образом, на северном пределе леса в Западной Сибири деятельность камбия в ветвях, стволах и корнях основных лесообразу-

ющих пород начинается почти одновременно, что подтверждает наблюдения Г. Руссова (Russow, 1882), но не соответствует выводам Т. Гартига (Hartig, 1858) и Л. А. Гульбе (1888). Деятельность камбия заканчивается в стволах и ветвях деревьев значительно раньше (на 20-30 дней), чем в корнях, т. е. наблюдается та же закономерность, что и в более южных районах (Гульбе, 1888; Hartig, 1858, 1863).

Деятельность камбия в корнях и стволах деревьев начиналась после схода снега, в период когда среднесуточная температура воздуха превысила 7°. В стволах и побегах деятельность камбия заканчивается в июле, вне зависимости от температуры воздуха. Деятельность камбия в корнях заканчивается в конце августа, а у лиственницы — в начале сентября. Окончание деятельности камбия в корнях также, очевидно, определяется не только понижением температуры почвы, но и сокращением продолжительности дня.

Интенсивность деятельности камбия увеличивается с повышением температуры воздуха (в стволах и побегах) или почвы (в корнях).

Рост в толщину (деятельность камбия) начинается одновременно с началом роста в длину побегов или корней и заканчивается также одновременно с окончанием роста в длину того или иного органа.

Преобладание роста корней в направлении параллельном поверхности почвы — характерная особенность деревьев вблизи полярной границы леса и вообще в области вечной мерзлоты, что обусловлено не только ограниченной толщиной почвенного слоя, но и невозможностью развития корней в надмерзлотных слоях почвы, переувлажненных и очень слабо аэрируемых.

Корни деревьев обладают положительным термотропизмом, экспериментально доказанным для приповерхностных корней лиственницы (Тыртиков, 1951).

Корневые системы деревьев вблизи северного предела леса состоят преимущественно из приповерхностно стелющихся корней. Стержневые корни у березы, кедра, лиственницы не развиваются. Приповерхностные корни деревьев расположены преимущественно в торфянисто-моховом слое, от них отходят небольшие вертикальные корни, проникающие в минеральные горизонты почвы на глубину не более 40 см в редкостойных лесах на торфянисто-слабоподзолистых (торфянисто-скрытоподзолистых) оглеенных суглинистых почвах, под которыми вечная мерзлота залегает на глубине 60-80 см. Лишь на сухих песчаных почвах, под которыми вечная мерзлота залегает глубже 3 м или ее нет совсем, корни лиственницы и березы достигают глубины 110-120 см, и у этих пород развивается стержневой корень.



Рис. 23. Корни березы в редкостойном лесу в окрестностях Игарки.

Своеобразие корневых систем деревьев на северном пределе леса и в области вечной мерзлоты вообще заключается не только в том, что они состоят в основном из корней, стелющихся в приповерхностных слоях почвы, но и в том, что корневые системы занимают площади, в десятки раз превышающие площадь проекций их кроны. Так, например, в редкостойных лесах окрестностей Игарки корневые системы ели, кедра, лиственницы и березы занимают площади в 10-60 раз больше, чем соответствующие площади проекций их кроны. Поэтому в редкостойных лесах и редколесьях Севера корневые системы деревьев обычно сомкнуты (рис. 23) (Тыртиков, 1951).

В папочвенном покрове редкостойных лесов обычно преобладают мхи (зеленые, политриховые, местами сфагновые). По мере отмирания нижних частей мхов в этих условиях формируется торфянистый слой почвы. Поскольку молодые приповерхностные корни деревьев располагаются на границе мха и почвы или в верхней части мохового покрова, по мере накопления торфянистого слоя они погребаются торфом. Одновременно с увеличением торфянистого слоя и нарастания мхов замедляется протавание почвы и верхняя поверхность вечной мерзлоты повышается. Это вызывает не только понижение температуры почвы, но и ухудшение ее аэрации, так как влага заполняет все

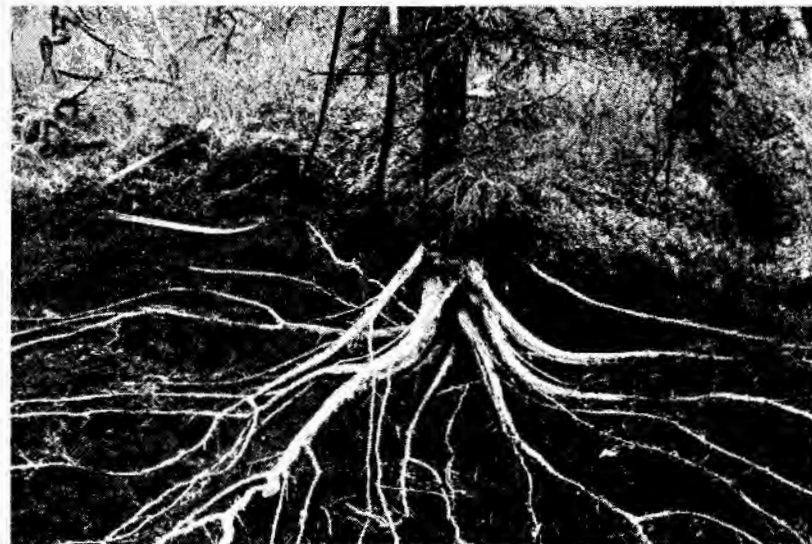


Рис. 24. Придаточные корни ели, образовавшиеся по мере нарастания мхов и накопления торфа, нижние корни захвачены вечной мерзлотой.

поры в надмерзлотных слоях и вытесняет из них воздух. Корни деревьев в анаэробных и позднооттаивающих нижних слоях почвы гибнут. По мере погребения нижних частей стволов деревьев мхами и торфом на них образуются придаточные корни. На участках, где в папочвенном покрове преобладают быстронарастающие политриховые или сфагновые мхи, корневые системы деревьев состоят преимущественно из придаточных корней, при этом отмершие нижние корни их нередко захвачены вечной мерзлотой (рис. 24).

Придаточные корни образуются не только на нижних частях стволов деревьев, погруженных в торфяно-моховой слой, но и на ветвях, прижатых к земле и погребенных нарастающим мхом, засыпанных песком, занесенных илом и т. п. В редколесьях деревья часто вырываются ветром. Упавшие лиственницы образуют придаточные корни на стволах и ветвях, погруженных в торфяно-моховой слой при падении, или на нижних сторонах их, лежащих на почве. Нередко боковые ветви верхних частей стволов упавших деревьев принимают вертикальное направление роста и образуют группу (ряд) прямоствольных деревьев, связанных общим стволом (рис. 25).

Прирост стволов деревьев в толщину и высоту в наиболее распространенных местообитаниях — редкостойных лесах, под которыми ве-



Рис. 25. Укоренившиеся ветви и ствол упавшей лиственницы среди тундры в урочище Ары-Мас.

чная мерзлота залегает на глубине 60-80 см, небольшой. Средний прирост в толщину всех пород 0,8-0,9 мм в год, а в высоту 5-7 см. Максимальные значения средних приростов в толщину также близки у всех пород — 1,5-1,6 мм в год, а в высоту — 10,5-12,5 см. Прирост в толщину и в высоту берез и лиственниц в редкостойных лесах почти одинаков, елей — немного меньше (табл. 13).

В сомкнутом лиственничном лесу, где вечная мерзлота залегала обычно глубже 100 см, прирост деревьев в высоту и в толщину больше, чем в редкостойных лесах, лиственниц на 52 и 44%, берез — на 68 и 33% соответственно. Прирост елей в высоту и толщину в лиственничнике почти не отличается от таковых в редкостойных лесах (табл. 13).

В березняке на аллювиальных песчаных почвах, где вечной мерзлоты нет или она залегает глубже 3 м, прирост в толщину и в высоту лиственниц в 2,3 и 2,4 раза соответственно выше, берез — в 3,6 и 3,7 раза выше, чем в редкостойных лесах, прирост елей в 2,1 и 2,6 раза выше (табл. 13).

В редколесьях на торфяниках, где вечная мерзлота залегает на глубине 40-50 см, прирост стволов деревьев в высоту и толщину не отличается существенно от таковых в редкостойных лесах (табл. 13).

Таблица 13
Прирост стволов деревьев в окрестностях Игарки

Породы	Местобитания	Сомкнутость кроны	Возраст, лет	Диаметры стволов мм	Прирост в толщину за год, мм	Высота стволов м	Прирост в высоту в год, см	Количество измеренных деревьев
Лиственница	Редколесья	0,1-0,2	21-153	19-155	0,9(0,4-1,9)	1,0-12,5	5,5(2,5-8,2)	15
"	Редкостойные леса	0,3-0,5	58-218	29-246	0,9(0,4-1,6)	2,8-17,0	6,7(2,4-11,0)	39
"	Лиственничный лес	0,7-0,8	106-195	79-289	1,3(0,6-1,9)	8,5-18,0	10,2(4,4-13,1)	12
"	Березовый лес	0,8-0,9	16-53	32-80	2,2(1,4-4,4)	2,5-5,0	16,0(9,4-31,2)	7
Ель	Редколесья	0,1-0,2	19-162	13-171	0,8(0,3-1,4)	0,7-9,0	4,3(1,9-6,3)	9
"	Редкостойные леса	0,3-0,5	16-260	11-226	0,8(0,3-1,6)	0,7-15,0	5,0(1,7-10,5)	46
"	Лиственничный лес	0,7-0,8	125-276	61-200	0,8(0,3-1,1)	4,0-15,2	5,7(2,2-8,5)	16
"	Березовый лес	0,8-0,9	21-31	30-59	1,7(1,2-2,1)	2,4-4,0	13,2(7,7-18,8)	5
Береза	Редколесья	0,1-0,2	62-115	52-126	0,9(0,7-1,3)	4,5-10,0	7,8(6,1-10,0)	5
"	Редкостойные леса	0,3-0,5	28-182	12-149	0,9(0,4-1,5)	1,3-10,0	7,2(3,9-12,5)	30
"	Лиственничный лес	0,7-0,8	10-128	8-146	1,2(0,7-1,8)	1,1-15,5	12,1(7,0-17,1)	19
"	Березовый лес	0,8-0,9	14-17	40-80	3,2(2,4-5,0)	3,5-5,0	26,6(23,3-31,2)	5

Примечание. В скобках указаны минимальные и максимальные значения.

На аллювиальных песчаных почвах высокой поймы Енисея в молодом березняке отмечен максимальный прирост деревьев. Так, например, лиственница в возрасте 16 лет достигла высоты 5 м, диаметр ее ствола 70 мм, прирост в высоту в среднем составлял более 31 см в год, а по диаметру 4,4 мм. Поскольку максимальный прирост сибирской лиственницы в южных районах наблюдается между 30 и 40 годами (Сукачев, 1934), а на севере — позднее, можно предполагать, что такой темп прироста сохранится в течение 100 лет. В этом случае лиственница к возрасту 100 лет достигнет высоты 30 м при диаметре ствола около 40 см, т. е. рост ее будет отличаться от такового в более южных районах на лучших почвах.

Березы в благоприятных условиях (на аллювиальных почвах высокой поймы Енисея) росли еще быстрее, чем лиственницы. Отдельные экземпляры в возрасте 15 лет достигли высоты 5 м при диаметре ствола 8 см. При сохранении таких темпов прироста березы к 50 годам достигнут высоты 15 м, диаметры их стволов — около 25 см.

На северном пределе лиственничных редколесий в урочище Ары-Мас (Таймыр) средние (из 329 стволов) значения прироста в толщину *Larix gmelinii* за период с 1704 по 1970 год колебались от 0,2 до 4,0 мм, а в бассейне р. Лакунской (приток Хатанги) средний прирост в толщину (из пяти стволов) в период с 1825 по 1979 год колебался от 0,2 до 2,0 мм (Ловелиус, 1979).

Данные по приросту в высоту *Larix gmelinii* имеются только для подроста. У семи модельных экземпляров средний прирост в высоту не превышал 4 см в год (табл. 14). Текущий прирост подроста в высоту в 1971 г. возрастал по мере увеличения высоты подроста от 1 см до 15 см из 759 экземпляров (Кнорре, 1975). Однако в 1970 г. максимальный прирост в высоту на пятнистой тундре в урочище Ары-Мас у подроста достигал 22 см (Тыртиков, 1974).

Таблица 14
Прирост подростка лиственницы Гмелина в урочище Ары-Мас (Кнорре, 1975)

Типы древостоев	Возраст	Высота см	Прирост в высоту за год см	Диаметр мм	Прирост по диаметру за год мм
Редины	27	61,6	2,3	17	0,6
"	16	50,6	3,2	13	0,8
"	20	62,1	3,1	14	0,7
Редколесья	35	79,1	2,3	17	0,5
"	37	83,5	2,3	19	0,5
"	16	61,3	3,8	13	0,8

Таблица 15
Прирост стволов лиственницы (*Larix cajanderi*) в долине р. Анадырь (Недригайлов, 1936)

Ассоциации	Возраст	Диаметр см	Прирост в толщину мм	Высота м	Прирост в высоту см	Бонитет
Листвяг войниковый	220	40,2	1,8	26,8	12	III
Листвяг хвощево- грушанковый	200	28,5	1,3	25,9	12	III
Листвяг гилокомиево- грушанковый	200	22,3	1,0	19,7	9	IV
Листвяг с подростом из ольхи	87	16,0	1,7	15,1	17	IV
То же	215	24,5	1,1	21,7	10	IV
То же	105	15,1	1,4	16,0	15	IV
Листвяг с подростом из кедрового стланика	157	17,8	1,2	18,3	11	V
Листвяг зеленомоховой	180	19,1	1,0	16,0	8	V
Листвяг войниковый	170	18,1	1,1	17,3	9	V
Листвяг багульничково- голубиновый	168	16,3	0,9	13,5	8	V
То же	188	12,1	0,6	11,0	5	Va
Листвяг багульничково- пихтиново-сфагновый	220	12,1	0,8	11,9	5	Va

Прирост стволов *Larix cajanderi* по образцам, собранным в среднем течении р. Анадырь Л. Н. Тюлиной, исследовал С. И. Недригайлов (1936). Прирост в толщину 12-и модельных деревьев варьировал от 0,6 до 1,8 мм в год, а в высоту — от 5 до 17 см (табл. 15).

В пойме р. Анадырь встречались лиственницы высотой 26 м с диаметрами стволов 40 см (в возрасте 230 лет).

Быстрорастущие породы — корейка (*Chosenia arbutifolia*) и тополь (*Populus suaveolens*) — в пойме той же реки в возрасте 45-60 лет достигают высоты около 20 м, диаметры их стволов 24-28 см (табл. 16).

На пределе своего распространения в Верхоянском хребте (абс. высота около 1000 м) прирост стволов *Larix cajanderi* в толщину 0,5-0,7 мм в год, в высоту 3-5 см (табл. 17).

Незначительный прирост стволов деревьев в высоту и в толщину характерен для большей части местообитаний у северного предела леса, что обусловлено в первую очередь недостатком доступных элементов минерального питания растений в почвах. На богатых почвах, например в поймах рек, прирост стволов деревьев довольно вы-

Таблица 16

Прирост стволов корянки и тополя в пойме р. Анадырь (Недригайлов, 1936)

Ассоциации	Возраст	Диаметр	Прирост	Высота м	Прирост	Бонитет
		см	в толщину мм		в высоту см	
Корянка	55	24,7	4,5	21,5	39	I
Корянко-вейниковая	60	27,5	4,6	20,5	34	I
Корянко-вейниковая с широколиственным	60	28,0	4,7	19,7	32	I-II
Тополь	45	24,0	5,3	18,0	40	I

Средний прирост стволов в год: в высоту 30-40 см, в толщину 4,5-5 мм.

сок и местами приближается к таковому более южных районов на лучших почвах. Даже на своем северном пределе (север Тазовского полуострова) в пойме р. Пойлово-Яха сибирская лиственница в возрасте 37 лет характеризовалась средним приростом в высоту, равным 15 см в год, а по диаметру прирост был равен 5,2 мм в год.

ГЛАВА 7. ДИНАМИКА ПОЛЯРНОГО ПРЕДЕЛА ЛЕСА В ГОЛОЦЕНЕ

В прошлом леса продвигались значительно дальше на север, чем в настоящее время. О более далеком распространении леса к северу прежде по сравнению с современным его пределом свидетельствуют реликтовые острова леса в тундре, реликтовая флора этих островов, ископаемые остатки деревьев в тундре и отдельные деревья и пни вдали от сплошных массивов лесов и редколесий.

Таблица 17

Прирост стволов лиственницы *Larix sibirica* на северном склоне Верхоянского хребта (под 64°30' с. ш., абс. высота около 1000 м), у вертикального предела (Недригайлов, 1928)

Места обитания	Сомкнутость крон	Возраст лет	Диаметр см	Высота м	Прирост за год	
					в толщину мм	в высоту см
Редкостойный лиственничный лес	0,3-0,4	331	19,4	13,5	0,6	4
"	0,2-0,4	330	18,0	13,0	0,6	4
Лиственничный лес	0,5-0,6	337	24,8	18,2	0,7	5
Лиственничная редица	<0,1	167	13,0	6,9	0,7	4
Гарь	<0,1	280	13,3	9,0	0,5	3

Изолированные острова леса на Кольском полуострове (редколесья и отдельные деревья), расположенные вдали от их сплошных массивов, свидетельствуют об отступании древесной растительности, так как в условиях слабого возобновления древесных пород у северной границы леса трудно считать эти острова форпостами древесной растительности (Цинзерлинг, 1934).

Острова леса среди тундры, расположенные в десятках километров от массивов сплошных лесов и редколесий, отделенных друг от друга безлесными болотами, тундрами, неоднократно отмечались на европейском Севере (Шренк, 1855; Pohle, 1903; Карцели, 1911; Григорьев, 1924; Городков, 1932; Цинзерлинг, 1934; Андреев, 1954; 1956 и др.), в Западной Сибири (Городков, 1929; Говорушкин, 1933; Крючков, 1937; Тыртыков, 1970 и др.), в Средней Сибири (Александрова, 1937; Тюлина, 1937; Юрцев, 1962), на севере Якутии (Тихомиров, Штепа, 1956; Шелудякова, 1938), на Чукотке (Сочава, 1929), на севере Канады (Hustich, 1939).

Большинство исследователей рассматривают эти острова как реликты бывшего непрерывного распространения леса на Севере. Лесные острова в тундре — остатки лесов, существовавших при более благоприятных климатических условиях (Pohle, 1903).

После тщательного исследования лесного острова в Большеземельской тундре А. И. Толмачев и С. А. Токаревских (1968, с. 560) отмечали: "Ельники у Море-Ю — явление пережиточное — пережиток эпохи большего развития древесной растительности на Крайнем Севере в более теплую, чем современная, фазу голоцена. Они находятся в противоречии с явной тундровым окружением".

Реликтовость островов леса в тундре подтверждается также своеобразной лесной их флорой, не свойственной тундре. Эту флору рассматривают как реликт лесного прошлого в современной тундре (Тихомиров, 1962).

Типичные лесные растения в лесных островах среди тундры отмечал еще А. Шренк (1855) на севере европейской части России. В лесном острове у Море-Ю, расположенном среди тундры, севернее лесотундры, встречаются типичные таежные виды, которых нет в ближайших лесотундровых районах (Толмачев, Токаревских, 1968). Многочисленные сведения о лесных растениях в современной тундре на севере Азии обобщены Б. А. Тихомировым (1941). Анализируя материалы о реликтах лесного прошлого в тундре, Б. А. Тихомиров (1962) писал, что в пределах области бывшего облесения тундры сохранились представители лесов периода термического максимума.

В тундре известны находки пней и деревьев вдали от северной границы лесотундры, свидетельствующие о ее бывшем облесении. С. В.

Карпелин (1911) обнаружили в 60 верстах к северу от северной границы лесотундры на водоразделе рек Роговой и Коротанги в толще торфяника шиш и деревья, стоящие вертикально. А. А. Григорьев (1924) также сообщал о находке корней деревьев под торфом в 60 верстах к северу от современной границы лесотундры в устье р. Печоры.

И. Т. Лопатин нашел шиш березы и лиственницы в торфянике, расположенном на несколько сот верст севернее современной границы леса в Западной Сибири (Schmidt, 1872). Ф. Шмидт (Schmidt, 1872) обнаружил в тундре шишвые Енисея в основании торфяников стволы и шишки ели. В тундровых торфяниках этого же района Н. И. Кузнецов (1916) нашел шиш деревьев с годичными кольцами более широкими, чем у современных. О находке шиш и деревьев лиственницы севернее ее современного распространения в шишвых р. Хатанги сообщала Т. Н. Тюлина (1937). В тундрах Северо-Восточной Якутии также найдены остатки деревьев в торфяниках (Hedenstrom, 1830; Шелудякова, 1938).

Отмеченные материалы свидетельствуют, несомненно, о былом более далеком распространении леса на север. В период максимального продвижения леса на север южная граница тундры проходила значительно севернее, чем в настоящее время. По вычислению Н. Я. Кац (1969), выполненному на основании данных М. И. Нейштадта (1957), в Западной Сибири в среднем голоцене южная граница тундры располагалась на 400 км к северу от современной.

Продвижение леса на север сменилось отступлением его к югу. Это отступление оставило следы в виде остатков деревьев в торфяниках, шиш и деревьев на поверхности тундры севернее современного распространения древесных пород, лесных островов с набором таежных растений среди господствующей тундры.

Смещение полярной границы леса к югу в голоцене большинство исследователей объясняло ухудшением климата (Hedenstrom, 1830; Шмидт, 1855; Городков, 1938; Тихомиров, 1962; и др.).

М. Геденштром (Hedenstrom, 1830), обнаруживший остатки деревьев в торфяниках севернее современного предела леса, отмечал, что в то время, когда эти деревья жили, климат был более умеренный, чем современный. Ю. Д. Ципзерлинг (1934) также считал, что основной причиной наступания тундры на лес на Колымском полуострове является общее изменение климата в сторону арктического.

Обобщая эти материалы, Б. Н. Городков (1938) присоединялся к мнению большинства исследователей, высказанному впервые М. Геденштромом и Ф. Шмидтом, о постепенном ухудшении климата в

последнее геологическое время. Д. Хустич (Hustich, 1939), отмечая наличие шиш и деревьев севернее современной границы леса, а также отмирание деревьев в северных лесах на полуострове Лабрадор, писал: "Вероятно, все эти обстоятельства можно истолковать как признаки изменения климата, которое еще продолжается в направлении, неблагоприятном для развития хвойного леса". Этому же мнению придерживался и Б. А. Тихомиров (1946), отмечавший, что очертания полярной границы леса определились в результате отступления леса к югу под влиянием похолодания.

Несомненно, что климат Севера в эпоху максимального распространения леса к северу был более благоприятен для произрастания древесных пород, чем в настоящее время. Однако объяснение смещения полярной границы леса к югу ухудшением климата наталкивается на ряд трудностей, а именно: 1) неясны причины ухудшения климата; 2) не доказано, что именно ухудшение климата вызвало смещение полярной границы леса к югу; 3) об ухудшении климата Севера судят на основании находок остатков растений в тундре, севернее их современного распространения, однако данных о современных ареалах этих растений еще нередко недостаточно для таких выводов, кроме того, эти растения могли отступить к югу не под воздействием ухудшения климата, а вследствие изменения условий произрастания.

Отмеченные трудности теории ухудшения климата как причины смещения полярной границы леса к югу вызвали ее справедливую критику, данную в наиболее развернутом виде еще Г. И. Танфильевым (1911).

Современные материалы об изменении климата в течение голоцена далеко не однозначны. Так, например, V. Vasari (1974) утверждает, что в Северной Финляндии около 4800 лет тому назад началось ухудшение климата, который стал более холодным и влажным, этот процесс продолжается до настоящего времени. Н. Navarinen (1975) считает, что отступление сосны к югу на севере Финляндии и Норвегии, начавшееся около 5000 лет тому назад, обусловлено ухудшением климата, которое продолжалось до периода 3000-2500 лет тому назад, а позднее граница сосны изменялась незначительно.

В противоположность этим высказываниям В. Frenzel (1973) отмечает, что на Аляске и Юкоме растительность остается неизменной в течение последних 6000 лет, а последующие колебания климата были незначительными. На основании пыльцевых диаграмм J. H. Anderson (1975) также делает заключение о том, что в районе оз. Хайли на Аляске за последние 4600 лет климат сколько-нибудь существенно не изменился. Исследования поздние — и последующего состояния ледников Восточных Альп свидетельствуют, что альпийский постгляциал

начался с быстрого и окончательного улучшения климата, уже около 9500 лет тому назад климатические условия должны были достигнуть современных нормальных значений и колебались с тех пор только в узких пределах (Patzelt, 1972).

Н. В. Кинд (1976) утверждает, что в позднем голоцене происходили многократные глобальные изменения климата.

По М. И. Нейштадту (1957), изучавшему пыльцевые спектры за время с начала позднего голоцена (VIII-X вв. н. э.) до настоящего времени, изменение растительности северных районов отразило похолодание и увеличение влажности.

Ламб (Lamb, 1959) писал, что в раннем средневековье (приблизительно 1000-1200 гг. н. э.) был вторичный климатический оптимум, но более слабый, а затем последовал этап заметного похолодания (так называемый "ледниковый период"), особенно резкий между 1430 и 1850 гг.

Таким образом, по вопросу о характере изменения климата в период смещения полярной границы леса к югу среди исследователей нет единого мнения. Достаточно убедительных и общепризнанных гипотез о причинах ухудшения климата в период отступления леса к югу также нет. Вследствие этого уже давно предпринимались попытки объяснить смещение полярной границы леса к югу неклиматическими факторами.

Еще К. Бэр (Baer, 1838) писал, что мхи и лишайники ведут постоянную и всегда успешную борьбу с лесом; объясняя таким образом гибель леса на его северном пределе.

Р. Поле (Pohle, 1903) считал одной из основных причин отступления леса к югу вытеснение его тундровой растительностью, объясняя это явление преимущественно тундровых растений в борьбе за существование в суровых условиях Севера по сравнению с деревьями. Г. И. Танфильев (1911) писал, что на Севере лес отступает к югу и сменяется тундрой в результате изменения не климатических, а почвенных условий произрастания деревьев. Пожары и рубки северных лесов рассматривались многими исследователями в качестве главных причин отступления леса к югу (Pohle, 1903; Биркенгоф, 1932; Hustich, 1939; и др.).

Изучение динамики лесной растительности на северном пределе в различных районах Азии и ее взаимоотношений с тундровой свидетельствует, что в настоящее время леса и редколесья Севера сменяются тундрами в процессе их заболачивания или развития в них сплошного папочешного покрова из мхов и лишайников, препятствующих возобновлению древостоя, а также в результате пожаров и рубок. Северный предел леса смещается к югу.

Можно предположить, что эти процессы, определяющие смещение полярного предела леса к югу в настоящее время, действуют в течение

многих тысячелетий, и именно они определили современное положение северной границы леса. В течение многих тысячелетий площадь лесов на Севере сокращалась, а территория тундры увеличивалась. Лес отступил местами на несколько сот километров к югу. Увеличение территории тундры, несомненно, вызывало изменение климата Севера.

Для того чтобы понять значение северных лесов для климата, необходимо сравнить некоторые климатические показатели соседних лесных и тундровых районов.

Для лесотундры характерны резкие различия температуры грунтов между залесенными (или покрытыми высокими кустарниками) участками и тундровыми. В лесотундре окрестностей г. Норильска температура грунтов на залесенных участках на 5-7° выше, чем на тундровых (Константинова, 1962). На Тазовском полуострове в окрестностях поселка Сейдахарвута под редколесьями с подлеском из ольхи или под зарослями ольхи температура грунтов на глубине 5-10 м выше 0°, а на окружающих тундровых участках она -5° и ниже. В целом под редколесьями и лесами в лесотундре Западной Сибири температура грунтов на 4-7° выше, чем на соседних тундровых участках (см. табл. 1, 7).

Для севера Западной Сибири и Северо-Востока европейской части Советского Союза характерно резкое повышение температуры грунтов при переходе от тундровых ландшафтов к таежным. Так, например, на тундровых междуречьях в окрестностях г. Дудинки температура грунтов -5...-6°, а в 100 км к югу под лесами в пизовье р. Хантайки она не ниже -0,5°, а местами выше 0° (Константинова, 1961). На господствующих к северу от р. Ныда (Тазовский полуостров) тундровых участках температура грунтов -3...-5° и ниже (Груздов и др., 1972), а в 100 км к югу под лесами в пизовье р. Надыма она выше 0°. На полуострове Ямал к северу от широтного отрезка р. Щучьей на господствующих тундрах температура грунтов -5...-7° (Трофимов и др., 1975), а в 100 км к югу под редкостойными лесами в окрестностях г. Салехарда и пос. Салемал она выше 0° (Попов, 1953; Баулин и др., 1967). На северо-востоке европейской части СССР в Большеземельской тундре на границе с лесотундрой температура грунтов около -5°, а под лесами на северном пределе их, расположенных не более чем в 100 км к югу, она выше 0°.

Таким образом, на северо-востоке европейской части СССР, на севере Западной и Центральной Сибири переход от южнотундровых ландшафтов к северотасжым характеризуется повышением температуры грунтов на 4-7°. Этот резкий скачок температуры грунтов вызван исключительно сменой тундровой растительности лесной. Об этом свидетельствуют также такие же резкие различия температуры грунтов на залесенных и тундровых участках в лесотундре, отмеченные выше.

Резкие различия температуры грунтов южной тундры и северной тайги и соответственно тундровых и залесенных участков в лесотундре обусловлены неодинаковым накоплением и плотностью снега. Невысокие тундровые кустарнички, кустарнички и травы на открытых участках слабо задерживают снег, и большая часть его сползает в понижения. Мощность снежного покрова на тундровых участках обычно 10-20 см, а плотность 0,3 и выше. На лесных участках в лесотундре и в лесах северной тайги толщина снежного покрова достигает 100 см и больше, а плотность его не превышает обычно 0,2. Высокий и рыхлый снежный покров в лесах препятствует охлаждению грунтов.

Подобное же влияние на температуру грунтов оказывают высокие (100 см и выше) густые кустарнички. Под зарослями ольхи и ивняка в южной тундре Западной Сибири температура грунтов не ниже -1° (на замшелых участках), а нередко выше 0° (на местах, где нет сплошного мохового покрова), в то время как на окружающих кустарнички тундрах температура грунтов -4...-7°.

В настоящее время в южной тундре Западной Сибири ивняки и ольшаники в процессе естественного развития сменяются тундрами. Температура грунтов при этом повышается на 4-7° (табл. 18).

Южная тундра Западной Сибири характеризуется обилием мелких водоемов, озер, под которыми температура грунтов выше 0°. Эти водоемы и озера зарастают, заполняются торфом, и на их месте образуются вечномерзлые торфяники, покрытые тундровой растительностью.

Таблица 18

Изменение глубины протаявания и температуры грунтов в процессе смен кустарничковых сообществ тундрами в южной тундре Западной Сибири (1 — стадии развития растительного покрова; 2 — сомкнутость полога; 3 — толщина напочвенного покрова (см); 4 — толщина торфянистого слоя (см); 5 — глубина протаявания (см); 6 — температура грунтов на глубине 5-10 м)

	1	2	3	4	5	6
Ольшаники, ивняки с травяным покровом		0,5-0,8	нет	нет	*	+1,0-+0,5
Ольшаники, ивняки зеленомоховые		0,4-0,7	5-8	5-20	35-80	-0,2--0,6
Ернички зеленомоховые		0,3-0,7	5-10	15-30	30-50	-0,5--1,5
Кустарничково-лишайниково-моховые тундры		нет	3-10	10-25	30-60	-4,0--7,0

* — сезонномерзлый слой протаявает весь

Температура грунтов под торфяниками, образовавшимися на месте таких водоемов, понижается до -3...-6° (Тыртиков, 1974, 1979).

Таким образом, в настоящее время территория тундры увеличивается за счет сокращения площадей северных лесов, редколесий, кустарничков и водоемов. Температура грунтов вновь образующихся тундровых участков становится на 3-7° ниже, чем под лесами, редколесьями, кустарничками и водоемами.

Можно предположить, что после отступления ледника лесная и кустарничковая растительность, продвигаясь к северу, достигла климатического предела. Впоследствии в результате заболачивания, развития сплошного мохового покрова леса, редколесья и кустарнички на их северном пределе стали сменяться тундрами. Одновременно на месте водоемов формировались вечномерзлые торфяники, покрытые тундровой растительностью. Этот процесс естественной смены лесов и кустарничков тундрами ускорялся пожарами и рубками.

Отступление лесной и кустарничковой растительности к югу и образование вечномерзлых торфяников на месте водоемов, сопровождающиеся столь значительными понижением температуры грунтов, продолжают уже в течение нескольких тысяч лет (Н. Я. Кац, С. В. Кац, 1958; Константинова, 1963; Гричук, 1973). За этот период леса отступили в европейской части Советского Союза и на севере Западной и Центральной Сибири на несколько сот километров к югу и сменялись тундрами. В то же время на вновь образовавшейся территории тундры заросли высокие кустарнички также сменялись тундрами, а на месте водоемов образовывались вечномерзлые торфяники.

Обезлесивание такой огромной территории не могло не вызывать ухудшения климата Севера. Очевидно, что смена лесов и кустарничков тундрами сопровождалась усилением ветра и сползания снега с открытых тундровых пространств в понижения, увеличением плотности снега на преобладающих тундровых ландшафтах и соответственным охлаждением и промерзанием грунтов. Понижение температуры грунтов при этом сопровождалось понижением температуры воздуха, так как последняя понижается в соответствии с понижением первой (Колосков, 1932).

С увеличением территории тундры ухудшался и климат прилегающей к тундре северной тайги, что способствовало заболачиванию лесов и смене их тундрами, формированию вечномерзлых торфяников на месте водоемов и болот, т. е. дальнейшему смещению полярной границы леса к югу.

Эффект этого длительного процесса смены северных лесов и кустарничков тундрами и образования вечномерзлых торфяников на месте

водоемов выразился к настоящему времени в ухудшении климата Севера по сравнению с климатом среднего (раннего?) голоцена.

Смена северных лесов, редколесий и кустарников тундры на севере Евразии и Америки, а также формирование вечномёрзлых торфяников на месте водоемов продолжается в настоящее время. Естественный процесс обезлесивания северных районов ускоряется вырубками и пожарами лесов и редколесий, особенно усилившимися в последние десятилетия в связи с освоением Севера. Вследствие этого за счет сокращения площадей лесов, редколесий, кустарников и водоемов увеличивается территория тундры и климат Севера ухудшается, вечная мерзлота наступает. Вероятно, этот процесс обезлесивания Севера сопровождается общим ухудшением климата земли, подобно тому как ухудшается климат ее в результате вырубки тропических лесов (Potter et al., 1975).

ГЛАВА 8. ЗНАЧЕНИЕ ЛЕСОПОСАДОК ДЛЯ ТЕПЛОВОЙ МЕЛИОРАЦИИ ПОЧВОГРУНТОВ И УЛУЧШЕНИЯ КЛИМАТА ТУНДРЫ

Потребность в посадках леса в тундре возникла уже давно. Первые успешные посадки леса были произведены еще в конце XVIII в. около Печенгского монастыря. В первой половине XIX в. посадки ситхинской ели проводились на Алеутских островах. Одна роща ситхинской ели сохранилась до настоящего времени (Андреев, 1954).

В связи с интенсивным освоением тундровых районов в последние десятилетия проблема преодоления безлесия тундры становится все более актуальной и посадки леса значительно увеличились. В 1940-х годах текущего столетия на Алеутских островах было посажено 14 тысяч саженцев ситхинской ели для защиты почвы от эрозии (Bruce, Court, 1945, цит. по В. Н. Андрееву, 1954). В Исландии создана роща сибирской лиственницы (Полевой, 1953).

Успешно проводятся посадки леса в тундрах Советского Союза: в 1933 г. на Кольском полуострове (Быстров, 1939), в 1950 г. в окрестностях Нарьян-Мара, около г. Воркуты (Андреев, 1954), на участке железной дороги Сейда-Воркута (Ятченко, 1956) и т. д.

В связи с созданием лесонасаждений в тундре появляются обобщающие работы, в которых рассматриваются важнейшие теоретические вопросы тундроведения (причины безлесия тундр, причины гибели деревьев в тундре, динамика полярного предела леса и другие), обобщается опыт посадки леса в тундровых районах, на основании которого разрабатываются методы и приемы лесоразведения в тундре, рекомендуется ассортимент пород, пригодных для посадок в раз-

ных регионах тундр Азии и Европы (Андреев, 1954; Тихомиров, 1953, 1962).

О значении лесопосадок в тундре для ее мелиорации писал еще А. Н. Бекетов (1896). Наиболее полно этот вопрос рассмотрен В. Н. Андреевым (1954): "Лес ослабляет силу ветра, умеряет пагубное влияние заморозков и утепляет почву и приземный слой воздуха, способствует снегозадержанию и накоплению влаги в почве, предохраняя ее от глубокого промерзания, усиливает процесс почвообразования, предохраняет почву от эрозии и выдувания, обеспечивает развитие полезной фауны (Андреев, 1954, с. 28, 29). Лесопосадки необходимы для благоустройства населенных пунктов, где они имеют не только декоративное значение, но важны для оздоровления климата и для улучшения условий жизни оленеводов, а также для защиты от снежных заносов дорог, для оленеводства, для повышения урожайности лугов и сельскохозяйственных культур (Савкина, 1951; Андреев, 1954).

Особенно важное значение лесные посадки имеют для тепловой мелиорации почвогрунтов и для улучшения климата тундры. О тепловой мелиорации почв на Севере как о важном средстве улучшения условий произрастания растений писали многие исследователи (Колосков, 1918, 1925, 1930; Тихомиров, 1933; Андреев, 1954 и др.). Наиболее подробно эта проблема разработана в трудах П. И. Колоскова, который сформулировал основные принципы тепловой мелиорации почвы. Важнейшим средством повышения температуры почвы в течение вегетации являются мероприятия, направленные к уничтожению, ослаблению или минерализации органического (как живого, так и мертвого) покрова почвы. При наличии высокого (около 40 см и больше) снегового покрова эти мероприятия ведут к повышению среднегодовой температуры почвы (Колосков, 1930).

Фактические материалы, иллюстрирующие значение лесных и кустарниковых насаждений в тундре для тепловой мелиорации почвы, ограничиваются немногими наблюдениями накопления и схода снега, промерзания и влажности почвы в посадках и на прилегающих к ним участках (Савкина, 1951; Андреев, 1954; Савкина, Мешкова, 1956; Ятченко, 1956).

Значение лесных и кустарниковых насаждений для тепловой мелиорации почвогрунтов и улучшения климата тундры можно оценить на основании закономерностей, установленных в данной работе и интерпретированных в соответствии с принципами тепловой мелиорации почвы, разработанными П. И. Колосковым (1925, 1930).

В лесотундре и южной тундре Западной Сибири под редколесьями и высокими кустарниками температура грунтов на 4-7° выше,

чем на тундровых участках (см. табл. 1, 7, 18). Этот тепломелиоративный эффект обусловлен главным образом накоплением снега. В редколесьях и кустарниках высокий (100 см и больше) снежный покров предохраняет почву от глубокого промерзания и сильного охлаждения. Следовательно, путем создания древесных и кустарниковых насаждений в южной тундре и северной лесотундре можно повысить температуру грунтов на 4-7°.

Под редколесьями и кустарниками, в которых нет сплошного мохового покрова и торфянистого слоя почвы, промерзающий слой почвы проталивает в течение части лета, а затем оттаивает вечноммерзлый грунт, таким путем формируются в южной тундре и северной лесотундре Западной Сибири песчвозные талики. Среднегодовая температура грунта ниже слоя сезонного промерзания становится выше 0°C. Следовательно, путем создания лесных и кустарниковых насаждений в южной тундре и северной лесотундре Западной Сибири можно образовать талики и таким путем предохранить от промерзания и деформаций подземные трубопроводы и другие сооружения.

Лесные и кустарниковые полосы в тундре улучшают микроклимат и почвенный климат прилегающих к ним участков, благоприятствуя развитию трав и сельскохозяйственных культур (Савкина, 1951; Андреев, 1954; Савкина, Мешкова, 1956).

Влияние лесных и кустарниковых насаждений на климат тундры не изучено. В то время как И. С. Мелехов (1957) утверждает, что притундровые лесные массивы имеют большое климатозащитное значение не только для Севера, но и для страны в целом, Б. А. Тихомиров (1962) не соглашается с этим утверждением.

Предварительная оценка климатического эффекта облесения северной лесотундры и южной тундры может быть сделана на основании сравнения современного климата южной тундры и северной тайги. Анализ изменений среднегодовой температуры воздуха при движении от арктической тундры к северной тайге свидетельствует о резком повышении ее при переходе от южной тундры к северной тайге. Так, например, на протяжении около 550 км от острова Диксон (арктическая тундра) до района Дудинки (южная тундра) среднегодовая температура воздуха повышается всего на 1°, менее 0,2° на каждые 100 км, в то время как при переходе от Дудинки до окрестностей Игарки (северная тайга) на протяжении всего 160 км она повышается на 1,5, т. е. около 1° на 100 км (табл. 19).

В западной части Западно-Сибирской низменности наблюдается подобная же закономерность повышения среднегодовой температуры воздуха при переходе от южной тундры к северной тайге. На отрезке

Таблица 19.

Температура воздуха и грунта в Западной Сибири

Пункты	Температура		
	среднегодовая воздуха	среднегодовая грунта	среднеиюльская воздуха
Диксон	-10,5	-10,0	+4,9
Дудинка	-9,5	-6,5	+13,5
Игарка	-7,8	-0,5	+15,2
Мыс Дровяной	-10,7	-8,5	+4,3
Новый Порт	-8,8	-6,0	+11,0
Надым	-6,6	-0,5	+14,7

от Мыса Дровяного (арктическая тундра) до Нового Порта (южная тундра) среднегодовая температура воздуха повышается на 1,9°, т. е. около 0,4° на 100 км, в то время как при движении от Нового Порта до Надыма, расположенного в северной тайге, на протяжении примерно 220 км среднегодовая температура воздуха повышается на 2,2°, т. е. также около 1° на 100 км (табл. 19).

При переходе от южной тундры к северной тайге наблюдается также резкое повышение температуры грунтов. Так, например, в окрестностях Дудинки температура грунтов -6...-7°, а в районе Игарки — около -0,5°. Следовательно, при движении от южной тундры к северной тайге на этом отрезке она повышается в среднем на 4° на 100 км, в то время как в тундровой зоне менее 1° на 100 км (табл. 19).

В западной части Западной Сибири температура грунтов в тундровой зоне повышается на отрезке от Мыса Дровяного до Нового Порта в среднем на 0,5° на каждые 100 км, а при переходе от южной тундры к северной тайге (от района Нового Порта до Надыма) на 2,5° на 100 км (табл. 19).

На основании этих материалов можно дать прогноз тепломелиоративного эффекта облесения южной тундры Западной Сибири. Среднегодовая температура облесенных тундровых участков повысится на 4-7°. Такой же эффект может быть достигнут путем посадки кустарников в тундре.

При облесении большей части северной лесотундры и южной тундры повысится и среднегодовая температура воздуха, достигнув значений, свойственных современной северной части северной тайги, а именно: в западной части Западной Сибири (район Нового Порта) среднегодовая температура воздуха повысится примерно на 2°, а среднеиюльская — на 3,5°, в восточной ее части (район Дудинки) — соответственно на 1,5° и на 2°.

Можно предположить, что в период былого облесения южной тундры среднегодовая температура воздуха была на 1,5-2,0°, а среднеиюльская на 2-3,5° выше современной, что вполне согласуется с выводами Н. Я. Кац (1969) и В. П. Тричук (1973).

Возможность облесения южной тундры подтверждается успешными посадками леса и наличием лесных островов в тундре, расположенных на расстоянии многих десятков, а иногда и более сотни километров от сплошных массивов лесов и редколесий (Андреев, 1954; Тихомиров, 1962; Толмачев, Токаревских, 1967). Однако широкомасштабные работы по облесению тундры наталкиваются на существенные трудности, главнейшие из них рассматриваются ниже.

1. Недостаток доброкачественных семян древесных пород. Деревья вблизи северного предела плодоносят редко и семена их характеризуются плохой всхожестью (Андреев, 1954; Тихомиров, 1962; Наумова, 1983). Семена, привезенные из южных районов, непригодны для тундры (Наумова, 1983). Вследствие этого для создания лесных насаждений в тундре приходится использовать саженцы. Этот метод облесения очень трудоемкий, дорогостоящий и требует больших затрат времени. В связи с этим разработка методов облесения тундры — очень актуальная задача.

Поскольку для тепловой мелiorации почвогрунтов и улучшения климата тундры путем создания древесных и кустарниковых насаждений весьма существенна скорость роста деревьев и кустарников, необходимо использовать для этих целей быстрорастущие породы: ивы, чозеню, тополь, ольху. В условиях современных темпов освоения Севера целесообразно разработать методы ускоренного облесения (закустаривания) тундры. Весьма эффективной оказалась посадка кольев ивы (*Salix glauca*) в тундре в окрестности Воркуты. Длина годичных приростов достигала 80-100 см, и уже на третий год насаждения имели высоту 2,5-3,0 м (Андреев, 1954), надежно задерживали снег и препятствовали охлаждению и промерзанию грунтов. Уже на третий год после посадки кольев в почвах бывшей тундры создавался перевес проталиния над промерзанием и началось образование таликов (деградация вечной мерзлоты).

2. Бедность почв доступными элементами минерального питания растений. Особенно мало в тундровых почвах доступных соединений азота. Внесение удобрений, несомненно, ускорило бы рост деревьев и кустарников. Однако удобрений еще недостаточно для нужд сельского хозяйства, поэтому внесение их под посадки деревьев и кустарников в тундре вряд ли может быть осуществлено в широком масштабе в ближайшем будущем. Вследствие этого необходимо разработать методы биологического улучшения плодородия почвы, например, путем посева под полог древесных и кустарниковых насаждений трав, улучшающих плодородие почвы. В лесотундре и южной тундре Азии довольно много бобовых (виды родов *Astragalus*, *Hedysarum*, *Lathyrus*, *Oxytropis*, *Vicia*). В молодых лиственничных редко-

лесьях северного предела на Тазовском полуострове на разбрасываемых песках нередко копеечник (*Hedysarum arcticum*) преобладает в травостое (покрытие достигает 50-60%). Вероятно, обогащая почвы соединениями азота, копеечник благоприятствует росту лиственницы, подобно тому как посев бобовых в лесных посадках сосны (*Pinus radiata*) улучшает плодородие почвы и ускоряет рост деревьев (Sprenst, Silvester, 1973; Sprenst, 1973). Постановка подобных исследований в тундре вполне назрела.

В лесотундре и южной тундре Азии широко распространена ольха (*Alnus fruticosa*), на корнях которой развиваются клубеньки с азотофиксирующими актиномицетами. Обогащение почвы азотом в зарослях ольхи ярко отражается на росте разнотравья. В этих зарослях на прогалинах развивается пышное крупнотравье (*Archangelica decurrens*, *Cirsium heterophyllum*, *Veratrum lobelianum*, *Anthriscus sylvestris* и др.) с веинником (*Calamagrostis langsdorffii*) и обилием красочного разнотравья: *Trollius asiaticus*, *Geranium albiflorum*, *Polemonium acutiflorum*, *Rubus arcticus* и других. Эти участки резко отличаются от окружающей тундры, в которой нет ольхи и где господствуют в напочвенном покрове мхи и лишайники. Высота крупнотравья на полянах достигает 120-140 см, общее покрытие травостоя 100%. Лиственницы среди ольшаников заметно лучше растут, чем в окружающей тундре (рис. 26), на северном пределе сибирской лиственницы на Тазовском полуострове прирост верхушечных побегов у подростка 20-30 см в год, а на участках, где нет ольхи, не превышает 10 см.

Прирост деревьев в северной тайге в лесах с подлеском из ольхи значительно выше, чем на участках, где такого подлеска нет. Так, например, в окрестностях Игарки прирост березы (*Betula pubescens*) в толщину в возрасте от 14 до 40 лет в березняках с подлеском из ольхи в 4 раза больше, чем в редкостойных лесах, где ольхи в подлеске нет (соответственно 3,2 и 0,8 мм в год), а в высоту — в три раза (26,6 и 8,6 см в год) (Тыртиков, 1955).

Введение ольхи в подлесок лесных насаждений, очевидно, ускорит рост деревьев.

В районах, расположенных к северу от границы возможного лесоразведения в тундре, тепловую мелiorацию почвогрунтов можно осуществить путем создания кустарниковых насаждений. Наиболее перспективным кустарником для этой цели на севере Азии является ольха. Ольха меньше страдает от морозов, чем ивы, и растет на открытых малоснежных участках, в то время как высокорослые ивы произрастают в основном там, где много снега (в оврагах, долинах рек, ручьев и т. п.). Биология ольхи на северном пределе леса почти не изучена, и ее изучение — одна из важнейших задач тундроведения.



Рис. 26. Подрост лиственницы среди оляшаника на самом северном пределе леса (урочище Ары-Мас).

3. Неизбежное ухудшение условий произрастания в лесных посадках. Наибольший тепломелиоративный эффект на почвогрунты оказывают леса и кустарники, в которых нет мохового покрова, а торфянистый горизонт почвы, характерный для тундровых участков, минерализован. Однако в лесах и кустарниках неизбежно развивается сплошной моховой покров, под которым формируется торфянистый горизонт почвы. В результате этого весь комплекс почвенных условий произрастания ухудшается, рост кустарников и деревьев замедляется, затем они отмирают и сменяются тундрами. При создании лесных и кустарниковых посадок необходимо учитывать этот процесс естественного развития растительности и, чтобы предотвратить ухудшение условий произрастания и гибель деревьев и кустарников, не допускать развития мхов в посадках.

Разработка методов, предотвращающих развитие мхов в лесных и кустарниковых посадках в тундре, также одна из важнейших задач, стоящих перед исследователями этой области.

Многие другие важнейшие задачи, стоящие перед тундроведами, касающиеся вопросов лесоразведения в тундре, поставлены в обобщающих работах В. Н. Андреева (1954), Б. А. Тихомирова (1962).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На северном пределе леса в Азии во всех обследованных районах обнаружены леса и редколесья, древостой которых крайне угнетен и отмирает, а подрост в них не развивается. Наличие таких редколесий и лесов исследователи Севера считали основным признаком современного смещения полярной границы леса к югу (Шренк, 1855; Танфильев, 1911; Городков, 1926; Толмачев, 1931; и др.).

В этих же районах встречаются леса и редколесья, образованные молодыми деревьями с широкими, густыми кронами, в них хорошо развит подрост. Такие леса в редколесьях возникают на пятнистых тундрах, на свежих аллювиальных наносах, на месте выгоревшей тундры и других незаросших или слабозаросших участках. Подобные факты заселения лесом безлесных, нередко тундровых, территорий рассматриваются многими исследователями как свидетельство наступления леса на тундру (Тихомиров, 1953, 1962; Андреев, 1954, 1956; и др.).

Для оценки этих фактов противоположного значения в вопросе о движении полярной границы леса были проведены исследования динамики лесной растительности на ее северном пределе.

Современная динамика полярной границы леса определяется естественными процессами развития лесной растительности и деятельностью человека. Среди природных процессов наиболее ярко выражены заболачивание лесов и редколесий и смена их тундрами без предварительного заболачивания.

Заболачивание лесов и редколесий особенно интенсивно проявляется на равнинах Западной Сибири и Северо-Восточной Якутии. Выявлены существенные различия заболачивания почв в этих районах, а именно:

В Западной Сибири почвы в лесах и редколесьях заболачиваются преимущественно в результате образования водоупорного слоя вечной мерзлоты на глубине нескольких десятков сантиметров от поверхности мохового покрова. Образование вечной мерзлоты обусловлено развитием сплошного мохового покрова и накоплением торфянистого слоя или подстилки, затрудняющих протавивание почвы.

На равнинах Северо-Восточной Якутии, где вечная мерзлота распространена повсюду, почвы в лесах и редколесьях заболачиваются в результате повышения верхней поверхности вечной мерзлоты по мере развития сплошного мохового покрова и увеличения толщины торфянистого горизонта.

На полигонально-валиковых болотах редколесья заболачиваются в результате подвигания сфагновых мхов от центров возмущенных поли-

гонов и от межполигональных канав на валаки, где только и могут расти деревья.

В северной тайге и южной лесотундре Западной Сибири заболоченные леса и редколесья сменяются тундрами, развитыми на мало-мощных торфяниках.

В северной лесотундре, а также на междуречьях и коренных берегах рек Северо-Восточной Якутии под заболачивающимися лесами и редколесьями торфяники не образуются, и мощность торфа под сменявшими их тундрами не превышает обычно 30 см.

На дренированных почвах на северном пределе леса лиственничные редколесья сменяются тундрами без предварительного заболачивания. Смена редколесий тундрами наблюдается обычно на контакте этих типов растительности. Однако в процессе смены конкурентные взаимоотношения тундровых видов и деревьев не играют существенной роли. Основная причина смены редколесий тундрами — отсутствие возобновления лиственницы вследствие того, что всходы ее не могут прижиться на сплошном моховом или лишайниковом ковре, который неизбежно развивается в редколесьях.

В процессе прогрессирующего заболачивания и смены лесов и редколесий тундрами образуются все более разреженные и угнетенные, постепенно отмирающие древостои.

Природные процессы заболачивания лесов и редколесий и смены их тундрами нарушаются деятельностью человека.

Пожары лесов и редколесий оказывают особенно существенное влияние на динамику полярной границы леса на Севере Азии. На щебнистых, каменистых и других грубозернистых почвах пожары, уничтожая гумусовый (торфянистый) слой, влекут прогрессирующее обеднение почвы элементами минерального питания растений, ухудшение водоудерживающих свойств и ионно-обменной способности почвенного комплекса. После пожаров на таких почвах создаются крайне неблагоприятные условия возобновления древесных пород.

На участках, сложенных рыхлыми, льдонасыщенными грунтами, преобладающими на равнинах Севера, после пожаров резко усиливаются термокаст и эрозия. Образующиеся при этом провальные озера и болота на местах суши, а также днища оврагов уже недоступны для развития леса.

В результате пожаров северных лесов и редколесий увеличивается территория тундр, болот, озер, и таким образом лес отступает.

Сплошные вырубки северных лесов и редколесий также способствуют увеличению территории тундры, так как при этом уничтожаются источники семян деревьев.

В настоящее время на Севере Азии леса и редколесья гибнут в результате заболачивания, вытеснения их тундрами, пожаров и вырубок. Эти процессы гибели леса протекают на огромной территории вблизи северного предела леса.

Лишь в особо благоприятных условиях возобновления древостоя, и именно: на обнаженных или слабозаросших участках (на свежем аллювии, на гаях, пятнистых тундрах и т. п.) при наличии вблизи плодоносящих деревьев наблюдается развитие молодых лиственничных редколесий и лесов. Однако и эти пригодные для возобновления древостоя местообитания не всегда заселяются лесом, ибо в условиях редкого (реже, чем один раз в 10 лет) плодоношения древесных пород такие участки нередко захватываются тундровой, кустарниковой растительностью со сплошным покровом из мхов и лишайников, на котором возобновление древесных пород невозможно.

Итак, восстановление редколесий и лесов на северном пределе наблюдается на значительно меньшей территории, чем их гибель, поэтому северная граница леса в Азии и, очевидно, в Европе и Америке смещается к югу.

Процессы, вызывающие смещение полярной границы леса к югу в настоящее время, действуют уже в течение многих тысячелетий, и именно они определили современное положение северной границы леса. В течение многих тысячелетий площадь лесов на Севере сокращалась, а территория тундры увеличивалась, лес отступил местами на несколько сотен километров к югу.

С увеличением территории тундры, несомненно, ухудшался климат не только к северу от полярной границы леса, но и прилегающих районов северной тайги, что способствовало заболачиванию северных лесов и смене их тундрами, т. е. дальнейшему смещению полярной границы леса к югу. Этот эффект длительного процесса вытеснения северных лесов тундрой выразился в настоящее время в существенном ухудшении климата Севера по сравнению с климатом среднего (раннего?) голоцена.

Естественный процесс обезлесивания северных районов ускоряется рубками и пожарами, особенно усилившимися в последние десятилетия в связи с интенсификацией освоения Севера. Вследствие этого увеличивается территория тундр и болот вблизи северного предела леса, что, несомненно, вызывает дальнейшее ухудшение климата Севера и, в частности, наступление вечной мерзлоты в Западной Сибири.

На севере Западной и Центральной Сибири переход от южной тундры к северной тайге сопровождается повышением температуры грунтов на 4-7°, что вызвано сменой тундровой растительности лесной.

В лесах и редколесьях на их северном пределе температура воздуха выше, а скорость ветра значительно меньше, чем в примыкающей к ним тундре. Эти леса и редколесья имеют важное значение для жизни

человека, для оленеводства, для развития полезных диких животных и т. п. В связи с этим возникла потребность не только их охраны, но и искусственного лесоразведения в тундре.

Поскольку леса Севера отступили к югу не столько под влиянием ухудшения климата, сколько под воздействием процессов заболачивания и вытеснения их тундровой растительностью, а также пожаров и вырубок, современный их полярный предел расположен южнее их климатической границы. Это обстоятельство обуславливает возможность облесения тундры.

Успешные посадки леса в тундре, а также паличье островов леса среди тундры, расположенных в десятках и сотнях километров от сплошных лесных массивов, также свидетельствуют о возможности облесения тундры.

В лесотундре и южной тундре Западной Сибири под редколесьями и высокими кустарниками температура грунтов на 4-7° выше, чем на соседних тундровых. нередко она выше 0°. Путем создания древесных и кустарниковых насаждений в южной тундре можно повысить температуру грунтов на 4-7°, на тундровых участках, где сплошная вечная мерзлота может вызвать образование таликов и предохранить таким путем подземные сооружения от промерзания.

Сплошное облесение южной тундры и северной лесотундры не только повысит температуру грунтов, но и воздуха. На основании сравнения температуры воздуха северной тайги и южной тундры дан прогноз повышения температуры воздуха при облесении большей части северной лесотундры и южной тундры, а именно: в западной части Западной Сибири (район Нового Порто) среднегодовая температура воздуха повысится примерно на 2°, а среднеиюльская — на 3,5°, в восточной ее части (район Дудинки) — соответственно на 1,5 и 2°.

Широкомасштабные работы по облесению тундры наталкиваются на существенные трудности, обусловленные не только суровым климатом Севера, но и недостатком наших знаний о жизни древесных пород на их северном пределе и их взаимоотношениях с тундровой растительностью. Особенно скудны эколого-физиологические исследования, которые могли бы служить основой для выработки научных рекомендаций и рациональных приемов облесения тундры.

ЛИТЕРАТУРА

- Александрова В. Д.** Тундры бассейна Поппгай // Тр. Арктич. ин-та. Л., 1937. Т. 63.
- Александрова В. Д.** Изучение смен растительного покрова // Полевая геоботаника. М.-Л., 1964. Т. 3.
- Александрова В. Д.** Геоботаническое районирование Арктики и Антарктики. Л., 1977.
- Алехин В. В., Кудряшов Л. В., Говорухин В. С.** География растений. М., 1961.
- Андреев В. Н.** Геоботанические исследования Печорского Севера в 1940-1946 гг. // Сов. бот. 1947. Т. 15, № 4.
- Андреев В. Н.** Продвижение древесной растительности в тундру в связи с защитными свойствами лесопосадок на Севере // Бот. журн. 1934. Т. 39, № 1.
- Андреев В. Н.** Заселение лесом тундры в современную эпоху // Растительность Крайнего Севера и ее освоение. М., 1956. Вып. 1.
- Андреев В. Н.** Некоторые географические закономерности в распределении наземной фитомассы в тундровой зоне в связи с продвижением на Север древесно-кустарниковой растительности // Биологические основы использования природы Севера. Сыктывкар, 1970.
- Баулин В. В., Белонухова Е. Б., Дубиков Г. И., Шмелев Л. И.** Геоэкологические условия Западно-Сибирской низменности. М., 1967.
- Бекетов А. Н.** География растений. СПб., 1896.
- Биркенгоф А. Л.** Краткий предварительный отчет о лесоисследовательских работах, произведенных пиджирским гидрогеологическим отрядом Якутской экспедиции Академии наук СССР в 1929-1930 гг. // Тр. Совета по изучению производительных сил АН СССР. Сер. якутск. М., 1932 а. Вып. 6.
- Биркенгоф А. Л.** Лесной покров и лесные ресурсы северо-восточного края ЯАССР // Там же. М., 1932 б. Вып. 3.
- Биркенгоф А. Л.** Из наблюдений над лесным покровом и вечной мерзлотой (в бассейне р. Индигирки). // Тр. Комиссии по изучению вечной мерзлоты. Л., 1934. Т. 3.
- Будыко М. И.** Радиационные факторы современных изменений климата // Изв. АН СССР. Сер. геогр. 1968. №5.
- Быстров С. В.** О причинах безлесия долининой тундры в Хибинах // Сов. бот. 1939. №5.
- Вильямс В. Р.** Почвоведение. М., 1949.
- Говорухин В. С.** Растительность бассейна Ылыча (Северный Урал) // Тр. об-ва по изучению Урала, Сибири и Дальнего Востока. М., 1929. Т. 1. Вып. 1.
- Говорухин В. С.** Очерк растительности оленых пастбищ северного оленя в тундрах Обско-Тазовского полуострова // Землеведение. 1933. Т. 35. Вып. 1.
- Говорухин В. С.** Западный берег Тазовской губы Карского моря // Уч. зап. ин-та. М., 1938. Вып. 1.
- Говорухин В. С.** Динамика ландшафта и климатические колебания на Крайнем Севере // Изв. геогр. об-ва. 1947. Т. 79, №3.
- Говорухин В. С.** Редколесья на полярном пределе лесов Малого Ямала и в приобской лесотундре // Землеведение. 1937. Т. 4.

Городков Б. Н. Опыт деления Западно-Сибирской низменности на ботанико-географические области. Тобольск, 1916.

Городков Б. Н. Полярный Урал в верхнем течении рек Соби и Войкара. // Тр. Бот. музея АН СССР. 1926. Вып. 19.

Городков Б. Н. Безлесие тундры // Природа. 1929. №3.

Городков Б. Н. Вечная мерзлота в Северном крае. // Тр. Совета по изучению производительных сил АН СССР. Серия северн. 1932. Вып. 1.

Городков Б. Н. Растительность тундровой зоны СССР. М.-Л., 1935.

Городков Б. Н. Лес на полярном пределе // Изв. Всес. геогр. о-ва. 1937. Т. 69. Вып. 1.

Городков Б. Н. Растительность Арктики и горных тундр СССР // Растительность СССР. М.-Л., 1938. Т. 1.

Городков Б. Н. Движение растительности на севере лесной зоны Западно-Сибирской низменности // Проблемы физической географии. М.-Л., 1946. Вып. 12.

Городков Б. Н. Растительность и почвы о. Котельного (Новосибирский архипелаг) // Растительность Крайнего Севера СССР и ее освоение. М.-Л., 1956. Вып. 2.

Григорьев А. А. Полярная граница древесной растительности в Большеземельской и некоторых других тундрах, факторы ее обуславливающие и колебания ее в ближайшую к нам эпоху // Земледелие. 1924. Т. 26. Вып. 1-2.

Гричук В. П. Климатические условия северного полушария в атлантический период голоцена // Тепловая мелiorация северных широт. М., 1973.

Груздов А. В., Трофимов В. Т., Филькин Н. А. Основные закономерности распространения, строения толщ и температур многолетнемерзлых пород Тазовского полуострова и бассейнов рек Надым и Пур // Природные условия Западной Сибири. М., 1972. Вып. 2.

Гульбе Л. А. О периодичной деятельности камбия в корнях наших деревьев // Ежегод. СПб. Лесного ин-та. СПб., 1888. Т. 3.

Домбровская А. В., Шляков В. Р. Лишайники и мхи севера европейской части СССР. Л., 1967.

Зубков А. И. Геоботаническая характеристика растительности окрестностей Игарки в связи с сельскохозяйственным освоением // Тр. ин-та Полярного земледелия и промыслового хозяйства. Л., 1940. Вып. 40.

Катенин А. Е. Зональное положение и общие закономерности растительного покрова // Экология и биология растений восточноевропейской лесотундры. Л., 1970.

Кац Н. Я. О климате четвертичного периода в Западной Сибири в свете различных методов исследования // Проблемы ботаники. 1969. Т. 11.

Кац Н. Я., Кац С. В. К истории флоры и растительности севера Западной Сибири в послеледниковое и послеледниковое время // Бот. журн. 1958. Т. 43. Вып. 7.

Карцели С. В. По Большеземельской тундре с кочевниками. Архангельск, 1911.

Книд Н. В. Палеоклиматы и природная среда голоцена // История биогеоценозов СССР в голоцене. М., 1976.

Кнорре А. В. Естественное возобновление лиственницы даурской на северном пределе ее распространения (Таймыр, Ары-Мас) // Тр. заповед. "Столбы". Красноярск, 1975. Вып. 10.

Колосков П. И. К вопросу о тепловой мелiorации почвы // Изв. опытных полей Амурской области. Благовещенск, 1918. Вып. 2.

Колосков П. И. Климатические основы сельского хозяйства Амурской губернии. Благовещенск, 1925.

Колосков П. И. К вопросу о тепловой мелiorации почвы в областях вечной мерзлоты // Мат-лы КЕПС. Л., 1930. №80.

Колосков П. И. Отношение температуры почвы к температуре воздуха в области вечной мерзлоты как показатель сельскохозяйственных возможностей // Тр. комиссии по изучению вечной мерзлоты. Л., 1932. Т. 1.

Константинова Г. С. Влияние снежного покрова на динамику сезону — и многолетнемерзлых пород // Тр. ин-та мерзлотоведения им. В. А. Обручева. М., 1961. Т. 17.

Константинова Г. С. О влиянии снега на температуру многолетнемерзлых пород в бассейне Пясины и в низовьях Енисея // Снежный покров, его распространение и роль в народном хозяйстве. М., 1962.

Константинова Г. С. О криогенных образованиях в районе Большого Хантайского порога // Многолетнемерзлые горные породы различных районов СССР. М., 1963.

Корчагин А. А. Растительность северной половины Печорско-Бытского заповедника // Тр. Печорско-Бытского заповед. 1940. Вып. 2.

Косов Б. Ф., Константинова Г. С. Интенсивность роста оврагов в овражных районах севера Западной Сибири // Вестн. Моск. ун-та. Сер. геогр. 1969. №1.

Косов Б. Ф., Константинова Г. С. Особенности овражной эрозии в тундре // Эрозия почв и русловые процессы. М., 1970. Вып. 1.

Крючков В. В. Лесные сообщества в тундре, возможности их возникновения и динамика // Экология. 1970. №6.

Крылов П. Н. Флора Западной Сибири. Томск, 1929-1931. Ч. 1-11.

Кузнецов Н. И. Растительность Енисейской лесотундры // Предварительный отчет о ботанических исследованиях в Сибири и Туркестане в 1914 г. Петроград, 1916.

Лесков А. И. Фитоценологический очерк редколесий р. Подуя // Тр. Бот. ин-та АН СССР. Сер. 3. Геобот. Л., 1940.

Ловелиус Н. В. Изменчивость прироста деревьев // Дендрометрические природные процессы и антропогенные воздействия. Л., 1979.

Медведев П. М. О пределе леса и причинах безлесия тундр Азии // Изв. Всес. геогр. о-ва. 1932. Т. 84. №3.

Мелехов И. С. Задачи и пути изучения лесов Севера // Вестн. с.-х. науки. 1957. №1.

Миддендорф А. Ф. Путешествие на Север и Восток Сибири. СПб., 1867.

Наумова В. Е. Возобновление древесных пород в северной тайге и перспективы создания лесных культур // Биологические проблемы Севера. Магадан, 1983. Ч. 1.

Недригайлов С. Н. Лесные ресурсы Ленско-Алданского плато и Заалданского Верхоянского горного района // Мат-лы по изучению Якутской АССР. 1928. Вып. 12.

Недригайлов С. Н. О росте леса в Анадырском крае // Тр. Арктического ин-та. 1936. Т. 40.

Нейштадт М. И. История лесов и палеогеография СССР в голоцене. М., 1957.

Норин Б. Н. Об особенностях семенного возобновления древесных пород в лесотундре на полуострове Матый Ямал // Растительность Крайнего Севера СССР и ее освоение. М.-Л., 1956. Вып. 1.

Норин Б. Н. К познанию семенного и вегетативного возобновления древесных пород в лесотундре // Растительность Крайнего Севера СССР и ее освоение. М.-Л., 1958. Вып. 3.

Норин Б. Н. Проблемы лесотундры и задачи ее комплексного стационарного изучения // Проблемы Севера. 1964. Вып. 8.

Норин Б. Н. Некоторые проблемы изучения взаимоотношений лесных и тундровых экосистем // Бот. журн. 1974. Т. 59, №9.

Норин Б. Н. Растительный покров урочища Ары-Мас. // Ары-Мас, природные условия, флора и растительность. Л., 1978.

Норин Б. Н., Ипатенко И. В., Кнорре А. В., Ловелиус Н. В. Растительность и почвы лесного массива Ары-Мас (Таймыр) // Бот. журн. 1971. Т. 56, №9.

Попов А. И. Вечная мерзлота в Западной Сибири. М., 1953.

Савкина З. П. Улучшение северных пойменных лугов путем использования защитных кустарниковых полос // Кормовая база. 1951. №10.

Савкина З. П., Мешкова Т. П. Опыт посадки защитных лесных полос и изучение их влияния на микроклимат в лесотундре // Растительность Крайнего Севера СССР и ее освоение. 1956. Вып. 1.

Седельников А. Н. Растительность и животный мир. // Россия, Западная Сибирь. СПб., 1907. Т. 16.

Сочава В. Б. О пределе лесов на крайнем Северо-Востоке // Природа. 1929. №12.

Сочава В. Б. Пределы лесов в горах Ляпшского Урала // Тр. Бот. музея АН СССР. 1930. Т. 12.

Сочава В. Б. Новейшие вертикальные движения земной коры и растительный покров // Землеведение. 1950. Т. 3.

Сукачев В. Н. Дендрология с основами лесной геоботаники. М.-Л., 1934.

Танфильев Г. И. По тундрам тиманских самосеов летом 1892 г. // Изв. Рус. геогр. о-ва. СПб., 1894. Т. 30.

Танфильев Г. И. Пределы лесов в полярной России по исследованиям в тундре Тиманских самосеов. Одесса. 1911.

Тихомиров Б. А. Пожары зарослей кедрового стланика в Пенжинском крае // Бот. журн. СССР. 1933. №6.

Тихомиров Б. А. О лесной фазе в послеледниковой истории растительности севера Сибири и ее реликтах в современной тундре // Мат-лы по истории флоры и растительности СССР. М., 1941. Вып. 1.

Тихомиров Б. А. Пути формирования растительного покрова арктической Евразии в четвертичное время // Сов. бот. 1946. №5.

Тихомиров Б. А. Безлесье тундры и его преодоление // Бот. журн. 1953. №4.

Тихомиров Б. А. Происхождение, развитие и пути преобразования растительного покрова тундровой зоны СССР // Вопр. бот. 1954. Т. 1.

Тихомиров Б. А. Об охране лесов на их северном пределе и о защитном лесоразведении в тундре // Растительность Крайнего Севера СССР и ее освоение. М.-Л., 1956. Вып. 1.

Тихомиров Б. А. Безлесье тундры, его причины и пути преодоления. М.-Л., 1962.

Тихомиров Б. А., Штепа В. С. К характеристике лесных форпостов в низовьях р. Лены // Бот. журн. 1956. №8.

Толмачев А. И. О распространении древесных пород и о северной границе лесов в области между Енисеем и Хатангой // Тр. Полярной комиссии АН СССР. 1931. Вып. 5.

Толмачев А. И., Токаревских С. А. Исследование района лесного острова у р. Море-Ю в Большеземельской тундре // Бот. журн. 1968. Т. 53, №4.

Тольский А. П. К вопросу о влиянии метеорологических условий на развитие сосны в Бузулукском бору // Тр. по лесному опытному делу в России. СПб., 1913. Вып. 3.

Тольский А. П. К вопросу о влиянии температуры почвы на развитие корней // Журн. опытной агрономии. 1919. №6.

Трофимов В. Т. Полуостров Ямал. М., 1975.

Тыртиков А. П. О термотропизме корней в природе // ДАН СССР. 1951 а. Т. 78, №6.

Тыртиков А. П. Распространение корневых систем деревьев на северном пределе лесов // Вестн. Моск. ун-та. Сер. биол. почв. 1951 б. №10.

Тыртиков А. П. Рост корней деревьев в длину на северном пределе лесов // Бюл. МОИП. Отд. биол. 1954. Т. 59, №1.

Тыртиков А. П. Рост надземных органов деревьев на северном пределе лесов // Там же. 1955. Т. 60, №1.

Тыртиков А. П. Деятельность камбия в корнях и стволах деревьев на северном пределе лесов // Там же. 1956. Т. 61, №5.

Тыртиков А. П. Влияние растительного покрова на промерзание и протавнение грунтов. М. 1969.

Тыртиков А. П. Смена редколесий тундрами в Западной Сибири // Вестн. Моск. ун-та. Сер. биол. почв. 1970. №4.

Тыртиков А. П. Динамика растительного покрова и развитие вечной мерзлоты в Западной Сибири. М., 1974.

Тыртиков А. П. Динамика растительного покрова и развитие мерзлотных форм рельефа. М., 1979.

Тюлина Л. Н. О лесной растительности Анадырского края и ее взаимоотношении с тундрой // Тр. Арктического ин-та. 1936. Т. 40.

Тюлина Л. Н. Лесная растительность Хатангского района у ее северного предела // Тр. Арктического ин-та. 1937. Т. 63.

Цинзерлинг Ю. Д. География растительного покрова северо-запада Европейской части СССР // Тр. ин-та географии АН СССР. 1934. Вып. 4.

Шелудякова В. А. Растительность бассейна р. Индигирки // Сов. бот. 1938. №4 и 5.

- Шиятов С. Г.** Время расселения семян лиственницы сибирской в северо-западной части ареала и роль этого фактора во взаимоотношении леса и тундры // Зап. Свердловского отд. ВБО. 1966. Вып. 4.
- Шиятов С. Г.** Вегетационный рост лиственницы сибирской в редколесьях Приобской лесотундры // Продуктивность биогеоценозов Субарктики. Свердловск, 1970.
- Шренк А.** Путешествие по северо-востоку Европейской России через тундры самоедов к северным Уральским горам. СПб., 1855.
- Юрцев Б. А.** Ботанико-географические наблюдения у северного предела распространения лиственницы на р. Оленек // Пробл. бот. М.-Л., 1962. Вып. 4.
- Ягченко Ф. И.** Создание защитных лесных полос в тундре на Печорской железной дороге // Растительность Крайнего Севера СССР и ее освоение. М.-Л., 1956. Вып. 1.
- Anderson J. H.** A palinological studies of Late Holocene vegetation and climate in the Healy Lake area, Alaska. // Climate Arctic. Fairbanks, 1975.
- Baer K.** Expedition a Novaja Zemlia et en Lapponiae. // Bull. sci. publ. Acad. sci. de St.-P., 1838. T. 3, N°8, 9, 11, 12, 22.
- Busgen M.** Bau und Leben unserer Waldbaume. Jena, 1927.
- Dengler A.** Waldbau. Berlin, 1944.
- Erkamo V.** Untersuchungen über die Pflanzenbiologischen und einige andere Folgererscheinungen der neuzeitlichen Klimaschwankung in Finland. Helsinki, 1956.
- Frenzel B.** Floren und Vegetationsgeschichte seit den Ende des Tetrans. // Fortschr. Bot. 1973. N 35.
- Gazella A.** Osservazioni sullevoluzione del clima negli ultimi decenni. // Rev. meteorol. aeronaut. 1968. Vol. 28, N 3.
- Griggs R.** The Edge of the Forest in Alaska and the Reason for its Position. // Ecology. 1934. Vol. 15, N 2.
- Hartig Th.** Über die Bewegung des Safts in den Holzpflanzen. // Bot. Ztg. 1858. N 44.
- Hartig Th.** Über die Zeit des Zuwachses der Baumwurzeln. // Bot. Ztg. 1863. N 39.
- Havariinen H.** Absolute and relative pollen diagrams from northernmost Fennoscandia. // Fennia. 1975. N 142.
- Hedenstrom M.** D'un Fragment écrit sur la Siberie. // Bull. de la Soc. imp. des natur de Moscou. 1830. Vol. 2, N 2.
- Hustich J.** Notes on the coniferous forest and tree limit in the east Coast of Newfoundland-Labrador. // Acta Geographica. 1939. Vol. 7, N 1.
- Kihlman A. O.** Pflanzenbiologischen Studien aus Russisch Lappland. Helsingfors, 1890.
- Lamb H.** Our Changing climate past and present. // Weather. 1959. Vol. 14, N 10.
- Patzelt G.** Die spatglacialen Stadien und postglacialen Schwankungen von Ostalpenglatschern. // Ber. Deutsch. bot. Ges. 1972. Bd 85, N 1-4.
- Pohle R.** Pflanzengeographische Studien über die Halbinsel Kanin und des angrenzende Waldgebiet. SPb., 1903.
- Potter G., Ellsaesser H. W., Mac Cracken M. C., Lutter F. M.** Possible climatic impact of tropical deforestation. // Nature. 1975. Vol. 258, N 5537.
- Regel C.** Die Klimaänderung der Gegenwart in ihrer Beziehung zur Landschaft. Bern-München, 1957.

- Russow G.** Begin der Cambiumthatigkeit in Stamm und Wurzeln der einheimischen Lignosen. // Sitzungsberichte der Naturforscher Gesellschaft. Dorpat, 1882.
- Schmidt F.** Wissenschaftliche Resultate der zum Aufsuchung eines angekündigten Mammothcadaver. // Mem. de l'etat Imp. d. sciences de St.-P., 1872. Ser. 7. T. 18.
- Shaver G. R., Billings W. D.** Effects of daylength and temperature on root elongation in tundra graminoides. // Oecologia. 1977. Vol. 28.
- Sprent J. L.** Growth and nitrogen fixation in *Lupinus arborens* as affected by shading and water supply. // New Phytologist. 1973. Vol. 73, N 5.
- Sprent J. L., Silvester M. B.** Nitrogen fixation by *Lupinus arborens* growth in the open and under different aged stands of *Pinus radiata*. // New Phytologist. 1973. Vol. 72, N 5.
- Vasari V.** The vegetation of Northern Finland past and present. // Internord, 1974. N 13, 14.
- Viro P. S.** Effects of Forest Fire on Soil. // Fire and Ecosystems. London, 1974.

Современная номенклатура

для некоторых видов,

- приводимых в книге видов согласно следующим работам:
сосудистые растения – Черепанов С. К. Сосудистые растения России и сопредельных государств. СПб. 1995;
мхи – Игнатов М. С., О. М. Афонина. Справочный список мхов бывшего СССР. // Arctoa Vol. 1. 1995.
лишайники – Ahti, T.T. 1993. Names in current use in the Cladoniaceae (lichen-forming Ascomycetes) in the ranks of genus to variety // Regnum Vegetabile Vol. 128, P. 58-166.

Aconitum excelsum = *A. septentrionale*
Aconitum chekanovskii (czekanovskiy) = *A. baicalense*
Agropyron turuchanense = *Elymus turuchanense*
Alnus fruticosa = *Duschekia fruticosa*
Alopecurus borealis = *A. alpinus*
Archangelica decurrens = *Angelica decurrens*
Atropis distans = *Puccinellia distans*
Bromus inermis = *Bromopsis inermis*
Carex canescens = *C. cinerea*
Carex chordorrhiza = *C. chordorrhiza*
Carex hyperborea = *C. bigelowii*
Carex magellanica = *C. paupercula*
Carex wiluica = *C. juncella*
Cassandra calyculata = *Chamaedaphne calyculata*
Conioselinum vaginatum = *C. tataricum*
Erigeron acer = *E. acris*
Eriophorum angustifolium = *E. polystachion*
Festuca brevifolia = *F. brachyphylla*
Mentha austriaca = *M. arvensis*

Mulgedium sibiricum = *Lactuca sibirica*
Nardosmia frigida = *Petasites frigidus*
Parrya nudicaulis = *Achoriphragma nudicaulis*
Pedicularis euphrasioides = *P. labradorica*
Pedicularis sceptrum-carolinum = *P. sceptrum-carolinum*
Polygonum bistorta = *Bistorta major*
Polygonum laxmannii = *Aconogonon ochreatum* var. *laxmannii*
Polygonum viviparum = *Bistorta viviparum*
Pyrethrum bipinnatum = *Tanacetum bipinnatum*
Ramischia obtusata = *Orthilia obtusata*
Ribes pubescens = *R. spicatum*
Rubus sachalinensis = *R. matsumuranus*
Salix glandulifera = *S. lanata*
Salix pyrolaefolia = *S. pyrolifolia*
Salix speciosa = *S. alaxensis*
Salix xerophylla = *S. bebbiana*
Smilacina trifoliata = *Smilacina trifolia*
Tofieldia nutans = *T. coccinea*

Drepanocladus revolvens = *Limprichtia revolvens*
Drepanocladus uncinatus = *Sanionia uncinata*
Polytrichum alpinum = *Polytrichastrum alpinum*
Polytrichum fragile = *Polytrichastrum alpinum* var. *fragile*
Sphagnum acutifolium = *S. capillifolium*

Cladonia alpestris = *Cladina stellaris*
Cladonia mitis = *Cladina mitis*
Cladonia rangiferina = *Cladina rangiferina*
Cladonia sylvatica = *Cladina arbuscula*
Cornicularia divergens = *Bryocaulon divergens*
Bryopogon chalybeiformis = *Bryoria chalybeiformis*
Evernia thamnoides = *Evernia mesomorpha*

А.П.Тыртиков

ЛЕС НА СЕВЕРНОМ ПРЕДЕЛЕ В АЗИИ

Сдано в набор 29.01.99. Подписано в печать 25.02.96. Формат 60х90/16.

Бумага офсетная № 1. Печать офсетная.

Гарнитура Кудряшовская. Тираж 500 экз. Заказ №



ISBN 5-87317-006-1



**Вниманию стипендиантов РФФИ
по разделу "Издательские проекты"!**

Московское издательство **KMK Scientific Press Ltd.** оказывает содействие в выполнении проектов издания научных монографий: верстка, типографские услуги, распространение и проч.

Фирма **KMK Scientific Press Ltd.** основана в 1992 году как специализированное научное издательство, ориентированное на выпуск научной периодики, монографий и сборников трудов на русском и иностранных языках.

Издательство **KMK** располагает прекрасной полиграфической базой для **малотиражной печати**, опытным персоналом и квалифицированной редакцией.

С 1992 года **KMK** выпускает разнообразные периодические журналы по биологии на английском, немецком и французском языках. Издательством регулярно выпускаются монографии российских ученых, открываются незаслуженно забытые странички отечественной науки.

KMK Scientific Press приглашает авторов и сложившиеся редакционные коллективы для совместного выпуска научной периодики, монографий, брошюр, сборников трудов **по другим наукам**. Предлагается абонентное обслуживание научных учреждений со значительными скидками.

Наш адрес: 111531, Москва, Ш.Энтузиастов, 100-5-56.
Телефон: 373-53-64 (автоответ).
Факс: 292-65-11 (box 19474 SPIDERS)
E-mail: KMK2000@GLAS.APC.ORG

ISBN 5-87317-006-1