

06  
МЗ41

М-лы к познанию  
флоры и фауны

в. 12

012

Г. Э. ГРОССЕТ

# КЕДРОВЫЙ СТЛАНИК

МОСКВА

★

1959

*Proceedings on the study of the fauna and flora of the U.S.S.R.  
edited by the Moscow Society of Natural History*

NEW SERIES  
The section of Botany  
Issue 12 (XX)

H. E. Grosset

PINUS PUMILA (PALL.) RGL.

Materials on its biological study  
and economical utilization

MOSCOW



1959

06  
19341  
*Материалы к познанию фауны и флоры СССР,  
издаваемые Московским обществом испытателей природы*

НОВАЯ СЕРИЯ  
Отдел ботанический  
Выпуск 12 (XX)

М-341  
К-  
016.3:582.44  
Г. Э. Гроссет

КЕДРОВЫЙ СТЛАНИК

Материалы к изучению  
и хозяйственному использованию

Техническая библиотека  
БАНКИ СО АН СССР  
ИНВ. № 47608

ПРОВЕРЕНО  
2011

МОСКВА



1959

*Печатается по постановлению  
Совета Московского общества  
испытателей природы*

Ответственный редактор — Д. А. ТРАНКОВСКИЙ

## **ВВЕДЕНИЕ**

Кедровый стланик давно уже привлекает внимание ботаников, лесоводов и лесомелиораторов. Этому растению посвящена довольно обширная литература, из которой следует отметить работы А. Ф. Миддендорфа (1867), В. Н. Сукачева (1912), Л. Н. Тюлиной (1936), В. Б. Сочавы (1953) и особенно многочисленные статьи Б. А. Тихомирова (1933а, 1933б, 1934, 1936, 1946, 1947), завершившиеся монографией (1949).

Немало внимания уделялось кедровому стланику и в последующее время. Всестороннее изучение кедрового стланика включено в план работ Якутского филиала Академии наук СССР (Шелудякова, 1958). Только за два последние года появилось девять статей по биологии и хозяйственному использованию стланика (Стариков, 1957; Плотников, 1957; Пивник, 1957, 1958, 1958а, 1958б; Вехов, 1958; Меженный, 1958; Гроссет, 1959).

Стланик чрезвычайно широко распространен на северо-востоке Азии, где он является эдификатором ряда сообществ и где значение его в экономике природы трудно переоценить. Многообразно и его практическое использование. Однако экология этого очень интересного и полезного растения изучена еще недостаточно, на что указывают и лесоводы, например М. Е. Ткаченко (1955), которые рекомендуют стланик для облесения склонов гор и оврагов, укрепления песков и задержания снега, так как этот кустарник может произрастать в таких условиях увлажнения и температуры, с какими не мирится ни одна другая древесная и кустарниковая порода.

Как писал А. Ф. Миддендорф (1867), «даже в сравнении с шпалерной лиственницей береговых скал Охотского моря кустарниковый кедр является суровым детищем гор. В местностях, слишком открытых северным ветрам, где шпалерная лиственница не могла уже держаться, особенно если камень и в особенности мало выветрившаяся кварцевая порода доставляли слишком скудное питание, кустарниковый кедр стоял весело, хотя только малорослыми кустами, плотно прилегающими к отвесу скал». Благодаря исключительной нетребовательности к почвенным условиям стланик часто вы-

ступает в роли пионера при облесении каменистых склонов, лишенных почвенного покрова (Липшиц и Ливеровский, 1937; Тюлина, 1954).

Стланик является единственным вечнозеленым хвойным, проникающим на крайний северо-восток Азии исключительно благодаря его способности к активному полеганию и уходу таким образом под снег. Наблюдения же, относящиеся к зимнему периоду, в литературе почти отсутствуют; поэтому особое внимание в данной работе уделено снежному покрову как фактору среды обитания, снеговой корразии, условиям зимовки стланика над и под снегом. Изучались также те изменения в условиях жизни и зимовки стланика, которые происходят после вырубки первого яруса в листовечно-березовых лесах с подлеском из стланика и часто сопровождаются его массовым отмиранием и перестройкой структуры зарослей. Собирались материалы для выяснения условий роста стланика на различных стадиях пирогенных сукцессий. Много места уделено описанию хода роста стланика в различных условиях среды, так как данные эти в литературе крайне незначительны. В работе описываются также те изменения, которые произошли в результате бесхозяйственного отношения к растительному покрову, и с каким длительным периодом времени в наших условиях связано восстановление растительности.

В ряде районов северо-востока Азии стланику принадлежит одно из первых мест и как источнику топлива, почему, помимо хода роста, приводятся также и определения калорийности его древесины. Все эти вопросы имеют большое практическое значение.

Изучение стланика представляет и глубокий теоретический интерес, так как он является представителем весьма своеобразной, специализированной жизненной формы растений. Только специфическая форма роста стланика в соединении со способностью к активному полеганию позволяет ему обитать в крайне суровых условиях северо-востока Азии. Стланик дает пример развития весьма важной экологической особенности из признака индифферентного и лишь коррелятивно связанного с дифференциацией строения древесины наклонных ветвей.

Изучение анатомического строения и физических свойств древесины кедрового стланика, как мне кажется, позволяет объяснить особенности его роста в различных условиях среды, именно его большую или меньшую ортотропность или простратность. Таким же путем был выяснен механизм активного полегания стланика, описанию которого посвящена значительная часть работы. Данные вопросы имеют не толь-

ко теоретический интерес, но и практическое значение. В природе многие виды деревьев и кустарников наиболее далеко заходят на север и в горы в виде стелющихся форм. Точно так же и полезные древесные и кустарниковые породы, как показал опыт, могут культивироваться в виде стланиковых форм там, где они неспособны произрастать в обычной форме (Кизюрин, 1934; Баранов, 1949). Отсюда понятно то внимание, которое уделяется изучению экологии и морфогенеза стланиковых форм (Андреев, 1949; Серебряков, 1952, 1954). Еще больший интерес в данном отношении представляют стланиковые формы, способные к активному полеганию (Андреев, 1949). В дальнейшем, может быть, удастся вывести, путем соответствующего подбора рас, воспитания и обработки веществами, стимулирующими и тормозящими рост, подобные же полегающие формы и для ряда культурных древесных и кустарниковых пород.

Автор приносит глубокую благодарность проф. А. В. Благовещенскому, акад. В. Н. Сукачеву и проф. К. И. Мейеру, а также Д. А. Транковскому и Т. Б. Вернандер за ряд ценных указаний и содействие в напечатании данной работы, и особенно начальнику Сантехконторы г. Магадана В. Ю. Радкевичу за разрешение пользоваться во внеурочное время помещением и оборудованием теплотехнической лаборатории для моей работы.

### **СНЕЖНЫЙ ПОКРОВ И ЕГО ЗНАЧЕНИЕ В ЖИЗНИ СТЛАНИКА**

Снежный покров — его мощность, плотность и длительность залегания — имеет особенно большое значение в жизни стланика. Снег предохраняет его от снеговой корразии, от резких колебаний температуры и потери влаги в зимне-весенний период, создавая благоприятные условия для перезимовывания. Высота и характер роста стланика в значительной степени связаны с мощностью снежного покрова, которая определяется главным образом формой рельефа, экспозицией его по отношению к направлению господствующего ветра и характером растительности.

Рельеф окрестностей Магадана хорошо расчленен и представляет сочетание невысоких водораздельных массивов, гряд и сопок, с разделяющими их и врезающимися в них многочисленными долинами и распадками. В зимние месяцы в районе Магадана преобладают северо-восточные и восточно-северо-восточные ветры, которые перераспределяют снег, совершенно сметая его с наветренных склонов и с вершин водораздельных гряд в том случае, если они лишены древес-

но-кустарниковой растительности. Снег переносится на территории, занятые лесами, и особенно на подветренные склоны. В окрестностях Магадана широко распространены весенние и раннелетние, реже позднелетние и даже перелетывающие снежники. Наиболее мощные снежные скопления образуются в верхней части подветренных склонов, где образуются снежные карнизы из перетертого и сильно уплотненного снега. В результате нивального и солифлюкционного процессов (Солнцев, 1949) самые верхние части склонов становятся очень крутыми и часто приобретают вогнутый профиль. Стланик здесь отсутствует. Ниже, в месте скопления продуктов разрушения, формируется оплывина. Работа снежников приводит к асимметрии склонов. Наветренные склоны имеют обычно более мягкие очертания, снег с них сдувается и они обычно бывают покрыты низкорослыми, прижатыми к поверхности почвы, кустами стланика.

Где снег переносится ветром поперек склона, там даже незначительные углубления служат местом отложения снега и образования нивальных впадин. В этих условиях широко распространены продольные снежники, заполняющие ложбины стока или формирующиеся за выступами склонов. По юго-западным и западным склонам некоторых гряд (например, по склону платообразной гряды, прилегающей к левому берегу р. Каменушки, приблизительно в 14 км от города) имеются террасы, которые, видимо, являются нивальными ступенями. На хорошо дренированных склонах, где стланик испытывает недостаток влаги, снежники являются источником дополнительного водоснабжения для примыкающих к ним, особенно снизу, зарослей. В непосредственной близости к снежникам стланик имеет более темно-зеленую окраску и более здоровый вид. Заросли здесь заметно выше и гуще (табл. 1).

Однако снег не всегда играет роль положительного фактора. Мощные, поздно стаивающие снежники сокращают длину вегетационного периода. С этим могут мириться далеко не все виды. Чем дольше залеживается снег, тем беднее становится ассортимент произрастающих видов. Выключается в этом случае и стланик. Местоположения, на которых образовывались снежники, выступают ближе к осени на фоне зарослей стланика в виде лент и пятен, покрытых травянистой растительностью, представляющей сочетание лугово-лесных и гольцовых видов. Реже растительный покров здесь почти совершенно отсутствует. Мощность и продолжительность залегания снежников неодинаковы в разные годы. Так, например, в 1950 г. из-за образования очень мощных снежных отложений, которые растаяли лишь к концу лета, наблюдалось

Таблица 1

Высота и текущий прирост зарослей стланика, примыкающих к снежнику

Показатели	Бордюр шириной 10—15 м, примыкающий к снежнику ниже по склону	В 30 м к юго-западу от снежника, ниже по склону	В 45 м к юго-западу от снежника, еще ниже по склону
Высота зарослей стланика, м . . .	2,2	1,2	0,7—0,8
Текущий прирост в высоту за последние 10 лет, см . . . . .	3,6	1,9	1,0
Текущий прирост по диаметру за последние 10 лет, мм . . . . .	1,2	0,6	0,3

сплошное отмирание камчатского рододендрона там, где он в предшествующие годы прекрасно развивался и обильно цвел. Возможно, что данное увеличение размера снежника было вызвано уничтожением леса и выгоранием зарослей стланика на прилегающих территориях.

Мощные снежники начали образовываться после вырубки леса по левому берегу р. Каменушки у слияния ее с Карельским ключом. Так, в 1951 г. снежник, расположенный при основании юго-западного склона, стоял лишь к 8 августа. 12 августа место, где залегал снежник, было еще совершенно черно-бурым. Тронулись в рост и пробивались из земли только побеги и листочки *Polygonum tripterocarpum*, *Rubus arcticus*, *Calamagrostis Langsdorfii*, *Fritillaria kamtschatcensis*, *Veratrum*, *Artemisia arctica*, *Iris setosa*, *Viola repens*. Цвела *Salix* sp. Распускались почки *Spiraea betulifolia*, *Potentilla fruticosa*. Выше по склону, где снежник стоял несколько раньше, среди пней лиственницы много отмерших и полуотмерших кустов стланика и березки Миддендорфа.

После оголения обширных территорий в бассейне рек Магаданки и Каменушки мощные забой снега начали образовываться и в небольших уцелевших участках лиственничного леса, т. е. там, где их раньше не было. При этом лиственницы оказывались погребенными на 4—6 м в плотный переотложенный снег. Весной при таянии и оседании снега вмурованные в него боковые ветви отрывались от ствола. У молодых лиственниц, которые были совершенно перекрыты снегом, оказались сломанными верхинки и оборванными многие боковые ветви. Снег не только оседал, но и перемещался вниз

по склону, о чем можно было судить по появлению трещин. На склонах, где скапливается снег, кусты стланика направлены вершинками вниз по склону именно из-за снеговой нагрузки, оседания и перемещения снега. На местах мощного скопления переотложенного и сильно уплотненного снега способность стланика к полеганию зачастую оказывается вредной. Плотность снега сильно возрастает при его переотложении. Так, например, плотность снега, выпавшего в окрестностях Магадана 16 января 1950 г., при очень слабом ветре и при температуре  $-2-3^{\circ}$ , была всего  $0,07 \text{ т/м}^3$ . Плотность переотложенного снега, залежавшего на подветренном склоне водораздельной гряды между реками Каме-нушкой и Магаданкой, оказалась равной  $0,44 \text{ т/м}^3$ .

Весной кусты стланика высвобождаются из-под снежных надувов следующим образом: у кустов, вершинки которых направлены вниз по склону, первоначально вытаивают основания и средняя часть стволиков; стволики, попадая в среду положительных температур, дают изгибы кверху, но подняться не могут, так как их верхние ветви еще крепко вмурованы в плотный льдистый снег. Создается настолько сильное напряжение, что ветвь в конце концов поднимается. При этом обычно отрываются и остаются в снегу или концы побегов (прирост 2—4 последних лет), или покрывающая их хвоя. По периферии снежных надувов, особенно у их верхней границы, можно зачастую наблюдать узкую зону кустов стланика с оторванными или отмершими вершинками. Многие кусты здесь отмерли совершенно. Весной и в начале лета в местах контакта снежного надува с зарослями стланика (особенно вдоль верхней границы снежного скопления) по поверхности снега и в его верхнем слое рассеяны оторванные и еще свежие вершинки ветвей и хвои. Такое «ощипывание» вершин и хвои происходит только в местах скопления переотложенного и сильно слежавшегося снега. В тех случаях, когда снег менее плотен (в лесу), распрямляющаяся ветвь поднимается вместе с комьями снега, в который вмерзли ее верхние ветви и хвоя.

Кусты стланика и снежник медленно двигаются друг другу навстречу. Вершинки кустов направлены по ветру, т. е. в том же направлении, в каком переносится снег. Нарастая, ложась и укореняясь, кусты перемещаются в сторону снежника. Подходя к уступу, за которым формируется снежник, они отмирают. Сам снежник, вырабатывая нивальную ступень, или вообще разрушая уступ, за которым он отлагается, как бы подкапывается под заросли. Таким образом граница между зарослями стланика и снежником хотя и медленно, но смещается против ветра.

Стланик решительно избегает также те участки широких долин и нижних частей склонов, где происходит наледеобразование. На подобных местоположениях имеют место сильные деформации грунта, связанные с образованием слоев, линз и куполов внутрпочвенного льда, в результате чего повреждаются корневые системы. Однако основной причиной его отсутствия является образование мощных поверхностных наледей. Места образования наледей и их мощность меняются в разные годы. Так, например, в зиму 1949/50 г. образовалась мощная (до 1,5 м толщины) и обширная наледь по правому притоку р. Магаданки в 5—6 км от Магадана. В предыдущие и последующие годы наледь здесь или совершенно отсутствовала, или была весьма слабо развита. Неоднократно приходилось наблюдать отмирание стланика там, где образовавшаяся наледь перекрыла его кусты, пригнувшиеся на зиму. Даже в том случае, когда наледь стаивала рано, в начале — середине июня, кусты оказывались мертвыми, хвоя быстро бурела и почки не трогались в рост. Возможно, что отмирание вызывается низкой воздухопроницаемостью толщи льда, перекрывающей кусты, так как хвоя дышит, как показал Н. А. Максимов (1948) для сосны, и в сильные морозы, превышающие  $-20^{\circ}$ . Наиболее интенсивно она дышит весной, когда лед приобретает температуру, близкую к  $0^{\circ}$ .

Основное влияние оказывает, видимо, механическое давление льда. Наледобразование происходит при низких температурах. Пригнувшиеся охвоенные ветви стланика, попадая в воду, нагреваются до  $0^{\circ}$ . Образовавшийся в них лед растаивает. При замерзании наледной воды хвоя оказывается замурованной в лед. При дальнейшем понижении температуры лед сжимается и начинает давить на хвою. Вода, содержащаяся в хвое, замерзает при несколько более низкой температуре. Определения количества льда, образующегося в хвое стланика при разной температуре, произведенные мною по калориметрическому методу, помещены в табл. 2. Из них видно, что при температуре  $-0,7-0,8^{\circ}$ , т. е. когда наледная вода уже замерзла, замерзает всего около 2% воды, содержащейся в хвое стланика. При дальнейшем понижении температуры замерзают все новые и новые количества воды и при температуре  $-23^{\circ}$  замерзает уже 72% воды. Объем образующегося льда значительно (примерно на 10%) превышает объем воды. Одновременно снаружи на хвою давит наледный лед, объем которого, а следовательно и объем полостей, в которых заключена хвоя, уменьшается при понижении температуры. Таким образом развивается сильное давление, в результате чего и происходит отмирание хвои. Как

Таблица 2

Количество образовавшегося льда и оставшейся незамерзшей воды в хвое кедрового стланика при различной температуре

Дата определения	Температура хвои	Влажность хвои в % абсолютно сухого веса	Количество образовавшегося льда в % общего содержания влаги	Осталось незамерзшей воды	
				в % общего количества воды	в % абсолютно сухо-го веса хвои
8.I 1950 г.	-0,2	93,7	1,2	98,8	93,0
"	-0,7	97,2	2,6	97,4	94,6
"	-0,8	95,5	1,5	98,5	94,4
"	-1,9	95,5	5,3	94,7	93,0
17.XII 1949 г.	-5,7	95,62	27,5	72,5	69,3
"	-6,0	95,62	49,2	50,8	48,6
"	-6,5	95,62	54,2	45,8	43,8
"	-8,8	95,62	56,35	43,65	41,7
"	-16,9	95,62	68,3	31,7	30,3
"	-18,3	95,62	69,0	31,0	29,6
"	-22,0	95,62	70,7	29,3	28,0
"	-23,3	98,2	72,3	27,7	27,2

известно, механическое давление образующегося льда считается одной из основных причин вымерзания растений (Максимов, 1948). По указанию И. И. Туманова (1940, 1951, 1955), механическое давление льда на обезвоженную при сильных морозах протоплазму является возможной причиной отмирания также и озимых посевов, вмерзших в ледяную корку.

Процессы переноса и переотложения снега интенсивно происходят только там, где нет лесной растительности. Под защитой первого яруса снег ложится сравнительно ровным и рыхлым покровом на пригнувшиеся кусты стланика, еще более способствуя их полеганию. При большой сомкнутости стланика почти весь снег задерживается на кустах и не достигает поверхности почвы. Образовавшиеся у поверхности

почвы большие пустоты легко прощупываются палкой. Таким образом, сравнительно маломощный покров рыхлого снега защищает пригнувшийся стланик в течение зимне-весеннего периода. Можно пройти на лыжах не один десяток километров и не встретить ни одного куста там, где в летнее время передвижение крайне затруднено из-за непроходимых зарослей стланика. После вырубki леса на местоположениях, не защищенных от ветра, условия для перезимовывания стланика резко ухудшаются. Ветер сдувает снег с кустов, стряхивает его на поверхность почвы и, частично, выносит совершенно. Перекрытыми снегом оказываются только наиболее низкие кусты. Единичные, возвышающиеся над поверхностью снега живые кусты стланика зимой можно встретить только там, где лес вырублен сравнительно недавно. Обычно эти кусты находятся на различных стадиях отмирания и лучше сохранились лишь в наиболее защищенных местах. Однако и здесь их отмирание — вопрос времени. По наблюдениям за стлаником, зимующим над снежным покровом, можно установить, что он очень сильно страдает от снеговой корразии. Кусты его успешно перезимовывают над снегом только в такие исключительные зимы, когда не бывает сильных буранов и когда в течение ранневесеннего периода преобладает пасмурная погода и весна протекает по нерезко выраженному соларному типу.

Значение снежного покрова особенно ясно выступает в тундровой зоне. В тундре благодаря сильным ветрам механическое действие снега велико, метели уничтожают или уродуют выступающие над снегом побеги растений (Городков, 1938; Тихомиров, 1956а). Для южной тундры и высокогорных ландшафтов характерны формации нивелированных кустарников. Решающим фактором, определяющим формы роста их эдификаторов, является приспособление к поддержанию существования в зимнее время путем ухода под снежный покров (Толмачев, 1939, 1948).

Район окрестностей г. Магадана хотя и относится к лесной зоне, но принадлежит к числу местностей, характеризующихся наиболее сильными ветрами и метелями<sup>1</sup>. По литературным данным, нигде на севере СССР метели не достигают такой силы и продолжительности, как на Охотском побережье и на севере Колымо-Чукотского района. Нигде они не бывают так часты: в некоторые годы до 20 дней в месяц бу-

<sup>1</sup> По А. П. Васильевскому (1954, 1958), Магадан расположен в лесотундровой подзоне зоны тундр. По Б. П. Колесникову (1955), лесотундра по западному побережью Охотского моря спускается почти до Магадана, захватывая большую часть полуострова Кони.

шует пурга. В Нагаеве и в других пунктах района ветер достигает 20—25 м/сек (Хмелинин, 1939). У самого побережья Охотского моря снег сильно сдувается ветрами и залегает весьма неравномерным слоем. Количество снега увеличивается от берегов в глубь к горам (Рихтер, 1945).

Как известно, кристаллы снега приобретают при низких температурах значительную твердость (Моор, 1939). К этому следует добавить, что вместе со снегом переносится и большое количество минеральных частиц, почему переотложенный снег обычно бывает сильно загрязненным. После сильных ветров в волнах снежной ряби и в застругах можно обнаружить крупные частицы песка и кусочки диорита, принесенные с оголенных вершин сопков и водораздельных гряд. Весь этот материал, переносясь с большой скоростью, сильно повреждает выдающиеся над снегом части растений. Во время сильных ветров выдающиеся над снегом кусты стланика сильно раскачиваются, ветви их трутся друг о друга и даже о поверхность снежного покрова, в результате чего повреждаются покровные ткани и особенно эпидермис хвои. Повреждение покровных тканей сопровождается повышенной потерей влаги, особенно в весенний период, что вызывает отмирание кустов. После вырубki первого яруса заросли стланика на тех местах, откуда снег сдувается ветром, перестраиваются: наиболее крупные кусты отмирают и заросли по их виду постепенно приближаются к тем низкорослым кедровникам, которые произрастают выше лесной границы. Резко падает семенная продуктивность (от отмирания однолетних шишек на побегах, выдающихся над снегом), равно как и общий прирост древесины.

Приведу наблюдения за отмиранием стланика, последовавшим за вырубкой первого яруса из лиственницы и березы, произведенные на восточном склоне р. Каменушки в 2—3 км от Магадана. Склон обращен в сторону господствующего ветра. До вырубki леса заросли стланика достигали 3—4 м (по замеру отмерших кустов в летнее время). После вырубki первого яруса начались снос и переотложение снега. В первую половину зимы 1946/47 г. снег залегал рыхлым, равномерным слоем. Затем сильные бураны произвели перераспределение и уплотнение снега. Местами в густых зарослях стланика, кустарниковой ольхи и березки Миддендорфа образовались мощные сугробы снега до 1,5—2 м. На прогалинах и среди редких кустов снег был почти совершенно сдут. Над его поверхностью выдавались верхушки побегов *Rhododendron aurcum* со свернувшимися на нижнюю сторону листьями, *Ledum palustre*, *Vaccinium vitis idaea*, *Empetrum sibiricum*. Местами обнажилась и мохово-лишай-

никовая дернина. Над поверхностью снега всюду возвышались кусты стланика, находящиеся на различных стадиях отмирания. Решительно преобладали или совершенно мертвые, или кусты, у которых с подветренной стороны еще сохранились две-три живые ветви. Реже встречались кусты, у которых сохранились живые ветви только на подветренной стороне (на наветренной стороне они отмерли на 80—100%). Для всех живых ветвей было характерным слабое охвоение: сохранилась лишь хвоя одного-трех последних лет, причем хвоя 2—3-летнего возраста была сильно поредевшей и как бы подстриженной на  $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{2}$  ее длины. Ветви же, зимовавшие под снегом, сохраняли хвою 5—7-летнего возраста.

Повреждения почек стланика наблюдались довольно редко и только на местоположениях, подверженных особенно сильному воздействию ветров, причем повреждались преимущественно почки ветвей, направленных против ветра. Хвоя здесь часто была загнута грибообразно на сторону или даже назад, а почки оголены. В таких случаях обычно имели место повреждения почечных чешуй и даже более внутренних частей почек. На ветвях, имеющих иное направление, почки защищены хвоей от снежной корразии. Ближе к весне на живых ветвях, выдававшихся над снегом, появились продольные морщины, отсутствовавшие на ветвях, прикрытых снежным покровом. С наступлением теплых и ясных дней произошло сильное усыхание хвои и молодых побегов на ветвях, зимовавших над снегом. Так, по наблюдениям 30.III 1947 г., хвоя была еще зеленой и отличалась от хвои, зимовавшей под снегом, лишь более светлой окраской и отсутствием сизого воскового налета. Всего через одну неделю, в течение которой стояла тихая и ясная погода, произошло сильное усыхание хвои. 6 апреля можно было наблюдать все стадии отсыхания хвои — от слабо поврежденной (пожелтели лишь верхушки хвоинок) до почти совершенно сухой и потерявшей зеленую окраску. Продольная морщинистость на ветвях 3—5-летнего возраста исчезла благодаря передвижению влаги из более толстых стволиков. Морщинистость сохранилась лишь на сильно пострадавших годовалых побегах, покрытых совершенно отмершей хвоей. Эти побеги в дальнейшем отмерли. Местами вытаивали и поднимались ветви, зимовавшие под снегом. Их ярко-зеленая хвоя, покрытая голубоватым восковым налетом, резко контрастировала с частично сохранившейся бледно-желтой и имеющей болезненный вид хвоей ветвей, зимовавших над снегом. По дальнейшим наблюдениям, эти ветви, вытаявшие и поднявшиеся 6 апреля, сохраняли зеленую окраску и не обнаруживали никаких признаков усыхания, хотя основания их были погружены в снег, который



имел, однако, температуру, близкую к нулю. Хвоя же на ветвях, зимовавших над снегом, продолжала быстро усыхать и к концу первой декады апреля стала в основном совершенно желтой, а местами даже побурела. Живым сохранился лишь небольшой процент хвои, преимущественно на самых концах побегов с подветренной стороны. Наблюдения над впитыванием и потерей влаги хвоей, зимовавшей над и под снегом, показали, что хвоя, зимовавшая над снегом, быстрее впитывает влагу и быстрее же теряет ее при высыхании. Видимо, усыхание хвои произошло так быстро оттого, что с нее был содран восковой налет, а возможно и поврежден эпидермис.

30 июня неповрежденные почки уже развились в побеги. Сильнее всего пострадали хвоя и однолетние шишки, в меньшей степени — почки. На ветвях, хвоя которых имела хотя бы слабые признаки повреждения, однолетние шишки остановились в росте и легко отваливались. На некоторых побегах почки и хвоя отмерли совершенно и в таких случаях прирост двух последних лет был покрыт продольными морщинами усыхания. Более старые ветви при этом были еще живыми, хотя все почки и хвоя уже отмерли. В очень редких случаях приходилось наблюдать живую хвою на ветвях с отмершими почками.

Для определения динамики влажности в течение зимне-весеннего периода периодически брались пробы хвои (прироста последнего, 1946 г.), однолетних побегов (без хвои) и 11-летних побегов (без хвои и прироста последнего года). Первая проба была взята 21 июля, когда однолетние побеги еще не закончили роста. Влажность однолетних побегов (в процентах абсолютно сухого веса) оказалась равной 253 и 11-летних — 113. К 8 августа влажность 11-летних ветвей упала до 102%, однолетних побегов — до 147% и хвои — до 124%, а к 13 октября соответственно до 100, 124 и 122%. В этом состоянии пригнувшиеся с наступлением морозов ветви были частично перекрыты снегом. Хвоя и ветви, зимовавшие под снегом, сохранили эту влажность до конца зимнего сезона. Ветви же, зимовавшие над снегом, продолжали постепенно терять влагу, очень медленно в зимний период и значительно сильнее к весне. К концу марта 11-летние ветви содержали лишь 79% влаги, однолетние — 65,3% и хвоя — 69%. С наступлением теплых дней потеря влаги значительно возросла, поступления же воды из замерзших стволиков и почвы или не происходило, или оно не покрывало испарения. С первых чисел апреля было замечено, что хвоя на ветвях, равно как и сами ветви, зимовавшие над снегом, начали дифференцироваться по степени усыхания. В середине апреля влажность 11-летних ветвей, зимовавших над снегом, колеба-

лась между 52—89%, однолетних побегов — между 35—98% и однолетней хвоей — между 30—78%. К началу мая влажность хвои снизилась до 25—52%. Результаты наблюдений над влажностью ветвей и хвои стланика сведены в табл. 3 и 4.

Условия для перезимовывания стланика над снегом в разные годы различны. Так, например, в зиму 1947/48 г. выпало сравнительно мало снега и многие кусты стланика зимовали над его поверхностью. Несмотря на это, весной массового отмирания стланика совершенно не наблюдалось. Это объясняется тем, что зима была исключительно благоприятной, без сильных буранов, а весной стояла облачная погода без резких колебаний температуры.

Наиболее сильные повреждения кусты стланика, зимующие над снегом, испытывают от снеговой корразии. Однако стланик страдает часто в этих условиях от раннего весеннего опала. Так, например, в зиму 1949/50 г. сильных буранов не было и влияние снеговой корразии проявилось только на особо ветроударных местоположениях, где даже при сравнительно слабом ветре происходит перенос снега. Зима была сравнительно благоприятной, чего нельзя сказать про весну. Сильные ночные морозы держались до половины мая, днем же стояла ясная солнечная погода при довольно низкой температуре воздуха. Зимовавшие над поверхностью снега ветви испытывали сильное нагревание в дневные часы и охлаждение ночью. Снег, в который были погружены нижние части стволов, имел температуру от  $-6$  до  $-14^{\circ}$ , что исключало возможность поступления из них влаги. Испарение с поверхности хвои и ветвей, особенно с южной стороны, было очень значительным, так как температура ветвей, выдающихся над снегом, в дневные часы достигала  $+19^{\circ}$ . Температура древесины ветвей стланика, выступающих над снежным покровом, в полуденные часы значительно выше температуры окружающего воздуха даже в наиболее холодные месяцы года. Так, 30 января 1950 г., при температуре воздуха  $-13^{\circ}$  (в тени), температура древесины куста на высоте 0,5 м над поверхностью снега была с южной стороны  $-2,5$  и с северной  $-8^{\circ}$ .

Столь резкий контраст между температурой ветвей, выступающих над снегом, температурой воздуха и снега связан в значительной степени с увеличением рассеянной радиации за счет отражения от снежного покрова (Сапожникова, 1950).

Я не располагал оборудованием для замера температуры хвои. Судя по литературным данным, температура хвои на солнечной стороне может быть выше температуры воздуха

Таблица 3  
Изменение влажности ветвей и хвои (в процентах абсолютно сухого веса) стланика за зимне-весенний период 1946—1947 гг. по наблюдениям в окрестностях г. Магадана

	1946 г.						1947 г.										
	21 VII	8 VIII	6 X	13 X	4 I	31 I	10 II	15 II	4 III	18 III	30 III	6 IV	13 IV	2 V	Λ/2	Λ/2	*Λ/II
11-летние верхушечные ветви без хвои и прироста 1946 г.	Под снегом	—	—	—	104,5	—	—	98,5	—	101	—	100	—	—	102	—	—
	Над снегом	113	102,5	—	100	88	79	—	85	82	79	63—97	52—89	63—99	92	—	111
Прирост 1946 г. без хвои	Под снегом	—	—	—	—	—	—	105	—	109	—	—	—	106	137	—	—
	Над снегом	253	147	134	124	99	—	—	80	72	65	38—82	35—98	21—106	120	—	141
Однолетняя хвоя прироста 1946 г.	Под снегом	—	—	—	—	122	—	111	—	110	—	125	—	125	128	—	—
	Над снегом	—	124	119	122	—	94	—	78	77	69	29—76	30—78	25—52	123	—	131

\* Для определения влажности ветвей отбирались только хвоя, сохраняющая зеленую окраску. Последние два вертикальные столбца относятся к ветвям, зимованным под снегом и поливающимся за 1—2 дня до определения их влажности.

Таблица 4

## Влажность хвои и ветвей стланика в конце зимы

Дата отбора проб	Место отбора проб	Положение по отношению к снежному покрову	Внешний вид молодых ветвей	Внешний вид хвои	Влажность в % от абсолютно сухого веса	
					однолетние ветви без хвои	хвоя прироста последнего года
5. III 1950 г.	Невысокие куполообразные останцы выветривания между реками Каменушкой и Магаданкой близ Сахарной сопки.  Лежащая форма стланика.	Пробы отобраны с ветвей, плотно прижавшихся к почве и замурованных в снег	Без продольных морщин усыхания	Ярко-зеленая; сизый восковой налет хорошо выражен	125	122
					Снег переносится даже во время слабого ветра. Мощность снежного покрова от 0 до 10 см	Пробы отобраны с ветвей, выдававшихся на 5—10 см над снежным покровом

на 6—10° (Туманов, 1955). Хвоя почти всех кустов стланика, зимовавших над снегом, имела следы повреждения и приобрела желтоватую, а на южной стороне буроватую окраску. В дальнейшем было отмечено ее отмирание. При повреждении снеговой коррозией хвоинки отмирают сверху. В последнем же случае чаще наблюдается отмирание их снизу, т. е. с части, ближе расположенной к сильно нагреваемой ветви, которое отсюда распространяется вверх. Гибель хвои влечет за собой первоначально голодание, а затем и отмирание ветвей (см. табл. 5).

Касаясь причин отмирания стланика при его зимовке над снегом, мы должны отметить, что основную роль здесь (в условиях Охотского побережья) играет снеговая коррозия. Механическое повреждение покровных тканей вызывает уси-

Температура воздуха, снега и древесины стланика в окрестностях Магадана весной 1947 г. Таблица 5

Дата	Часы	Место наблюдения	Погода	Температура						стволовик стланика, погуженных в снег	стволовик стланика, возвышающийся над снегом		
				в тени	поверхности снега	снега на глубине, см						поверхности	в снегу
						10	25	50	75				
13/III	14-00	У основания восточного склона ( $L \approx 10^\circ$ )	Солнечная ясная	-3,5	-6,0	-14	-12	-	-	-	+6 на высоте 50 см над снегом		
14/III	14-00	Середина восточно-северо-восточного склона ( $L \approx 10-15^\circ$ )	Та же	-8,0	-6,0	-14	-13,5	-10,5	-7	-	+15 на высоте 20 см		
15/III	13-00	Южный склон ( $L \approx 15^\circ$ )	"	-5,5	-6,0	-12	-9	-6	-	-1	+12 на высоте 35 см		
6/IV	14-00	Восточно-северо-восточный склон ( $L \approx 20^\circ$ )	"	+4,5	+0,0	-	-4,5	-4,5	-	-4	+12 на высоте 50 см		
13/IV	14-00	Восточный склон ( $L \approx 20^\circ$ )	"	+1,0	+0,0	-4	-6,5	-5,5	-4,5	-3	+19 на высоте 40 см		
27/IV	14-00	То же ( $L \approx 15-20^\circ$ )	Облачная	+3,0	-	-3	-5	-4	-4	-3,5	+14 на высоте 50 см		
9/V	13-00	То же ( $L \approx 20^\circ$ )	Ясная	+2,0	-	-0,5	-0,5	-0,5	-	+0,0	+13 на высоте 50 см		

ленную потерю влаги, что при невозможности ее пополнения сильно увеличивает размеры повреждения. Коррадирующее влияние снега сказывается в основном на хвое. Хвоя, теряя влагу, сосет ее из ветвей. Возвышающиеся над снегом ветви покрываются продольными морщинами высыхания, так как влага из частей стволиков, погруженных в снег, имеющий низкую отрицательную температуру, не поступает. Пополнение влаги из погруженных в снег стволиков начинается лишь тогда, когда снег приобретает близкую к нулю температуру. Передвижение влаги сопровождается исчезновением морщин. Однако к этому времени некоторые ветви в результате сильного обезвоживания оказываются уже отмершими. Таким образом корразионные повреждения осложняются явлениями физиологической сухости.

Крайне неблагоприятные условия для зимовки ветвей, возвышающихся над снегом, часто создаются в весенний период в результате резких температурных колебаний. Попеременное замораживание и оттаивание сильно ослабляет протоплазму вследствие постоянных переходов от обезвоживания к насыщению водой, в результате чего морозоустойчивость понижается (Максимов, 1948). Хвоя при этом отмирает начиная с основания хвоинок, т. е. от частей, ближе расположенных к сильно нагревающимся ветвям, где особенно велики температурные скачки. Сильное нагревание в дневные часы значительно увеличивает вместе с тем и транспирационные потери. Так, по данным Л. А. Иванова, нагревание побегов сосны в январе—марте до  $+17-20^\circ$  всего в течение одного часа повышало в дальнейшем транспирационную способность хвои в 1,5—3 раза (Иванов, 1941, 1946). Из сопоставлений содержания влаги в стволиках стланика, зимовавших над и под снегом, приведенных ниже (см. табл. 8), видно, что уменьшение содержания влаги распространяется далеко вниз по стволу, возвышающемуся над снегом. Изучение распределения влаги по поперечному сечению подобных стволиков (см. табл. 9) показало, что наиболее резко содержание влаги падает в периферических слоях древесины. В центральных частях стволиков содержание влаги снижается значительно меньше. Объясняется это тем, что центральные части стволиков мало прогреваются в дневные часы, вследствие чего влага здесь находится в твердом состоянии и труднее мобилизуется. С другой стороны, как показали исследования Л. А. Иванова, вода в древесине хвойных передвигается преимущественно по тем нескольким последним годичным слоям (переходящим в молодые ветви, покрытые хвоей), к которым примыкают сосудистые пучки хвои. Горизонтально в стороны по окружности и радиусу вода распро-

страняется очень слабо (Иванов, 1936). По данным Н. П. Красулина (1941), некоторые виды кедровых сосен (*Pinus sibirica*, например) относятся к числу пород с несообщающимися годичными слоями и, следовательно, неприспособленных к проведению воды поперек трахеид. Древесина стланика в этом отношении не изучена.

В районе наших наблюдений основным бичом древесно-кустарниковой растительности является снеговая коррозия. Ветро-снеговой поток движется по поверхности снега и в непосредственной близости от нее (Рихтер, 1948), почему сильнее повреждаются кустарники. Подрост и всходы древесных пород появляются обычно в непосредственной близости и под защитой первого яруса растительности, где сила ветра значительно меньше.

Можно было предполагать, что и другие кустарниковые породы, так же как стланик страдающие от снеговой коррозии, должны выработать схожие биологические особенности, позволяющие им заселять открытые, подверженные действию ветра, пространства. Давно известно, что близкие жизненные формы могут возникать в далеких систематических группах (Серебряков, 1955; Культиасов, 1950). Наиболее сильно повреждаются кустарниковые виды берез. У *Betula Middendorffii*, *B. ovalifolia* и *B. exilis* приходилось неоднократно наблюдать повреждения почек. Почечные чешуи оказывались после сильных бурянов «протертыми» или даже совершенно уничтоженными с наветренной стороны, а зачатки листьев оголенными. Еще чаще наблюдались повреждения мужских сережек, которые в отдельных случаях оказывались разрушенными с наветренной стороны до самой оси. После вырубki леса у них, так же как и у стланика, начинается отмирание ортотропных ветвей и ветвей, направленных против ветра, и, следовательно, перестройка формы куста. На ветроударных местоположениях эти виды также имеют восходящие или даже стелющиеся побеги, направленные вершинками по ветру. Березка Миддендорфа на местоположениях, подверженных сильному влиянию ветра, дает две формы роста: одну с вертикальными, обильно ветвящимися ветвями, как бы подстриженными на уровне снежного покрова; другую с ветвями, лежащими на поверхности почвы и ползущими в направлении господствующего ветра. Последняя форма роста характерна для тощей березки.

Нужно указать, что полегание и перекрытие снегом полезно для кустарниковых видов берез и в другом отношении. Как известно, их почки и сережки являются основным зимним кормом тундровой и белой куропаток (Бобринский, 1951). В зарослях кустарниковых березок окрестностей Ма-

гадана неоднократно приходилось наблюдать их стайки, которые местами очень сильно оклевывали почки березок. По А. Н. Формозову (1946), большинство птиц может зимой питаться только тем кормом, который находится над снегом и хорошо виден. Частичное уничтожение и повреждение почек часто приводит, как это наблюдалось в окрестностях Магадана, к отмиранию всего куста, возвышающегося над снегом, по причине физиологической сухости, проявляющейся в ранневесенний период. Ветвь, возвышающаяся над снегом, усиленно теряет влагу через нарушенные покровные ткани, а из почвы и замерзших частей стволиков, погруженных в снег, влага не поступает.

Влияние тундровой куропатки на структуру сообществ тундры рассматривается и Б. А. Тихомировым (1955, 1956); по его данным, массы куропаток, поедая цветочные почки и верхушки ветвей кустарничков (*Dryas*, *Salix*), уменьшают тем самым их семенную продукцию и способствуют выработке определенных архитектурных форм.

Наблюдения в природе показали, что кустарниковые березки также способны активно пригибаться к земле с наступлением морозов. Наиболее ярко эта особенность выражена у стелющейся формы *Betula exilis*, растущей по широким безлесным долинам и по платообразным заболоченным участкам водораздельных гряд, т. е. на тех местоположениях, где сильно проявляется снеговая коррозия и откуда снег часто сметается почти нацело. Во время сильных морозов кустики тощей березки плотно прижимаются к поверхности почвы, тогда как в летнее время они возвышаются там на 15—25 см. Интересно в связи с этим сопоставить способность к движению у различных видов берез, растущих в окрестностях Магадана. Строение ветвей древовидных видов берез таково, что они опускаются при понижении температуры, хотя движения эти порой настолько незначительны, что не всегда даже улавливаются. Так, например, горизонтальные ветви древовидной *Betula lanata* длиной 120 см пригибались при понижении температуры до  $-17^{\circ}$  всего на 5,5 см. Восходящие ветви *B. Middendorffii* такой же длины пригибались на 12—24 см, а у стелющейся формы (*B. exilis*) ветви длиной 65—75 см при понижении температуры до  $-17^{\circ}$  пригибались на 22—25 см. Таким образом, здесь наблюдается усиление признака, оказавшегося полезным в новых условиях существования.

Эта жизненная форма имеет явное преимущество перед шпалерной, характерной, например, для видов ив, побеги которых прижаты к земле и летом. Стланик и березки, подни-

маясь с наступлением вегетационного периода, выносят свою ассимиляционную поверхность над развивающимся травянистым и кустарничковым ярусом, что является большим преимуществом в борьбе за свет. Мне казалось, что способность к полеганию должна быть выражена и у растущих в тех же условиях кустарниковой ольхи и карликовых ив. Кусты и наклонные ветви кустарниковой ольхи действительно способны слегка наклоняться с наступлением морозов, однако эта способность столь слабо выражена, что вряд ли может иметь существенное экологическое значение. Наблюдения в природе показали, что возвышающиеся над снегом ветки кустарниковой ольхи крайне редко страдают от снеговой корразии, так как их почки защищены очень крепкими смолистыми почечными чешуями. Здесь защита от неблагоприятных воздействий зимнего периода достигается иным путем. Что касается карликовых ив (*Salix arctica*, *S. berberifolia*), то у них движений не было обнаружено. Напомним, что у древесных и крупнокустарниковых представителей рода ив ветви поднимаются при понижении температуры. Возможно, что здесь отбор шел лишь по линии устранения этой вредной в данных условиях особенности.

Биологическое значение движения ветвей древесных пород до сих пор совершенно неясно. В. Н. Андреев (1928, 1949) высказывает предположение, что движение ветвей зимой, изменяя угол их отхождения от ствола, может способствовать соскальзыванию и сползанию снега с веток и тем освобождению крон деревьев от излишней нагрузки и снеголома. Возможно, однако, что эта особенность лишь коррелятивно связана с дифференциацией строения древесины верхней и нижней сторон ветвей и по существу бесполезна. Способность пригибаться к земле оказалась чрезвычайно полезной в суровых условиях северо-востока Азии. Она была подхвачена естественным отбором и развилась до того крайнего выражения, какое получила у стланика и у тощей березки. Данный случай — наглядный пример утилизации и усиления признака, ранее бывшего бесполезным. Способность к полеганию с наступлением морозов неразрывно связана со своеобразной формой роста — и та и другая развивались параллельно.

Можно думать, что при углубленном изучении экологии кустарников и кустарничков тундровой зоны и высокогорий будет обнаружено, что активное полегание, как защита от неблагоприятных условий зимнего периода, распространено значительно шире. В частности, оно, видимо, имеет место у стелющихся видов можжевельника. Оно наблюдалось мной, правда в слабо выраженной форме, у *Juniperus sibirica*. При-

гибание ветвей *Juniperus sabina* при наступлении морозов установлено В. Н. Андреевым (1949). Не исключено, что способность к активному пригибанию имеет место и у древесных пород, образующих альпийские криволесья. Так, например, А. Г. Долуханов (1956) отмечает, что для развития в субальпах бука и других древесных пород снежный покров необходим как защита от морозов и весенних заморозков. Большинство видов, образующих криволесье в субальпийской зоне, ниже дают прямоствольные леса (Кожевников, 1935; Долуханов, 1956). Особняком в этом отношении стоит эндемичная кавказская береза — *B. Medwedewii*. А. Г. Долуханов (1956), специально занимавшийся изучением ее экологии, отмечает, что более или менее прямоствольных деревьев этой березы ему наблюдать не приходилось. Чувствительная к заморозкам и зимним холодам береза Медведева может расти в субальпийской зоне только при наличии надежного и длительного снежного укрытия, стаивающего лишь к июню. Способность хотя бы к слабому активному пригибанию и к последующему поднятию была бы в данном случае очень полезной.

#### МЕХАНИЗМ ПОЛЕГАНИЯ СТЛАНИКА ПРИ НАСТУПЛЕНИИ МОРОЗОВ

Самой интересной экологической особенностью стланика является его способность к активному полеганию при наступлении морозов.

Первые наблюдения над полеганием стланика на Охотском побережье и на Камчатке были произведены в 1829 г. А. Эрманом, который отметил, что стволы стланика зимой прижаты к почве, как у ползучего кустарника, и совершенно скрываются под снегом, тогда как в теплое время года они поднимаются почти вертикально. Эрман наблюдал, что на склоне, с которого сошел снег, они значительно поднялись в течение нескольких дней. В другом месте он видел поднявшиеся кусты стланика, с которых еще капала вода от таящего снега (Erman, 1838). Эрман считал, что стланцевая форма роста определяется давлением снега. Поднятие стланика при таянии снега он, видимо, связывал с замечательной эластичностью стволиков стланика. Эрман, очевидно, считал, что стланик полегает на зиму под влиянием снежной нагрузки, т. е. так же, как это явление позднее объясняли Ир. Шеголев (1906), Б. Д. Зайков (1935) и Е. Гультен (Hulten, 1932). Таким же образом объясняют полегание и поднятие растущей в Альпах *Pinus montana*, которая, по Густицу (Hustich, 1953), экологически близка к кедровому

стланику. А. Кернер (1899) указывает, что снег настолько сильно давит на упругие ветви горной сосны, что даже самые макушки их касаются земли. Во время таяния снега покрытые им ветви постепенно разгружаются и в силу своей громадной упругости поднимаются, принимая прошлогоднее положение. Однако, видимо, и здесь имеют место активные движения, так как В. Н. Андреев (1949) наблюдал пригибание ветвей горной сосны при наступлении морозов и в связи со снеговой нагрузкой.

Почти одновременно с Эрманом (1838) опускание ветвей липы при наступлении морозов (вне связи со снеговой нагрузкой) отметил М. Рогер в Англии (Busgen, 1927). Позднее движение ветвей под влиянием колебания температуры наблюдали Каспари (Caspari, 1866), Н. И. Железнов (1868, 1872, 1874), Ганонг (Ganong, 1904), Траубридж (Trowbridge, 1916), М. Соколовский (Sokolowski, 1924), В. Н. Андреев (1928, 1949).

Что касается стланика, то полегание его при наступлении морозов наблюдали П. Н. Крылов (по В. О. Некрасовой, 1925), Л. Н. Тюлина (1936), Т. А. Работнов, Б. А. Тихомиров (1949). По материалам В. Б. Сочавы и А. Н. Лукичевой, полегание ветвей кедровника на зиму характерно, видимо, для всей области его распространения.

Каспари первым отметил, что ветви различных древесных пород по-разному реагируют на понижение температуры: у одних древесных пород они опускаются, у других поднимаются. М. Соколовский (1924) и В. Н. Андреев (1928) подразделяют в этом отношении все древесные породы на три группы: боковые ветви у одних видов опускаются, у других поднимаются и, наконец, у видов, принадлежащих к третьей группе, не обнаруживают никаких движений. Хотя полегание стланика на зиму и движение боковых ветвей были установлены более 100 лет назад, однако до сих пор нет единого взгляда на вызывающие их причины.

Первые авторы, наблюдавшие движение боковых ветвей [Каспари (по Trowbridge, 1916); Н. И. Железнов (1868, 1872, 1874)], также не смогли уяснить причины этого явления. Позднее для объяснения полегания стланика было предложено несколько гипотез. По мнению Л. Н. Тюлиной, которая наблюдала стланик в Анадырском крае, полегание его происходит из-за неодинакового промерзания разных сторон веток. Тюлина считает, что долинные формы стланика, имеющие форму деревца со слегка изогнутым стволом, достигающим 5—6 м, длина которого почти соответствует его высоте, не прилегают к земле от мороза в связи с равномерностью охлаждения при заморозках. Наоборот, особи, произрастаю-

щие в горных ассоциациях, имеют кустообразную форму, а длина кустов значительно превышает высоту. У этих экземпляров совершенно ясно выражена способность прижиматься к земле от низких температур, что Тюлина ставит в связь с неодинаковым охлаждением соков верхней и нижней частей ствола (Тюлина, 1936).

В. Н. Васильев в работе по оленьим пастбищам Анадырского края (1936) высказал предположение, что стланик полегает из-за ослабления тургора тканей вследствие потери влаги в первый морозный период, чему способствует к тому же нависающий снег. В более поздней работе В. Н. Васильев (1956) указывает, что полегание происходит, по всей вероятности, вследствие уменьшения тургора тканей от потери влаги в начале зимнего периода, когда испарение еще продолжается, а доступ влаги от корней уже прекратился.

Аналогичные взгляды для объяснения движения боковых ветвей древесных пород высказывались уже давно. Так, Ганонг (Ganong, 1904), наблюдая движение ветвей у ив и тополей, отметил, что при падении температуры, так же как и при высыхании ветвей, они поднимаются, и что, следовательно, движение ветвей зависит от изменения содержания влаги. Ганонг считает, что стланик даже в холодную зимнюю погоду испаряет влагу ветвями. Так как с понижением температуры сила осмотического поглощения падает быстрее, чем скорость транспирации, то тургор клеток падает, что вызывает такое же поднятие ветвей, как и при высыхании. Во время оттепелей запас влаги пополняется, что увеличивает тургор и опускание ветвей. С тургором клеток и с натяжением тканей связывает движение боковых ветвей Деревьев и М. Соколовский (1924), согласно которому существуют три типа распределения натяжений, совпадающие с тремя типами движений. Натяжения концентрируются в древесине. У большинства видов внутренняя часть древесины напряжена положительно, а внешняя отрицательно. У *Picea excelsa* имеет место обратное явление.

Соколовский устанавливает следующие три типа движений.

**Тип I.** Внутренняя часть древесины и сердцевина напряжены положительно, а внешняя древесина отрицательно, причем отрицательное натяжение верхней половины сильнее, чем нижней, что при более высоких температурах поднимает ветвь. Напротив, при падении температуры тургор и степень имbibции клеточных стенок падают и различия в натяжении обеих половинок выравниваются, что ведет к движению ветви вниз. Однако опускание ветви при падении температуры продолжается лишь до того момента, пока не замерзнет имbibционная вода. Тогда из клеточного тока образуется сиропообразная масса, которая дальнейшему замерзанию уже не подвергается.

**Тип II.** *Picea excelsa*. Распределение натяжений иное. Серцевина и внутренняя древесина напряжены отрицательно, а наружная древесина

положительно, причем положительные натяжения нижней половины сильнее, чем в верхней. Однако в результате происходят те же движения, как в типе I. При повышении температуры натяжения в нижней половине усиливаются и поднимают побег. При падении температуры и выравнивании различий в натяжениях ветвь опускается.

**Тип III.** *Salix, Ulmus, Quercus.* Сердцевина и внутренняя древесина напряжены положительно, а внешняя отрицательно, причем отрицательные напряжения на нижней половине сильнее, чем на верхней. При повышении температуры под действием более высоких натяжений ветвь опускается. При понижении температуры, следовательно при уменьшении тургора и набухания, различия в натяжении уменьшаются и ветвь поднимается.

Соколовский отмечает, что удовлетворительного объяснения причин различия в величине натяжений во внутренней и внешней древесине не найдено. Основываясь на исследованиях Эйхгольца и Штейнбринка, он принял, что это явление стоит в связи с различной величиной сокращения и разбухания волокон внутренней и внешней древесины. Соколовский думал установить это различие путем изучения направления пор. Если бы это предположение было правильным, то поры внутренней древесины ветвей должны были иметь более вертикальное, а внешние — более параллельное положение по отношению к длинной оси волокон. Как показали предпринятые Соколовским исследования, его предположение не подтвердилось.

Е. В. Будкевич и Б. А. Тихомиров (1939) указывают, что стволы—кусты кедрового стланика, расходящиеся из одного места по радиусам и располагающиеся наклонно к поверхности почвы, напоминают собой боковые ветви древесных пород. Авторы считают возможным перенести вывод В. Н. Андреева о том, что движения боковых ветвей древесных пород обуславливаются неодинаковым расширением воды и древесной массы, находящихся в различных количествах в верхней и нижней древесине, на объяснение пригибания ветвей и стволиков стланика. По их данным, это тем более вероятно, что по наблюдениям Л. Н. Тюлиной, долинная форма с вертикально направленными стволиками от мороза не пригибается. В более поздней работе Б. А. Тихомиров (1949) при общем описании экологических особенностей стланика для объяснения его полегания снова привлекает вышеприведенное мнение В. Н. Андреева, а ниже, при характеристике горной формы стланика, отмечает, что у нее ясно выступает способность прижиматься к земле от низких температур в связи с неодинаковым охлаждением соков в верхней и нижней частях ствола.

Г. Ф. Стариков и П. Н. Дьяконов (1954), описывая способность стланика полегать при первых морозах, отмечают,

что это свойство, вероятнее всего, зависит от неодинакового расширения воды и древесной массы.

Для выяснения действительной причины полегания стланика мною проводились наблюдения в природе и наблюдения за движением ветвей, изолированных от корня и закрепленных на щите. В последнем случае ветви были помещены в неотапливаемое помещение и защищены от прямых солнечных лучей и резких колебаний температуры. Периодически щит с закрепленными на нем ветвями вносился в теплое помещение для наблюдений за реакцией ветвей на колебания в области положительных температур. Движения верхушек ветвей, закрепленных на щите, за 3½ месяца наблюдений отображены на рис. 1. На рис. 2 помещены наблюдения за движениями ветвей при быстрой смене отрицательной и положительной температур. Как было установлено, ветви не реагируют на колебания положительных температур. Движение их начинается только с момента частичного замерзания воды, содержащейся в древесине. На это обстоятельство впервые обратил внимание Траубридж, экспериментировавший над липой, по данным которого ветвь липы начинает опускаться только при падении температуры ниже точки замерзания воды. При 0° и при 21° ветви занимали примерно одинаковое положение. Траубридж отмечает, что та же связь между движениями ветвей и температурой выступает и при рассмотрении графиков, приложенных к работе Каспари. Ветви других древесных пород так же, как и липы, начинают обнаруживать движения только при снижении температуры ниже 0° (Траубридж, 1916). По моим наблюдениям, наиболее значительные движения возникают при отрицательной температуре, близкой к 0°; при дальнейшем понижении температуры их величина все более и более уменьшается. Величины пригибания ветвей стланика при падении температуры на 1° или поднятия при повышении на 1° в различных пределах температуры помещены в табл. 6, из рассмотрения которой видно, что при понижении температуры эти движения имеют затухающий характер.

Далее мною была предпринята попытка определить величину пригибания отдельно для тяговой и креновой половинок ветви. Для этого ветви расщеплялись вдоль по диаметру, отделяющему тяговую древесину от креновой. Оказалось, что креновая половина ветви дает более сильный изгиб, чем тяговая. Ввиду этого половинки ветви на морозе расходятся. При внесении в тепло они поднимаются и опять сходятся. Еще больше расходятся половинки ветви при высыхании. Креновая половина дает при этом значительно больший изгиб вназад. Было замечено, что если ветвь расщепить вдоль на

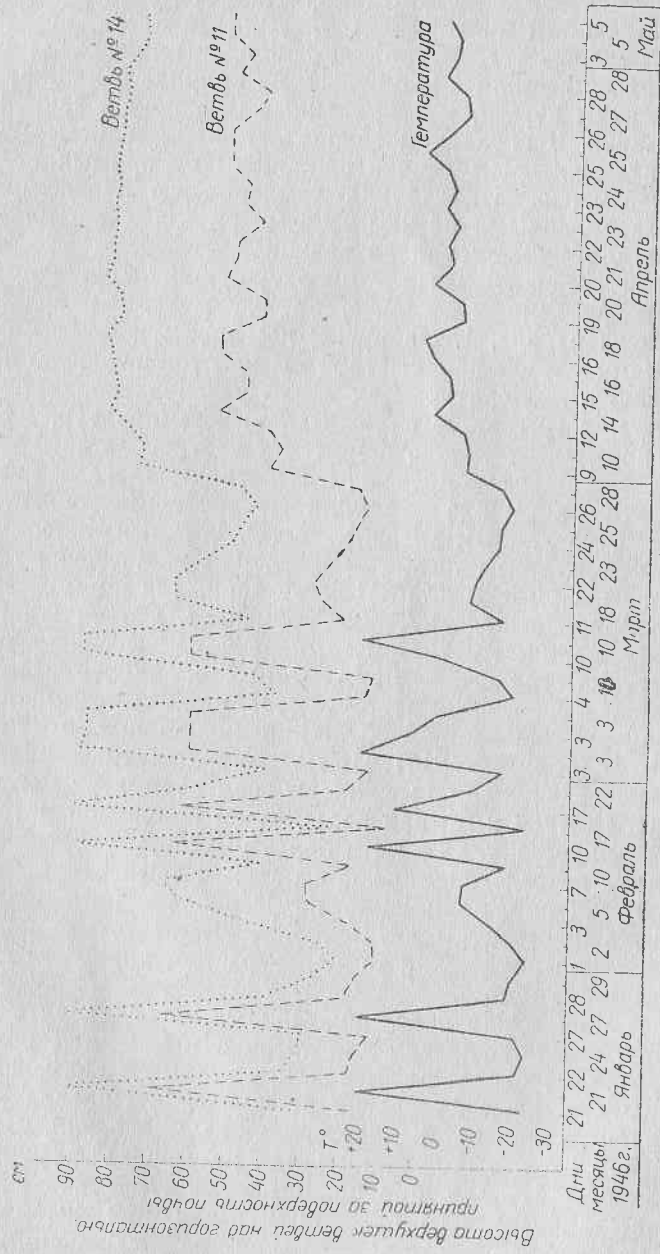


Рис. 1. Движения ветвей стланка под влиянием температурных колебаний. Ветви изолированы от корня и закреплены на шпите в естественном положении. Длина ветви № 14 — 140 см, ветви № 11 — 137 см

несколько частей и заморозить, то части ветви имеют различную длину. При их соединении оказывается, что наибольшую длину имеет полоска, вырезанная из периферической части тигровой древесины, наименьшую — полоска, вырезанная из периферической части креновой древесины. Оказалось также, что уменьшение длины, по крайней мере креновой древесины,

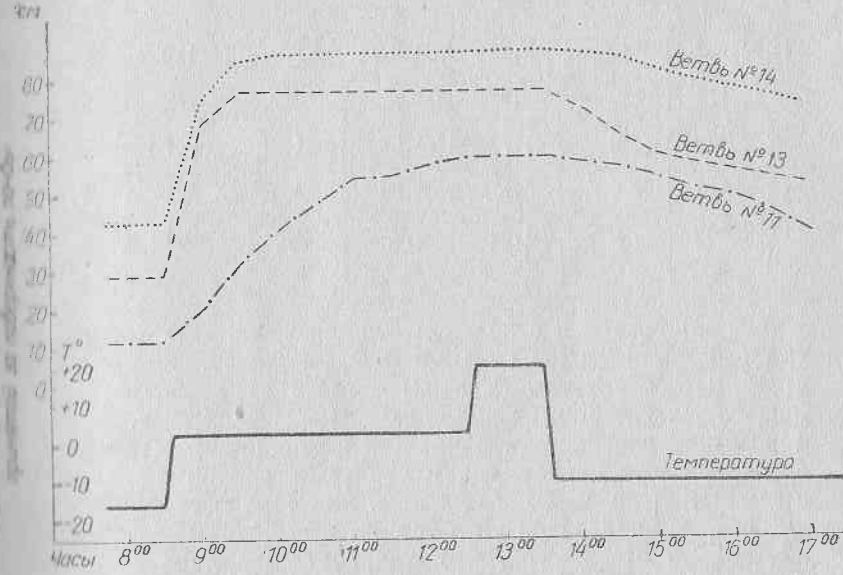


Рис. 2. Движения ветвей стланка при быстрой смене отрицательной и положительной температур. При повышении температуры от  $-16$  до  $+2^\circ$  ветви сильно поднялись. Повышение температуры с  $+2$  до  $+20^\circ$  дальнейшим поднятием ветвей не сопровождалось

достаточно значительно, что может быть замерено. Обращает внимание еще одно обстоятельство, а именно постепенное слабое пригибание ветвей, не зависящее от температуры. Сравнение положения вершин ветвей при положительных температурах (рис. 1) показывает, что за  $3\frac{1}{2}$  месяца наблюдений ветвь № 11 пригнулась на 17 см, а ветвь № 14 — на 10 см. Аналогичное явление наблюдалось и у всех остальных ветвей. Возникло предположение, что постепенное слабое пригибание связано с потерей влаги. Для проверки его мной было организовано наблюдение за движением ветвей, очищенных от коры и потерявших различный процент влаги. Оказалось, что ветви пригибаются вниз не только под влиянием низких температур, но и от уменьшения содержания влаги. Это подтвердилось и наблюдениями в природе. Характерной осо-



Таблица  
Величина движения ветвей стланика при различной температуре

№ ветви	Длина ветви, см	Движения вершин ветвей при изменении температуры на 1°, см						
		+25 +0°	+0 -5	-5 -10	-10 -15	-15 -20	-20 -25°	
11	137	0	5,2	3,8	1,2	1,0	0,6	
1	112	0	6,6	1,6	—	—	—	
3	120	0	1,73	1,67	1,67	0,7	—	
13	115	0	5,5	3,06	2,6	2,13	2,03	
14	140	0	4,53	3,2	3,0	3,13	2,54	

бенностью ветвей и стволиков стланика является то, что они при высыхании дают сильные изгибы книзу, которые свойственны как нижним боковым ветвям, отмершим от затенения, так и отмершим вершинам еще живых кустов. Наиболее ярко эта особенность проявляется на пожарницах, где все отмершие кусты нагибаются и зачастую плотно прижимаются к земле или по всей своей длине, или только сильно изогнувшись верхушкой. При этом вершинки и боковые ветви иногда так сильно изгибаются, что образуют замкнутое кольцо или даже спираль, имеющую полтора оборота.

Может быть, из аналогичных наблюдений у В. Н. Васильева возникла мысль о связи между зимним полеганием стланика и потерей им влаги в первый морозный период. Однако, как видели выше, полегание стланика не связано с уменьшением общего содержания влаги и происходит сразу при падении температуры. Наблюдения над отмершими и высохшими кустами показывают, что дело здесь не в тургор тканей. Ветви, закрепленные на щите нижней стороной сверху как при замерзании, так и при высыхании поднимаются. Характер изгибов при высыхании (закручивание вершинок стволиков и боковых ветвей в виде кольца или спирали) свидетельствует о том, что при высыхании возникают напряжения приводящие к изгибам и закручиванию ветвей. Эти напряжения являются следствием различной по величине усушки древесины верхней и нижней сторон ветвей. Выяснилось, что с уменьшением содержания влаги уменьшается и амплитуда движений под действием отрицательных температур. При па-

дении содержания влаги до 25—26% (от абсолютно сухого веса) ветви перестают реагировать на температурные колебания (при охлаждении до -25°). Относящиеся сюда наблюдения приведены в табл. 7.

Таблица 7

Пригибание ветвей кедрового стланика при потере влаги и при замерзании (в см)

Измеряемые величины	Длина ветви, см	Влажность древесных ветвей в % абсолютно сухого веса							
		80	70	60	50	40	30	20	10
Пригибание верхушки ветви при ее высыхании									
Изгиб — следствие неравномерной усушки верхушек и нижней древесины)	80	0	0	4	14	27	54	91	141
	80	0	0	7	22	40	65	102	153
Пригибание верхушки ветви при ее охлаждении до -25°	80	42	44	44	36	28	8	0	0
	80	—	55	52	41	27	13	0	0

Ветви стланика, доведенные до воздушносухого состояния, работают как своеобразные гигрометры. Они очень тонко реагируют на малейшие изменения влажности воздуха, изгибаясь книзу при ее уменьшении и поднимаясь при увеличении. Наблюдения за движениями воздушносухой ветви стланика (рис. 3) показали, что они зависят только от изменения гигроскопической влажности ветви, что в свою очередь связано с колебанием влажности воздуха. Даже крайне ничтожное изменение влажности ветви сопровождается ее движением. Колебания температуры на направлении движения ветви не отражаются. Если температура и может играть роль, то только косвенную, так как величина равновесной влажности древесины зависит отчасти и от температуры. Однако влияние температуры здесь настолько незначительно, что оно совершенно не выявляется на графике.

Аналогичные движения, связанные с изменением содержания гигроскопической влаги, установлены для ели, пихты и некоторых других древесных пород (Иванов, 1936; Spurr and Nyvärinen, 1954a).

Наблюдения В. Н. Андреева за движением ветвей при положительной температуре были поставлены так, что при этом не исключено было изменение содержания в них влаги (обогрев паром до  $+70^\circ$  и сухим воздухом до  $+60^\circ$ ). Следовательно, они могли быть гигроскопическими, а не зависящими от температуры. Отмеченные им движения ветвей при пол-

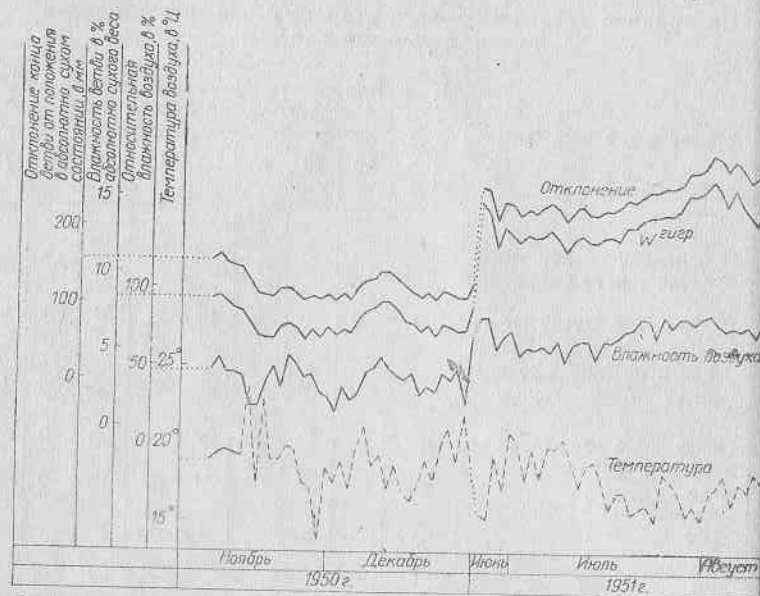


Рис. 3. Движения воздушносухой ветви стланика при изменении относительной влажности воздуха. Движения тесно связаны с изменением влажности ветви и не зависят от колебания температуры. Длина ветви 40 см, диаметр 10—15 мм.

жительной температуре в природе, возможно, также были связаны с изменением содержания влаги и, как следствие этого, веса ветвей. Движения ветвей, связанные с изменением их веса, давно отмечены Миллер-Христи (Miller-Christy, 1898). Могли здесь играть роль и когезионные явления.

На основании приведенного фактического материала проанализируем объяснения механизма полегания стланика, данные различными авторами. Как указывалось выше, Л. Н. Тюлина считает, что кусты стланика полегают под влиянием неравномерного промерзания разных сторон ветвей. По ее наблюдениям, долинные формы стланика, имеющие формы деревца со слегка изогнутым стволом, не пригибаются к земле от мороза в связи с равномерностью охлаждения при заморозках (Тюлина, 1936). Однако, по моим наблюдениям, ствол

стланика, лежащие на поверхности почвы, часто на протяжении нескольких метров, также не дают изгибов при заморозании, хотя они находятся в наиболее подходящих условиях для неравномерного охлаждения. Наблюдения за движением ветвей, закрепленных на щите и помещенных в неотапливаемое помещение, где они были защищены от неравномерного нагревания и охлаждения, также не подтверждают взгляда Л. Н. Тюлиной. Ветви пригибались и при весьма медленном и равномерном охлаждении.

Не может быть принято и объяснение В. Н. Васильева (1936, 1956), что ветви стланика склоняются вниз под влиянием ослабления тургора тканей вместе с потерей влаги в первый морозный период. Наблюдения за движениями ветвей, полированных от корня и закрепленных на щите, свидетельствуют о том, что полегание и поднятие не связаны с изменением общего содержания влаги. В данном случае происходит только перераспределение влаги, уменьшение ее содержания клеточных оболочках и увеличение в полостях клеток и клетчатниках. Ветви, закрепленные на щите верхней стороной вниз, поднимаются при понижении температуры. Следовательно, движения эти не связаны с падением тургора тканей. Наблюдения за сезонными изменениями влажности ветвей стланика также не подтверждают этого взгляда. Влажность ветвей, несколько более высокая в течение вегетационного периода, падает до 100—102% к первым числам августа (т. е. прямо до его полегания) и у ветвей, зимующих под снегом, падает на этом уровне до первых чисел мая, когда содержание влаги снова увеличивается. У ветвей, зимующих над поверхностью снежного покрова, влажность (у 11-летних растений ветвей) часто падает к началу весны до 50%, и тем не менее это не вызывает их полегания. Как показали определения (табл. 8 и 9), влажность пригнувшихся и перекрытых снегом стволиков стланика выше влажности стволиков, возвышающихся над снежным покровом. Как увидим ниже, движения стволиков, связанные с потерей влаги, начинаются только после падения ее ниже точки насыщения волокна (для стланика 35%). Следует к тому же отметить, что при замерзании пригибаются не только живые, но и совершенно мертвые (намерзшие) ветви, тургор же имеет место только в живых тканях. Здесь интересно привести мнение Л. Йоста, изложенное в реферате указанной выше работы Ганонга. Отмечая, что, по мнению Ганонга, приток воды вызывает повышение тургора и распрямление ветви, Йост сомневается в том, что неравновесный тургор может играть в этом отношении какую-нибудь роль (Jost, 1905). В том же смысле высказались Ганнинг (Hanning, 1908) и В. Н. Андреев (1928, 1949).

Изменение объемного веса и влажности древесины вдоль стволика стланика

Число годовичных колец на отобранном участке	Древесина	Ветвь 1 поднималась под углом 50°. Проба отобрана I-X 1947 г. до выпадения снега		Ветвь 2 пригнута и лежала под снегом почти горизонтально. Проба отобрана 2.III 1947 г.		Ветвь 3 выдалась из снега на 1,5 м. — 12° поднималась углом 40°. Проба отобрана 9.III 1947 г.	
		объемный вес, г/см³	влажность, %	объемный вес, г/см³	влажность, %	объемный вес, г/см³	влажность, %
10	Тяговая . .	0,445	129	0,528	111	0,600	79
	Кренивая . .	0,533	111	0,520	106	0,590	65
20	Тяговая . .	0,508	123	0,487	119	0,637	63
	Кренивая . .	0,569	106	0,572	89	0,673	61
30	Тяговая . .	0,488	104	0,512	102	0,613	52
	Кренивая . .	0,643	86	0,629	77	0,721	50
40	Тяговая . .	0,523	98	0,552	91	0,591	50
	Кренивая . .	0,648	78	0,779	56	0,798	44
50	Тяговая . .	0,502	111	0,533	114	0,603	50
	Кренивая . .	0,668	73	0,771	64	0,840	44

Не соглашается с объяснением В. Н. Васильева и В. Б. Чава, считая, что причина полегания стланика с наступлением мороза не исследована.

Движения ветвей действительно могут происходить под влиянием потери влаги. Давно установлено, что при усиленной транспирации, когда потери воды не возмещаются полностью поступлением ее из почвы, в сосудах создается отрицательное давление, в результате которого просветы сосудов трахеид сокращаются, что приводит к уменьшению диаметра ствола. Уменьшение просвета сосудов было установлено В. Б. Фридрихом, Мак-Деголом и другими авторами (Büsgen, 1919; Максимов, 1948; Иванов, 1936; Раскатов, 1954; Рязанский, 1950). Так, например, наблюдения, проведенные над *Picea radiata* и *Sequoia sempervirens*, показали, что все факторы, влияющие на величину транспирации и, следовательно, на отношение между количеством поступающей и испаряющей

Распределение влаги по поперечному сечению стволиков стланика, погибших и зимовавших под снегом и выдававшихся над снегом

	№ ветвей	Дата отбора проб					
		Температура воздуха					
		Ветви перекрыты снегом			Ветви возвышались над снегом		
		1	2	3	1	2	3
		26.II 1947 г.	2.III 1947 г.	22.III 1947 г.	9.III 1947 г.	6.IV 1947 г.	6.IV 1947 г.
		-10°	-15	-9	-12	+4,5	+4,5
		Ветви перекрыты снегом			Ветви возвышались над снегом		
Годичные кольца, считая от центра	Стволик лежал под снегом, возвышались лишь кончики ветвей	Стволик и ветви были полностью перекрыты снегом	Стволик вместе с ветвями был открыт метровой толщей снега	Стволик возвышался на 1,5 м над снегом	Стволик и ветви слегка возвышались над снегом	Стволик возвышался над снегом на 2 м. Вершина его отсохла	
46—55	138	145	136	74	—	—	
36—45	123	123	96	65	78	57	
26—35	115	130	68	40	50	42	
16—25	57	117	62	44	57	36	
6—15	50	58	54	55	46	38	
0—5	53	54	56	56	45	40	
0—5	53	48	59	55	43	42	
6—15	50	46	51	48	42	45	
16—25	46	42	51	44	37	42	
26—35	70	45	43	40	38	40	
36—45	62	46	53	39	47*	43	
46—55	76	53	65	48	—	—	

\* Возраст двух последних участков ветвей не превышал 45 лет.

влаги, вызывают одновременно и изменение диаметра ствола, которые увеличиваются с наступлением дождливой и влажной погоды и, наоборот, уменьшаются с наступлением сухой, особенно же при сухой и одновременно ветреной погоде (Haas, 1933). Установлены также суточные и сезонные колебания диаметра стволов, зависящие от изменения водного баланса (Haasis, 1932). При длительной засухе сокращение ствола может быть столь значительным, что приводит к возникновению трещин (Hitzrisse). Образование подобных трещин, которые снова смыкались при наступлении влажной погоды, было отмечено у ели (Büsgen, 1927; Edlin and Nimmo, 1955).

Мюнх, излагая наблюдения над движениями ветвей при падении температуры, пишет, что, вероятно, эти движения имеют ту же причину, что и суточные колебания диаметра дерева, именно уменьшение содержания имбибиционной влаги в древесине под влиянием когезионного натяжения (Büsgen, 1927). Таким образом, изменение содержания влаги в живых стеблях и ветвях сопровождается деформацией древесины и может вызвать соответствующие движения ветвей. Подобные движения, именно опускание ветвей при засухе и поднятие при наступлении влажной погоды, были установлены для ели (Grossenbacher, 1913). Считается, что вода, пропитывающая клеточные стенки, если и играет, то крайне незначительную роль в проведении транспирационного тока (Stiles, 1955; Lundegardh, 1955). Однако при крайнем дефиците влаги, видимо, может потребляться и часть воды, заключенной в клеточных оболочках. Только в этом случае, т. е. при падении влажности клеточных стенок ниже точки насыщения волокон, могут происходить сокращения стенок клеток и связанные с ними движения.

Интересно попутно отметить, что карликовые и стланиковые формы роста некоторые авторы связывают с падением тургора в побегах. Так, Родс, а вслед за ним Г. Г. Петров (1925) согласно считают, что побеги искривляются под влиянием падения тургора во время морозов, вследствие чего опускаются вниз, а затем, при восстановлении тургора и роста, поднимаются в растущей части снова вверх. Ветер, повышая испарение, содействует образованию таких искривлений (Петров, 1925). По Даубенмайру, растения, развивающиеся под влиянием иссушающих ветров, никогда не достигают той степени обводненности, а соответственно и тургора, который делает возможным увеличение растущих клеток до нормального размера. В результате растения имеют карликовые размеры, хотя и необязательно изуродованы (т. е. приобретают шпалерную или стланиковую форму). Карликовость, связанная с влиянием ветра, может, по его мнению, возникнуть

только под влиянием ветров, дующих во время периода роста, растяжения клеток (Daubenmire, 1947).

Что касается причины, вызывающей стланиковую форму роста у кедровника, то механизм полегания его совершенно иной и сама форма роста не связана с падением тургора во время морозного периода или во время периода роста клеток. По мнению В. Н. Андреева, которое разделяется Б. А. Тимокиным, Е. П. Будкевич, Г. Ф. Стариковым и П. Н. Дьяконовым, эти движения обусловлены неодинаковым расширением воды и древесной массы, находящихся в разных количествах в древесине верхней и нижней сторон ветвей. Обосновать подобный взгляд безуспешно пытался еще Н. И. Железнов (1868, 1872, 1874). Имеющийся в моем распоряжении материал свидетельствует о полной несостоятельности этого объяснения. Если бы движения зависели от неодинакового термического расширения воды и древесной массы, то ветви кедровника реагировали бы на температурные колебания не только в пределах отрицательных, но и в пределах положительных температур, чего не наблюдается. Коэффициент линейного температурного расширения древесины различен в разных направлениях. Он меньше всего в направлении волокон и больше всего в тангентальном направлении.

Коэффициент линейного расширения древесины вдоль волокон, по С. И. Ванину (1940) и «Справочнику машиностроения», т. 2 (1953), таков:

Дуб . . . . .	0,0000049 ( $4,9 \cdot 10^{-6}$ )
Сосна . . . . .	0,0000054 ( $5,4 \cdot 10^{-6}$ )
Ель . . . . .	0,0000054 ( $5,4 \cdot 10^{-6}$ )
Лица . . . . .	0,0000054 ( $5,4 \cdot 10^{-6}$ )

Температурное расширение воды весьма своеобразно. Оно меньше всего между 0 и  $+4^\circ$  и увеличивается как при понижении, так и при повышении температуры. Разница между линейным расширением древесины и воды больше при низких и высоких температурах и значительно меньше между 0 и  $+4^\circ$  (табл. 10). Если бы движения ветвей зависели от неодинакового термического расширения верхней и нижней древесины, то наибольшей величины (на каждый градус температуры) они должны были бы достигать при наибольших отрицательных и особенно при наибольших положительных температурах, затухая с приближением к  $+4^\circ$ . На самом же деле между изменением температуры и размером движений наблюдается совершенно обратное отношение. При положительных температурах, даже при нагревании до  $+50^\circ$  (т. е. между 0 и  $+50^\circ$ ), ветви не реагируют движениями на температурные колебания (в том случае, если при этом не изменяется содер-

Таблица  
Величина термического расширения воды и древесины вдоль волокон

Пределы температуры, °C		Коэффициент			Во сколько раз термическое расширение воды превышает расширение древесины
		объемного расширения воды, $\alpha \cdot 10^5$	линейного расширения воды, $\beta \cdot 10^5$	линейного расширения древесины вдоль волокон, $\gamma \cdot 10^5$	
-5	-10	22,0	7,3	0,5	15
±0	-5	12,0	4,0	0,5	8
±0	+4	4,2	1,4	0,5	3
+5	+10	5,3	1,8	0,5	4
+10	+20	15,0	5,0	0,5	10
+20	+40	30,2	10,07	0,5	20
+40	+60	45,8*	15,27	0,5	31

\* В. И. Перельман (1955); „Справочник химика“, 1 (1951); А. И. Бачинский и В. В. Путилов (1951).

жание влаги). Движение начинается только при замерзании ветвей, причем амплитуда движений, как видно из табл. уменьшается с понижением температуры. Следует отметить, что ветви, перенесенные с мороза в теплое помещение, поднимались до того положения, которое они занимали при +20°C, имея нулевую температуру, о чем можно было судить и потому, что поверхность их была покрыта инеем, образовавшимся из-за осаждения паров воды на холодной поверхности ветвей.

О том, что движение ветвей начинается только при замерзании, свидетельствует и следующий опыт. Если ветви стланика пропитать раствором сахара, имеющим близкое к водному температурное расширение, то пригибание их начинается при той отрицательной температуре, при которой замерзает данный раствор. На рис. 4 нанесена величина пригибания ветви стланика при ее длительном охлаждении до различной температуры. Верхняя кривая представляет движение ветви, намоченной в воде, нижняя — движения той же ветви, намоченной в двухмолярном растворе тростникового сахара. Молекулярное понижение температуры замерзания 2 М раствора сахара составляет 1,90 (Справочник химика, т. II

1952). Следовательно, образование льда в 2 М растворе сахара должно начинаться при  $-3^{\circ},8$ . Заметные же движения начинаются при еще более низкой температуре. Если в первом случае ветвь начинала пригибаться при отрицательной температуре, близкой к  $0^{\circ}$ , то во втором пригибание началось лишь после охлаждения ниже  $-5^{\circ}$ . При вымачивании в

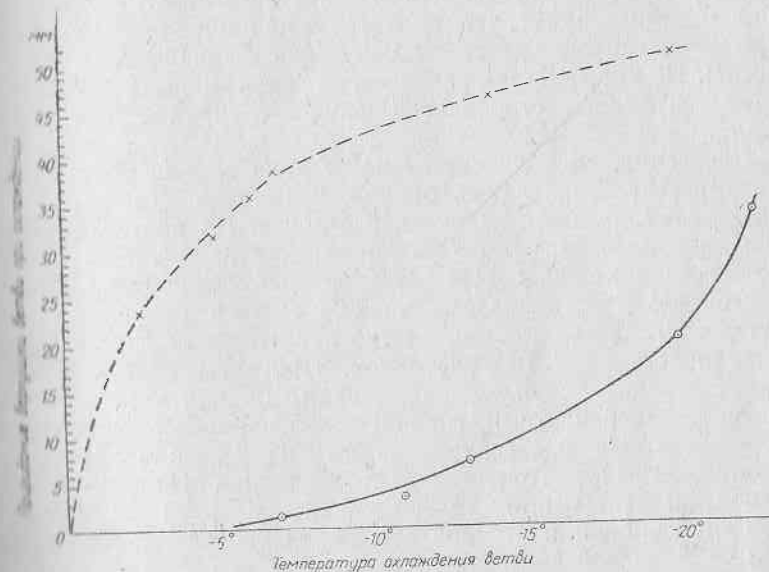


Рис. 4. Зависимость движения ветви от образования льда и связанного с ним частичного обезвоживания стенок трахеид.

Верхняя кривая представляет движения ветви, намоченной в воде, нижняя — движения той же ветви, намоченной в двухмолярном растворе сахара. Вместе с понижением температуры замерзания снизилась и температура, при которой начинается движение ветви

воде и удалении сахара ветвь начинала склоняться снова при отрицательной температуре, близкой к  $0^{\circ}$ . Отметим попутно, что все выводы и расчеты В. Н. Андреева построены на сохранении содержания общей влаги в древесине верхней и нижней половин ветвей, хотя он и отмечает, что на движение ветвей оказывает влияние лишь имбибиционная влага, заключенная в клеточных оболочках. В древесине стланика общей влаги больше в верхней древесине, имбибиционной же — в нижней. Если принять точку зрения В. Н. Андреева, то направление движений ветвей должно было бы быть у стланика прямо противоположным. Здесь интересно также привести мнение Гроссенбахера (Grossenbacher, 1913), который пишет, что во всяком случае кажется более обещающим искать при-

чины движений в различном анатомическом строении верхней и нижней сторон ветвей, чем изучать содержание в них влаги.

Для выяснения механизма движения ветвей пришлось обратиться к изучению анатомии и физических свойств древесины кедрового стланика. Хотя анатомии стланика посвящена специальная статья Е. В. Будкевич и Б. А. Тихомирова (1939) и строение древесины описывается в новой сводке Грегуса (Greguss, 1955), тем не менее я не нашел здесь никаких сведений, которые могли бы быть использованы для данной работы. Не упоминается здесь и о дифференциации древесины верхней и нижней сторон стволиков, с которой связаны движения.

Древесина, расположенная на стороне ветвей, обращенной книзу, имеет красноватый оттенок и гораздо тверже древесины, расположенной на верхней стороне. По анатомическому строению древесины верхней и нижней сторон ветвей сильно различаются между собой. На верхней стороне древесина («тяговая») построена из тонкостенных широкопросветных угловатых клеток, плотно прилегающих друг к другу, почти не оставляя межклетников. Просветы клеток в 2—3 раза шире двойной клеточной стенки. Границы между осенней и весенней частями годичных колец резкие. На нижней стороне ветвей древесина состоит из толстостенных узкопросветных клеток округлых очертаний. Полости клеток узкие, они равны или только в полтора раза превышают толщину двойной клеточной стенки. Строение клеток «тяговой»<sup>1</sup> и креновой древесины изображено на рис. 5. Древесина на нижней стороне ветвей весьма близка по строению к креновой древесине ели и других хвойных пород (Ванин, 1940; Jасquipot, 1955). Как и следовало ожидать, древесина верхней стороны ветвей имеет несравненно меньший объемный

<sup>1</sup> В русской литературе тяговой принято называть древесину верхней, а креновой — древесину нижней стороны ветвей (Раздорский, 1955; Иванов, 1935, 1936; Андреев, 1928). Следует, однако, отметить, что у стланика, как и у других хвойных, имеется лишь креновая древесина. Настоящая тяговая древесина развивается у лиственных пород на верхней стороне ветвей и наклоненных стволов. В отличие от «тяговой» древесины стланика она характеризуется высокой продольной усушкой (Desch, 1947). Древесина верхней стороны стволиков стланика называется мной тяговой условно за отсутствием более подходящего термина. Мюнх называет подобную древесину веточной «Astholz» (Münch, 1938a). Отличительной особенностью этой древесины является почти нулевая продольная усушка. При исследовании свойств тяговой древесины лиственных пород найдено, что она по ее необыкновенно высокому продольному сокращению при высыхании напоминает креновую древесину (Clarke, 1939; Hartmann, 1942; Desch, 1947; Перельгин, 1949; Terrell, 1953). Так что в этом отношении неправ А. И. Кузнецов, указывающий, что в противоположность креновой древесине клетки тяговой древесины под действием воды укорачиваются и утолщаются (Кузнецов, 1950).

вес. Это распространяется как на тонкие ветви, так и на стволики. Общая влажность древесины, расположенной на верхней стороне ветвей, значительно выше, чем влажность древесины нижней стороны ветвей (рис. 6). Годичные слои

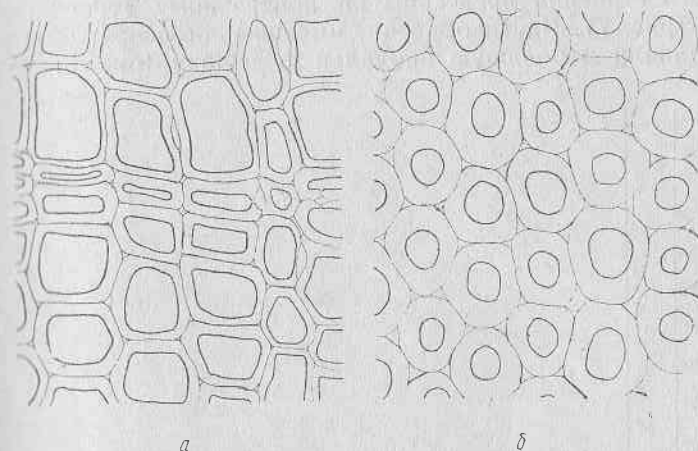


Рис. 5. Поперечный разрез тяговой и креновой древесины стланика:

а — клетки тяговой древесины на контакте годичных колец; б — клетки креновой древесины из середины годичного кольца. Увеличение  $\times 225$

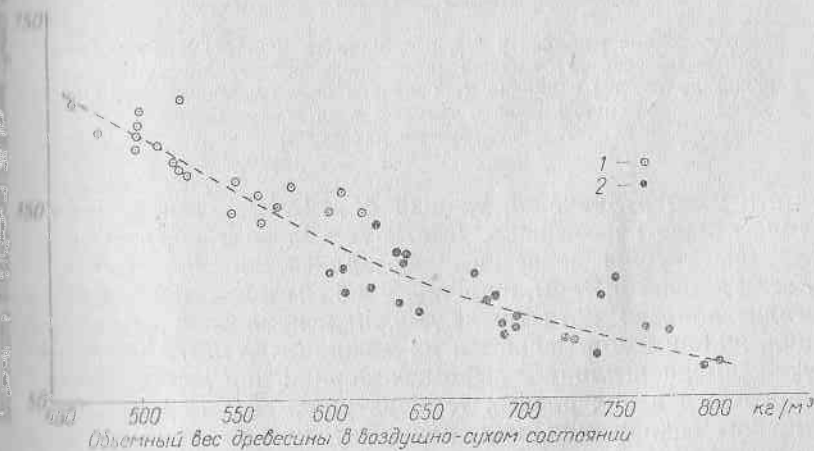


Рис. 6. Зависимость между объемным весом и влажностью тяговой и креновой древесины стланика по определению 15.IX 1946 г.:

1 — тяговая; 2 — креновая древесина

с нижней стороны значительно шире, чем с верхней, и центр древесины обычно отжат кверху. Стволики имеют эксцентрическое строение. Все образцы древесины при сушке давали искривление книзу ввиду неравномерной усушки из-за различного строения древесины по поперечному сечению стволика (рис. 7). Части образца, имевшие больший объемный вес, давали и большую продольную усушку (рис. 8). Ввиду

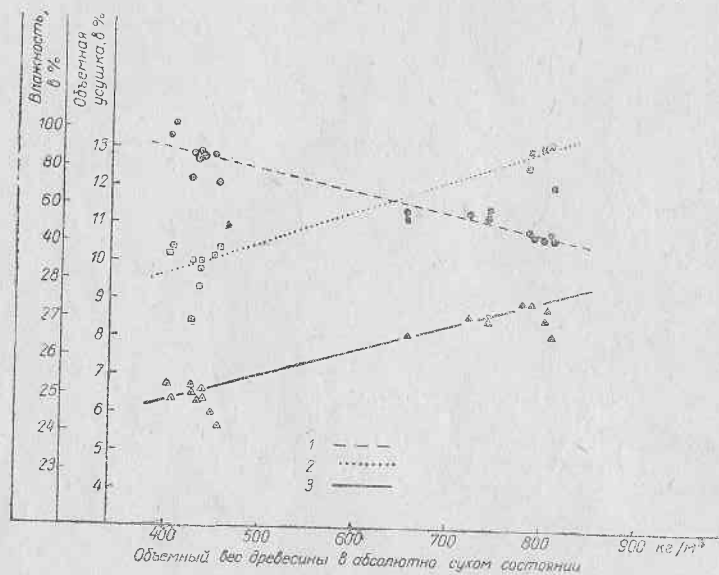


Рис. 7. Общая влажность (1), объемная усушка (2) и гигроскопическая влажность (3) тяговой (обозначена белыми значками) и креновой древесины стланика (обозначена черными значками). Общая влажность выше у тяговой, а гигроскопическая — у креновой древесины

этого размер линейной усушки определить стандартным методом было невозможно. Для изучения объемного веса и величины усушки древесины вырезались длинные тонкие полоски длиной в 20 см, шириной в 4,5 мм и толщиной в 1,5 мм. Такие полоски хотя также давали искривления при высыхании, но они были меньше и их можно было легко распрямить для замера в длину в сыром состоянии при любом содержании влаги и при разных температурах. Для определения величины сокращения под влиянием низких температур эти полоски выдерживались на морозе в течение нескольких часов. Затем замерялись температура воздуха и их длина, и они вносились в лабораторию, где снова замерялись для опре-

деления происшедшего увеличения длины и взвешивались на аналитических весах для вычисления содержания влаги. Затем определялись вес и объем в абсолютно сухом состоянии. При этом выявилась определенная положительная корреляция между объемным весом древесины и величиной усушки и сокращения под действием отрицательных темпера-

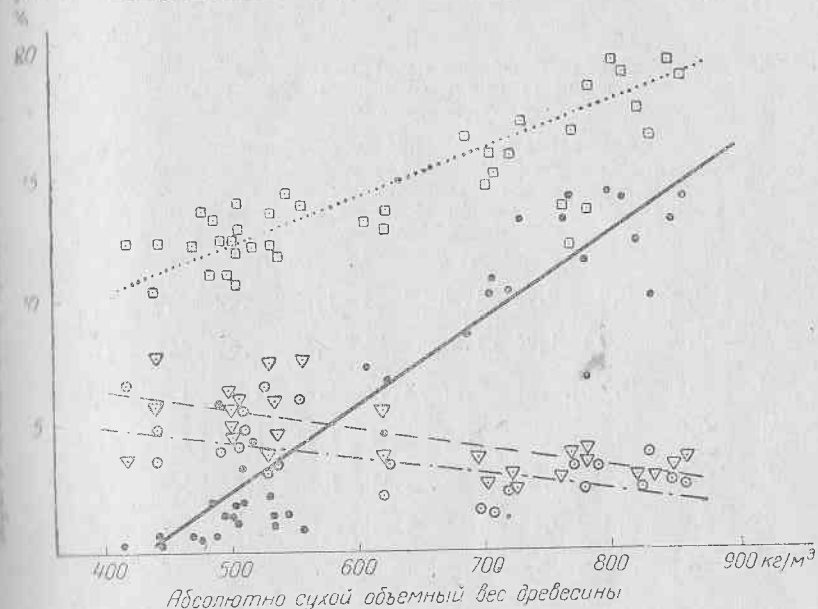


Рис. 8. Зависимость величины усушки древесины стланика от ее объемного веса. Тяговая древесина занимает левую, креновая — правую часть графика:

1 — объемная; 2 — продольная; 3 — тангентальная; 4 — радиальная усушка

тур. Вместе с увеличением объемного веса возрастают также и процент усушки и процент сокращения при охлаждении. На рис. 8 изображена зависимость между объемным весом и величиной усушки древесины кедрового стланика. Наблюдения над сокращением полосок, имеющих различную влажность, установили, что при уменьшении влажности до 26% полоски перестают сокращаться при охлаждении до  $-25^{\circ}$ . Здесь наблюдается та же связь между величиной реакции на температуру и влажностью древесины, что и для ветвей.

Точно так же, как и ветви, эти полоски не реагировали изменением длины на температурные колебания в пределах положительных температур. При 0° и при температурах выше 0° (до +50°) они имели одну и ту же длину в том случае, если не изменялось содержание влаги. Относящиеся сюда данные помещены в табл. 11 и 12. Из приведенных

Таблица 11

Сокращение креновой древесины стланика при охлаждении до -25° (в процентах от длины при +13°)

№ образцов	Содержание влаги в процентах абсолютно сухого веса									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
1	0,0	0,0	0,72	1,18	1,33	1,8	2,0	1,9	1,7	1,5
2	0,0	0,0	1,25	1,8	2,16	2,12	2,0	1,7	1,5	—
3	0,0	0,0	0,21	0,57	1,12	1,56	1,85	1,6	1,5	—
4	0,0	0,0	0,20	0,56	0,81	1,11	1,30	1,2	1,1	1,0
5	0,0	0,0	0,31	0,56	1,11	1,55	1,45	1,4	1,3	—
6	0,0	0,0	0,10	0,51	0,81	0,96	1,20	1,1	1,0	0,8

Таблица 12

Сокращение тяговой древесины стланика при охлаждении до -25° (в процентах от длины при +13°)

№ образцов	Содержание влаги в процентах абсолютно сухого веса															
	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	
1	—	—	—	—	—	0,0	—	—	—	—	0,0	0,0	0,0	0,0	—	
2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,0	—	—	—	—	0,0	
3	—	0,0	—	—	—	0,0	—	—	—	—	—	—	—	—	0,0	
4	0,0	—	—	0,0	—	—	0,28	—	—	—	0,28	—	—	—	—	
5	—	—	—	—	—	—	0,0	—	—	—	0,2	—	—	—	—	
6	—	—	—	—	—	0,08	—	0,08	—	—	—	0,04	—	—	—	

цифр вовсе не следует, что термическое сокращение тяговой древесины равно 0, просто оно настолько незначительно, что не могло быть измерено. Первоначально я предполагал внести поправку на изменение длины логарифмической линейки, которой производились замеры, но оказалось, что эта величина не превышает 0,0001 доли длины измеряемого тела.

В табл. 13 и 14 приведены данные по изменению объемного веса величины продольной усушки и сокращения древесины при замерзании по поперечному сечению приполни-

Таблица 13

Изменение объемного веса, величины продольной усушки и сокращения при замерзании тяговой и креновой древесины по поперечному сечению стволика кедрового стланика. Диаметр стволика 60 мм

Древесина	№ полосок	Объемный вес в воздушносухом состоянии, г/см <sup>3</sup>	Продольная усушка, %	Сокращение длины при охлаждении до -23°, %	
Тяговая	Заболонь	1	0,507	0,483	0,08
	То же	2	0,532	0,804	0,00
	„	3	0,547	0,725	0,00
	„	4	0,590	0,806	0,20
	Ядро	5	0,651	1,33	0,20
	То же	6	0,695	2,21	0,32
	„	7	0,678	2,50	0,24
	„	8	0,695	3,14	0,32
Креновая	Ядро	9	0,760	5,70	0,56
	То же	10	0,780	6,22	0,64
	„	11	0,814	6,40	0,68
	„	12	0,804	7,73	1,03
	„	13	0,831	7,66	1,19
	„	14	0,845	8,23	1,19
	Заболонь	15	0,827	7,4	1,15
	То же	16	0,835	8,72	0,95
	„	17	0,837	8,64	1,02
	„	18	0,782	9,08	1,33
	„	19	0,886	9,14	1,25



Таблица 1

Изменение объемного веса, величины продольной усушки и сокращения при замерзании тяговой и креновой древесины кедрового стланика

Древесина	Годичные кольца, считая от центра	Ветвь 1* пригнулась до горизонтального положения			Ветвь 2 пригнулась и образовывала угол с горизонталью около 35°			Ветвь 3 пригнулась и образовывала угол с горизонталью около 60°		
		объемный вес, г/см <sup>3</sup>	продольная усушка, %	сокращение длины при охлаждении до -16°, %	объемный вес, г/см <sup>3</sup>	продольная усушка, %	сокращение длины при охлаждении до -16°, %	объемный вес, г/см <sup>3</sup>	продольная усушка, %	сокращение длины при охлаждении до -16°, %
Тяговая	31—40	0,550	0,54	0,20	0,498	0,13	0,08	0,510	0,58	0,30
	21—30	0,553	0,33	0,25	0,490	0,12	0,08	0,453	0,37	0,25
	11—20	0,552	0,29	0,21	0,558	0,23	0,17	0,539	0,29	0,20
	0—10	0,578	1,57	0,37	0,598	0,30	0,20	0,672	1,57	0,50
Креновая	0—10	0,642	3,44	0,74	0,693	2,63	0,54	0,733	5,9	0,75
	11—20	0,740	4,2	0,99	0,777	5,4	1,24	0,730	5,27	1,25
	21—30	0,707	4,83	1,36	0,857	7,0	1,35	0,817	7,27	1,80
	31—40	0,680	5,45	1,24	0,824	8,6	1,48	0,854	9,45	1,95

\* Все ветви росли на северо-восточном склоне, вершиной в направлении склона. Наблюдения производились при температуре -8°.

мающихся стволиков стланика по диаметру, пересекающему тяговую и креновую древесину. Как видим, все эти величины закономерно увеличиваются от периферических частей тяговой к периферическим частям креновой древесины.

По литературным данным, тяговая и креновая древесины отличаются не только строением, но и химическим составом оболочек. Оболочки клеток древесины состоят из трех слоев древесины, имеющих различный химический состав и строение. Первичный слой, или срединная пластинка, характеризуется высоким содержанием лигнина, в связи с чем он менее разбухает в воде. Вторичный слой гораздо беднее лигнином, чем первичный, и обычно состоит из спирально ориентированных фибрилл, особенно у клеток, играющих механическую роль. Третичный слой обычно очень тонок и часто

остается неодревесневшим. Третичный слой не имеет спиральной структуры. В нем обнаруживаются фибриллы, параллельные продольной оси клетки. Относительное развитие этих трех слоев у креновой и тяговой древесины различно. У хвойных на растягиваемой стороне одревеснение трахей настолько слабо, что часто вторичные слои оболочек дают реакцию на целлюлозу. Эти слои развиваются слабо и главную часть оболочки составляют третичные слои. Наоборот, на сжимаемой стороне древесины оболочки очень сильно утолщены вследствие интенсивного развития вторичных слоев, которые имеют спиральную структуру и древеснеют настолько, что целлюлозных слоев здесь совсем нет (Иванов, 1915). Судя по различной величине усушки в продольном и поперечных направлениях, эти особенности креновой и тяговой древесины имеют место и у стланика. Измерения длины трахей на образцах мацерированной древесины показали, что на нижней стороне стволика стланика они гораздо короче, чем на верхней, что видно из следующих данных:

Длина трахей (в мм):

На нижней стороне ветви                      На верхней стороне ветви

средняя	пределы	средняя	пределы
1,17	0,65—1,6	1,58	1,06—2,19

Меньшая длина трахей креновой древесины, по сравнению с таковыми нормальной, отмечена еще Гартигом, Баранским и другими авторами (Spurr and Nyväginen, 1954). Эти данные интересны в том отношении, что здесь отмечается связь между длиной трахей и углом наклона фибрилл в их вторичной оболочке (в среднем слое): чем короче трахеиды, тем больше угол наклона фибрилл к оси клетки. С углом же наклона фибрилл связаны многие свойства древесины, и в частности величина продольной усушки (Яценко-Хмелевский, 1964; Wardrop, 1954). Длина мицелл больше их поперечных слоев, почему продольная усушка и разбухание малы по сравнению с тангентальной и радиальной. В первом случае на одну и ту же длину приходится меньшее количество интерстициальных, заполненных водой или разбухшим коллоидом, чем во втором. Различное отношение величины продольной и поперечной усушки, наблюдающееся в древесине разных древесных пород, объясняется различным углом наклона фибрилл к оси клеток: чем этот угол меньше, тем меньше продоль-

ная усушка и наоборот. Таким образом, величина усушки древесины в продольном, радиальном и тангентальном направлениях, кроме ее анатомического строения, зависит от формы мицелл и от угла их наклона к продольной оси клеток (Селигин, 1936).

Непосредственное измерение угла наклона фибрилл к оси трахеид в древесине стланика (табл. 15) показало, что угол наклона фибрилл тяговой древесины составляет около 21° и кренево́й — около 29—33°. Эти данные вполне согласуются с литературными. Так, по Л. М. Перельгину (1949), наклон фибрилл в стенках креневых трахеид возрастает в 1,5—2 раза. Однако различная величина продольной усушки и сокращения при замерзании определяется в данном случае не только

Таблица 15

Угол наклона фибрилл в древесине лежащего стволика стланика по его вертикальному диаметру

Положение образцов	Древесина	Годичные кольца, считая от центра	Угол наклона фибрилл к оси трахеид
Верхняя сторона лежащего стволика	Образовалась после полегания стволика	140	23
		120	21
		100	21
		80	22
	Тяговая, образовалась до полегания стволика	60	21
		40	22,4
		20	21
		5	19
Нижняя сторона лежащего стволика	Креневая, образовалась до полегания стволика	5	28,4
		20	29
		40	33
		60	33
	Образовалась после полегания стволика	80	26
		100	22
		120	22,4
140		22,2	

углом наклона фибрилл. Слои клеточной оболочки, имеющие различные значения наклона фибрилл, по степени выраженности в тяговой и крени́вой древесине различны. Для крени́вой древесины стланика характерно мощное развитие среднего слоя вторичной клеточной оболочки, состоящего из радиально расположенных фибрилл. В трахеидах же тяговой древесины этот слой развит очень слабо и косая штрихованность его едва заметна. В крени́вых трахеидах сокращение среднего слоя вторичной клеточной стенки при усушке легко преодолевает сопротивление изотропной срединной пластинки и слоев, имеющих иное направление фибрилл. В тяговых же трахеидах, где этот слой развит слабо, его сокращение не может привести к столь же сильной усушке, так как ему сопротивляются слои, имеющие изотропное строение и иное направление фибрилл. В тяговой древесине наблюдается мощное развитие этого слоя только в годичных кольцах, прилегающих к сердцевине, но здесь угол наклона фибрилл к оси клеток, в отличие от крени́вой древесины, был очень острым (19°). В табл. 16 (см. также рис. 7) приведены

Таблица 16

Общая и гигроскопическая влажность (при упругости паров воздуха 91% и температуре +20°), объемная усушка и объемный вес тяговой и крени́вой древесины стланика

№	Тяговая древесина				Крени́вая древесина			
	общая влажность, %	гигроскопическая влажность, %	объемная усушка, %	объемный вес, г/см <sup>3</sup>	общая влажность, %	гигроскопическая влажность, %	объемная усушка, %	объемный вес, г/см <sup>3</sup>
1	83,0	24,8	9,75	0,437	45,5	27,6	13,0	0,791
2	85,0	25,1	10,0	0,436	46,8	27,5	12,6	0,787
3	86,0	25,1	9,3	0,438	46,8	27,4	13,7	0,808
4	86,0	24,4	10,3	0,450	54,7	27,1	11,4	0,742
5	86,5	25,0	10,0	0,437	56,0	27,3	—	0,721
6	74,0	25,3	8,4	0,429	58,4	26,7	11,35	0,655
7	71,0	24,3	10,35	0,458	43,7	26,7	12,1	0,811
8	102,0	24,9	10,34	0,407	44,3	27,2	13,1	0,801
9	97,5	25,5	10,20	0,402	—	—	—	—
Среднее	85,7	24,9	9,86	0,433	49,5	27,2	12,4	0,764

определения общей и гигроскопической влаги, объемного веса и объемной усушки креновой и тяговой древесины стланика. Гигроскопическая влажность определялась стандартным методом (в эксикаторе с насыщенным раствором  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  упругость паров 91%), объемный вес — по методу парафинирования. При упругости паров 91% гигроскопическая влажность тяговой древесины равна 24,9% (с колебаниями от 24,3 до 25,5%) и креновой — 27,2% (с колебаниями от 26,7 до 27,6%). Объемная усушка тяговой древесины в соответствии с этим составляла 9,86%, т. е. была меньше, чем креновой, где она достигала 12,4%. Средний объемный вес тяговой древесины достигал 433 г/см<sup>3</sup>, а креновой — 764 г/см<sup>3</sup>.

Кроме этого, мной определялись гигроскопическая влажность при различной влажности воздуха и максимальная гигроскопическая влажность тяговой и креновой древесины. Полоски тяговой и креновой древесины и отрезки ветвей стланика выдерживались до постоянного веса в эксикаторах, в которых поддерживалась та или иная относительная влажность воздуха. Ниже приводятся применявшиеся растворы и соответствующие им значения относительной влажности воздуха при 20° (Справочник химика, т. III, 1952; Кольцгоф и Сендэл, 1948).

Относительная влажность воздуха, %	Раствор
98,0	5%-ный $\text{H}_2\text{SO}_4$
91,0	Насыщенный $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$
75,0	То же $\text{NaCl}$
50,0	43%-ный $\text{H}_2\text{SO}_4$
25,0	55%-ный $\text{H}_2\text{SO}_4$
0,0	Сушка в сушильном шкафу до постоянного веса при 104°

На рис. 9 и в табл. 17 приведены величины гигроскопической влажности тяговой и креновой древесины стланика при различной упругости паров воздуха, а также величина усушки, соответствующая той или иной влажности. Как видим, креновая древесина имеет значительно большую величину продольной усушки, чем тяговая. В табл. 18 приведены величины продольной, радиальной и тангентальной усушки тяговой и креновой древесины стланика, для определения которой брались стволы от 80 до 100 мм в диаметре, поднимавшиеся под углом в 45°. Если продольная усушка креновой древесины часто в десять и более раз превышает продольную усушку тяговой древесины, то, наоборот, радиальная и тангентальная усушка тяговой древесины в два раза и более превышает величину радиальной и тангентальной усушки креновой дре-

весины. Следовательно, основной причиной резкого различия в величине продольной усушки тяговой и креновой древесины является различный угол наклона фибрилл к оси трахеид.

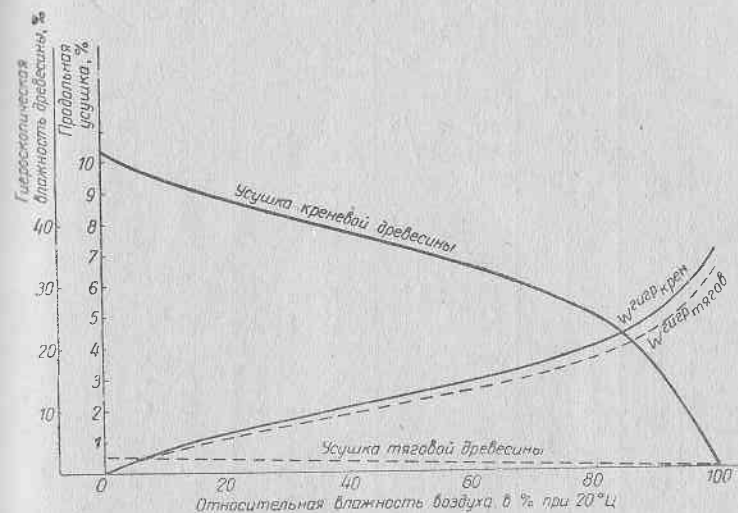


Рис. 9. Продольная усушка и гигроскопическая влажность креновой и тяговой древесины стланика при различной влажности воздуха

Именно это различие и связанное с ним различие в величине продольного сокращения при замерзании и вызывает движение ветвей стланика. Таким образом, если бы движение зависело от неодинакового термического расширения древесины верхней и нижней сторон ветвей, связанного с различным содержанием влаги и древесной массы, то направление движений при падении температуры должно было бы быть прямо противоположным. Для того чтобы показать, что не различное содержание общей влаги определяет разную величину сокращения тяговой и креновой древесины, определялось их сокращение при разном содержании влаги. Содержание влаги в креновой древесине повышалось до уровня тяговой и, наоборот, содержание влаги в тяговой снижалось до уровня креновой. При этом различие между ними в величине сокращения не сглаживалось. Относящийся сюда материал приведен в табл. 11 и 12.

В. Н. Андреев в подкрепление своих взглядов ссылается на данные В. А. Новикова (1928), согласно которым еще при  $-21^{\circ},3$  вода в побегах не замерзает или замерзает в неболь-

Содержание гигроскопической влаги и усушка тяговой и креновой древесины стланика при различной относительной влажности воздуха (в %)

Серия определений	Диаметр ветви, мм	Древесина	Относительная влажность воздуха при +20°, %											
			98		91		75		50		25		0	
			влажность древесины	усушка	влажность древесины	усушка	влажность древесины	усушка	влажность древесины	усушка	влажность древесины	усушка	влажность древесины	усушка
1	40	Тяговая	—	—	26,05	0,23	16,2	0,44	10,75	0,55	6,62	0,66	0,00	0,97
		Креновая	—	—	29,0	3,13	17,62	5,73	12,2	7,14	7,65	8,36	0,00	10,27
2	20	Тяговая	30,0	0,00	23,4	0,02	17,7	0,04	8,84	0,06	6,71	0,06	0,00	0,08
		Креновая	31,2	0,35	26,13	1,06	18,55	2,25	10,06	3,30	7,89	3,58	0,00	4,43

Усушка древесины кедрового стланика (в %)

Древесина	Усушка и объемный вес	Номера образцов									Средние значения									
		1		2		3		4		5		6		7		8		9		
		1	2	1	2	1	2	1	2	1		2	1	2	1	2	1	2	1	2
Тяговая	Радиальная	4,77	4,06	5,6	4,0	4,0	4,0	4,25	3,43	4,08	6,05	4,5								
Креновая	То же	3,0	1,55	2,43	1,8	2,3	2,12	2,85	1,42	3,58	2,3									
Тяговая, прилегающая к коре	Тангентальная	4,84	—	—	6,66	6,33	6,3	6,0	6,6	7,5	6,3									
Тяговая, прилегающая к сердцевине	То же	4,44	4,9	4,41	4,6	5,55	5,7	4,47	4,47	—	4,8									
Горизонтальн. диаметр	”	3,37	—	3,49	3,06	2,42	2,93	2,34	2,34	—	2,9									
Креновая, прилегающая к сердцевине	”	2,67	3,6	2,9	2,82	2,55	2,9	2,55	2,55	—	2,8									
Креновая, прилегающая к коре	”	2,29	—	—	2,97	2,87	2,85	2,62	2,62	3,36	2,9									
Тяговая, прилегающая к коре	Продольная	—	1,3	1,6	—	1,37	—	0,98	0,98	0,35	1,11									
Тяговая, прилегающая к сердцевине	То же	—	4,35	0,92	—	1,87	—	0,53	0,53	—	1,92									
Креновая, прилегающая к сердцевине	”	—	—	5,7	—	1,73	—	2,54	2,54	—	3,3									
Креновая, прилегающая к коре	”	—	11,5	13,1	—	10,2	—	10,44	10,44	8,36	11,2									
Тяговая	Объемная	—	12,0	12,15	—	11,1	—	11,9	11,9	11,6	12,1									
Креновая	То же	—	14,56	13,7	—	13,3	—	14,1	14,1	14,9	14,2									
Тяговая	Объемный вес	—	0,502	0,500	—	0,498	—	0,536	0,536	0,433	0,545									
Креновая	То же	—	0,695	0,765	—	0,720	—	0,707	0,707	0,808	0,852									
												0,757								

шом количестве. По В. А. Новикову, молодые ветви лоха, желтой акации и других кустарников, взятые для опыта зимой, не удалось заморозить при  $-5,75$  и  $-15,8$ ; заморозание было обнаружено только при  $-21,3$ . При этой температуре, при расчете на всю воду, не замерзало у тутовника 80,3%, у лоха — 85,52%, у белой акации — 91,11% воды. Желтая акация не замерзала и при  $-21,3$ . По имеющимся в литературе материалам данные В. А. Новикова не подтверждаются. Заморозание воды в древесине и связанные с ним процессы были изучены и прекрасно описаны Мюллер-Тургау (Müller-Thurgau, 1886) свыше 70 лет назад. Им было установлено, что значительная часть воды в древесине замерзает уже при близкой к нулю отрицательной температуре и что при дальнейшем ее понижении количество льда увеличивается за счет потери воды оболочками клеток. Проведенные мной определения хода заморозания воды в древесине стланика показывают, что основная масса воды замерзает уже при  $-2^\circ$ . Эти определения приводятся в табл. 19 и на рис. 10.

Коэффициент термического линейного расширения составляет для воды и льда сотысячные, а для древесины — миллионные доли длины тела. Эти величины настолько малы, что их невозможно было бы обнаружить измерением длины полосок логарифмической линейкой, тем более что сам материал логарифмической линейки — дерево — реагирует на изменения температуры в том же направлении. Коэффициент линейного расширения льда и особенно древесины можно определить только при помощи весьма точной и сложной аппаратуры (Хвольсон, 1923). Поэтому величина коэффициента линейного расширения льда и древесины не была уточнена до самого последнего времени. Для кедрового стланика отношение удлинения или сокращения длины полосок креновой древесины при изменении температуры на  $1^\circ$  к их длине при положительной температуре ( $+18^\circ$ ) составляло:

для диапазона $\pm 0 - 3^\circ$	0,0017, или 0,17%
„ $\pm 0 - 15^\circ$	0,0012 „ 0,12%
„ $\pm 0 - 23^\circ$	0,0009 „ 0,09%

Как видно, здесь мы имеем дело с величинами совершенно другого порядка. Коэффициент линейного расширения льда в 14—25, воды в 12—120 (для различных пределов температуры), а древесины вдоль волокон в 75—310 раз меньше полученных значений. Верхняя же древесина (в том случае, если она была хорошо выражена и имела низкий объемный вес и близкую к нулю продольную усушку) почти совершенно не реагировала изменениями длины на понижение температуры до  $-25^\circ$ .

Количество льда и незамерзшей воды в древесине стланика при различных температурах<sup>1</sup>

Дата определения	Древесина	Температура древесины	Влажность древесины в % абсолютно сухого веса	Образовалось льда, в % от общего количества воды	Осталось незамерзшей воды	
					в % общего количества воды	в % абсолютно сухого веса древесины
2.1 1950	Тяговая	-0,1	98,4	31,4	68,6	67,5
2.1 1950	Креновая	-0,2	53,3	3,2	96,8	51,8
2.1 1950	То же	-1,2	62,5	41,2	58,8	36,7
2.1 1950	Тяговая	-1,2	98,4	47,5	52,5	51,8
2.1 1950	То же	-5,7	82,25	54,7	45,3	37,3
21. XII 1949	Креновая	-6,0	65,0	44,0	56,0	36,4
21. XII 1949	Тяговая	-6,0	90,5	66,2	33,8	30,6
2.1 1950	Креновая	-6,0	55,25	36,1	63,9	35,5
14.1 1950	То же	-6,5	50,2	32,7	67,3	33,9
2.1 1950	„	-10,6	62,4	51,5	48,5	30,3
21. XII 1949	Тяговая	-15,0	90,5	71,0	29,0	26,3
21. XII 1949	То же	-15,0	91,5	68,8	31,2	28,55
21. XII 1949	Креновая	-15,0	65,0	53,0	47,0	30,6
19.1 1950	Тяговая	-26,2	83,7	67,7	32,3	27,1
19.1 1950	То же	-26,2	83,7	69,6	30,4	25,5
19.1 1950	Креновая	-26,2	54,75	47,2	52,8	28,0

<sup>1</sup> Для определения взята древесина стволиков, имеющих 35—65 мм в диаметре.

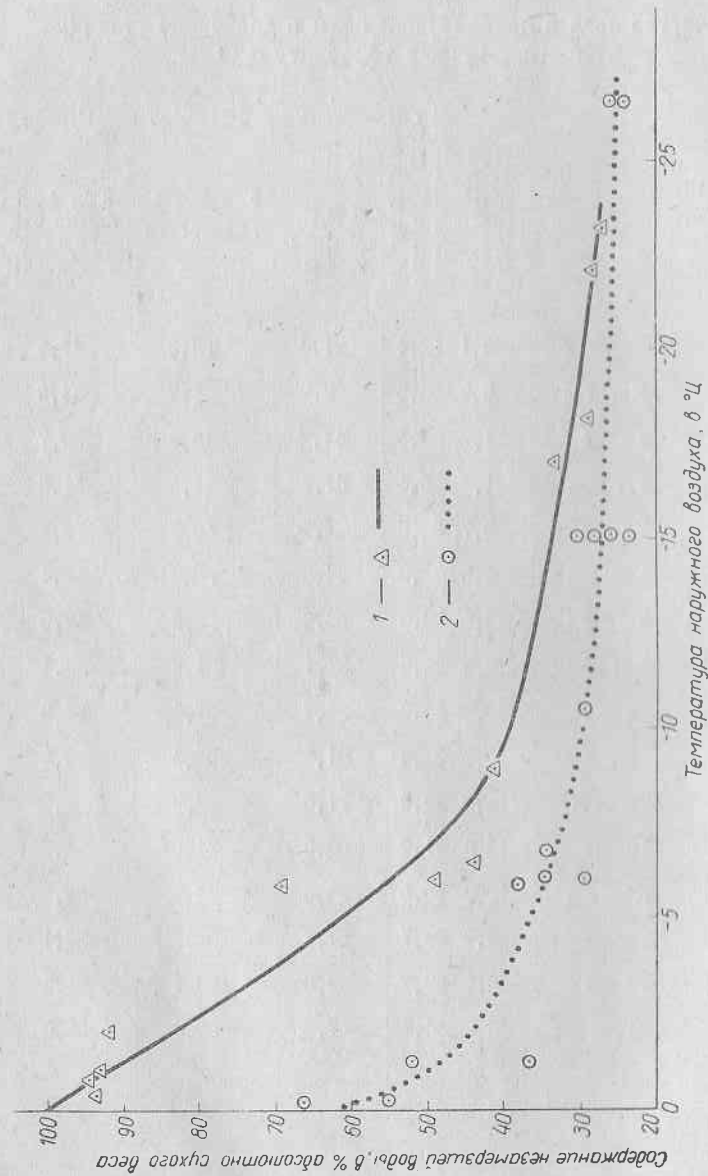


Рис. 10. Содержание незамерзшей воды в хвое и в древесине стланика при различной температуре:  
1 — хвоя; 2 — древесина

Для выяснения причины, вызывающей уменьшение величины движения ветвей при падении температуры, был определен калориметрическим методом ход замерзания воды в древесине стланика. Все расчеты произведены по формулам, приведенным в работе И. И. Туманова (1940); но так как определение растягивалось на 5—10 минут из-за низкой теплопроводности древесины спичек, которые погружались в воду калориметрического сосуда (Липин, 1937), его пришлось несколько усложнить введением поправки на теплообмен калориметра по формуле проф. А. И. Шукарева. Определения показали, что основная масса воды замерзает уже при охлаждении до  $-2^{\circ}$ . При дальнейшем понижении температуры количество незамерзшей воды уменьшается первоначально быстро, а затем постепенно замедляется. При  $-26^{\circ}$  остается еще около 25—28% незамерзшей воды (в процентах абсолютно сухого веса древесины).

Характерно, что процент образовавшегося льда тем больше, чем выше влажность древесины. Максимальная гигроскопичность древесины стланика, а следовательно и количество связанной воды, составляет (см. ниже) лишь около 35%. Так как древесина стланика состоит почти исключительно из мертвых клеток, то осмотически связанной воды в ней очень мало. Значительная часть воды является свободной и поэтому замерзает сразу при падении температуры ниже нуля. Отсюда понятно, почему в тяговой древесине, имеющей большую общую влажность, процент образовавшегося при той или иной температуре льда значительно выше, чем в креновой. Если же сравнивать количество незамерзшей воды, отнесенной к абсолютно сухому весу древесины, то различий между тяговой и креновой древесиной в этом отношении почти не наблюдается, а самый ход замерзания зависит от свойства связанной воды.

Строение адсорбционного слоя очень сложно. На поверхности адсорбента располагаются слои воды в различной степени связанной. У самой поверхности находится прочный лэнгмюровский мономолекулярный слой, а за ним слои жидкости, все менее и менее связанные по мере увеличения расстояния от адсорбента. Связанная вода, замерзая, переходит в лед не при нуле, а при более низкой температуре, так как это связано с разрушением слоев адсорбированной воды, которое происходит тем легче, чем больше расстояние от поверхности. Следовательно, чем ниже температура, тем больше связанной воды замерзает (Думанский, 1937). В нашем случае при  $-25^{\circ}$  еще остается около 25—28% незамерзшей воды. Часть связанной воды не замерзает и при очень глу-

боком охлаждении, даже при температуре  $-120^{\circ}$  (Радзиевский и Шехтман, 1956).

Этим явлением и объясняется затухающая реакция движения ветвей на понижение температуры. Как видно из табл. 20, величина пригибания ветвей на каждый градус падения температуры значительно больше при температурах.

Таблица 20

Движение ветвей, продольное сокращение кронеи древесины и количество воды, замерзающей в древесине стланика, при понижении температуры на  $1^{\circ}$

Показатели	Пределы температуры (в $1^{\circ}$ )					
	+50 $\pm$ 0	$\pm$ 0 - 5	-5 - 10	-10 - 15	-15 - 20	-20 - 25
Величина пригибания ветви, см (длина ветви 130 см) . .	0	5,08	3,35	2,27	2,08	1,72
Величина продольного сокращения кронеи древесины, %	0	0,15	0,12	0,10	0,05	0,02
Количество влаги, замерзающей в древесине, в % абсолютно сухого веса древесины	0	7,0	1,2	0,6	0,2	0,2

близких к нулю, и постепенно уменьшается вместе с падением температуры. Точно так же уменьшаются величина сокращения полосок кронеи древесины и количество замерзающей воды. Тесная связь между величиной усушки и сокращением под действием отрицательных температур (рис. 11) указывает на то, что здесь мы имеем дело с явлениями одного порядка. Такая же связь существует и между величиной сокращения при замерзании и объемным весом древесины (рис. 12). При замерзании, так же как и при высыхании, влажность клеточных оболочек падает ниже точки насыщения волокна, что и вызывает сокращение линейных размеров. При одном и том же проценте потери влаги это сокращение тем больше, чем больше величина усушки древесины. Путем сопоставле-

ния величины пригибания ветвей при замерзании и при высыхании было определено количество влаги, которое теряют стенки клеток при замерзании до  $-20^{\circ}$  (рис. 13). Первоначально была определена средняя величина отклонения ветвей на 1% потерянной гигроскопической влаги при изменении относительной влажности воздуха от 98 до 91% и от 91

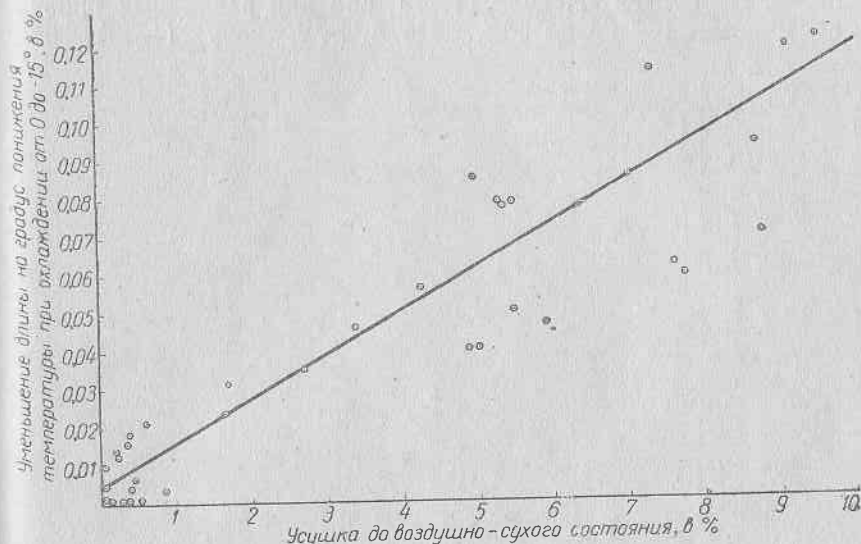


Рис. 11. Зависимость величины продольного сокращения древесины стланика при ее замерзании от продольной усушки

до 75%. Затем путем деления величины отклонения ветви при понижении температуры до  $-20^{\circ}$  на величину изгиба ветви при потере 1% влаги вычислено количество влаги, которое теряют стенки клеток. Таким образом было подсчитано, что стенки клеток теряют, при замерзании и длительном охлаждении до  $-20^{\circ}$ , 6,24—6,44% влаги. Средние значения, послужившие для расчетов, приведены в табл. 21. Ход расчетов помещен ниже:

$$1) \frac{35,7 (32,4 - 25,16)}{(57,0 - 15,6)} = 6,24\%; \quad 2) \frac{35,7 (25,16 - 18,3)}{(95,6 - 57,0)} = 6,44\%.$$

Одновременно таким же методом была определена максимальная гигроскопичность кронеи древесины стланика, которая оказалась равной 35,12%. Влажность в точке насыщения волокна равна максимальному количеству связанной воды, при потере которой начинаются сокращения линейных

размеров древесины, а следовательно и связанные с этим движения. В литературе максимальное количество воды обычно принимается равным 23—30% и отмечается, что оно мало зависит от породы (Перелыгин, 1949; Ванин, 1940; Кречетов, 1949; Desch, 1947). Другие авторы принимают несколько более высокие значения максимальной гигроскопичности. По В. А. Баженову (1952), она для различных пород колеблется от 23 до 33%. По А. В. Лыкову (1950), она

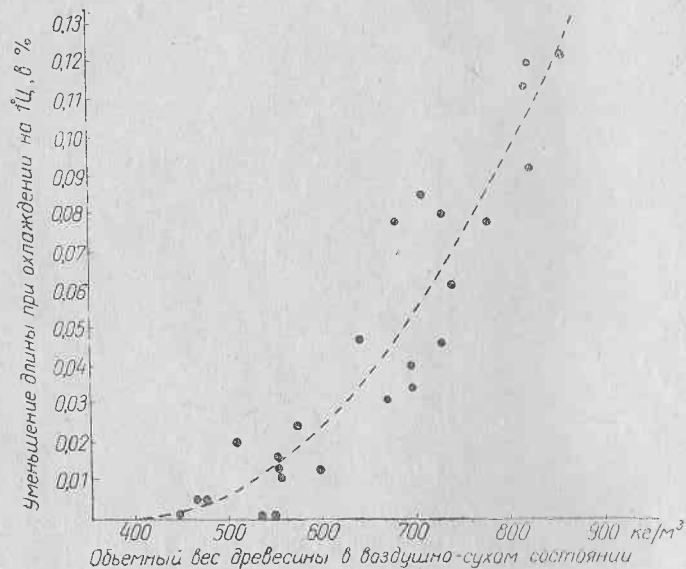


Рис. 12. Зависимость величины продольного сокращения древесины стланника при ее замерзании от объемного веса древесины (при охлаждении до  $-15^{\circ}$ ). Величина сокращения при охлаждении на  $1^{\circ}\text{C} = 0,00000059 [\gamma_{\text{возд}}^{\text{возд}} - 400]^2\%$

равна 34,2%. Р. Тренделенбург (Trendelenburg, 1939) для хвойных пород без ярко выраженного ядра влажность в точке насыщения волокна считает равной 30—34%. Наконец, Л. А. Иванов (1948) принял величину максимальной гигроскопичности вслед за Гартигом равной 36%. Как видим, полученная для стланника величина довольно близка к данным трех последних авторов. Таким образом, ветви стланника как при высыхании, так и при замерзании изгибаются на ту сторону, на которой древесина имеет большую усушку (рис. 14).

Интересно было посмотреть, имеется ли аналогичная связь и у других древесных пород. Для выяснения этого вопроса мной была определена величина усушки на верхней и ниж-

ней сторонах ветвей 22 древесных и кустарниковых пород. Необходимые для этого образцы были собраны в окрестностях Магадана, а частично присланы мне пензенским ботаником Б. П. Сацердотовым, за что считаю своим долгом принести ему глубокую благодарность. Оказалось, что и в этих случаях направление движения ветви при замерзании

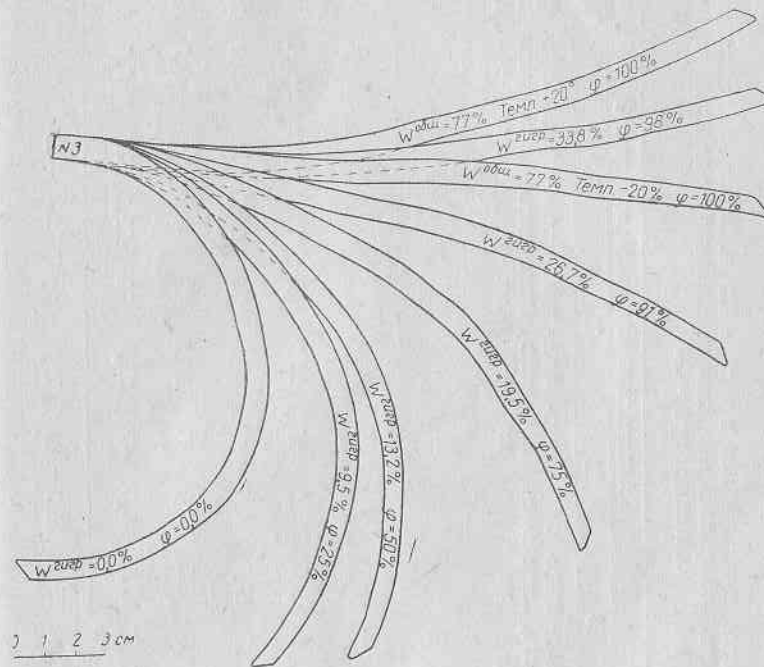


Рис. 13. Величина пригибания ветвей стланника при их замерзании и при потере влаги:

$W_{\text{общ}}$  — общая влажность древесины в %;  $W_{\text{гигр}}$  — гигроскопическая влажность древесины в %;  $Q$  — относительная влажность воздуха

зависит от того, на какой стороне ветви усушка больше. Ветвь поднимается при замерзании в том случае, если усушка древесины на верхней стороне ветви больше, чем на нижней, и опускается при обратном распределении величины усушки. Амплитуда движений тем больше, чем больше разница между величиной усушки древесины верхней и нижней сторон ветвей. Произведенные наблюдения приведены в табл. 22. Исключением в этом отношении оказалась липа. Возможно, что движения у липы определяются различным сокращением при замерзании лубяных волокон нижней и верхней сторон ветвей. Ветви ее при замерзании склоняются вниз, усушка же



Пригибание отрезков ветвей стланика при замерзании и потере влаги. Ветви выдерживались в гидростате до достижения равновесной влажности. Замерялась величина пригибания от положения в свежесрезанном состоянии при +20°

№ ветви	Длина, см	Диаметр, мм	В свежесрезанном состоянии		Относительная влажность воздуха при +20°, %											
			влаг-ность, %	пригибание при длительном охлаждении до -20°, мм	98		91		75		50		25		0	
					влаг-ность, %	пригибание, мм	влаг-ность, %	пригибание, мм	влаг-ность, %	пригибание, мм	влаг-ность, %	пригибание, мм	влаг-ность, %	пригибание, мм	влаг-ность, %	пригибание, мм
3	23,3	8	77	63,0	33,8	27,0	26,7	114	19,5	190	13,2	274	9,5	306	0,0	389
4	23,1	18	73	30,5	33,2	13,5	25,9	41	18,9	68	12,7	90	9,4	103	0,0	130
5	21,4	17	66	30,0	31,7	16,5	24,6	44	17,9	76	11,7	108	9,0	117	0,0	150
6	23,6	15	59	24,0	31,8	8,5	24,6	41	17,6	63	11,4	86	8,7	93	0,0	130
7	22,5	20	59	31,0	31,4	12,5	24,0	45	17,5	81	11,3	115	8,6	132	0,0	180
Среднее				35,7	32,4	15,6	25,16	57	18,3	95,6						

больше то на верхней, то на нижней стороне. Таким образом, тесная положительная корреляция между величиной усушки и величиной сокращения древесины при замерзании свидетельствует о том, что как при высыхании, так и при замерзании уменьшение размеров зависит от потери влаги межмембранными интерстициями. Различная величина усушки и

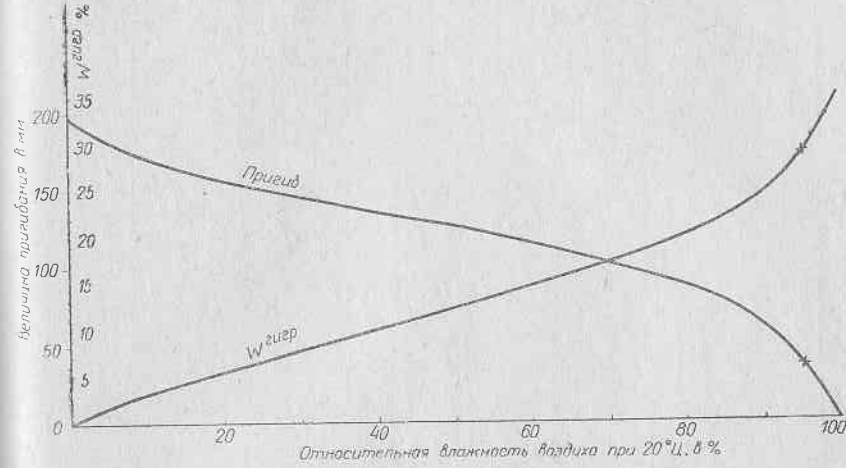


Рис. 14. Равновесная гигроскопическая влажность древесины стланика и величина пригибания ветвей при различной влажности воздуха

сокращения тяговой и креновой древесины кедрового стланика определяется главным образом различной ориентировкой фибрилл к оси трахеид.

Процесс замерзания и таяния воды в древесине, а также происходящие при этом деформации изучены Мюллер-Тургау еще в конце прошлого столетия. Клеточные оболочки мертвых клеток древесины, как и всякий коллоид, обладают большой водоудерживающей силой. При замерзании древесины первоначально замерзает капиллярная вода, заполняющая полости клеток, и только при дальнейшем понижении температуры начинает замерзать и имбибиционная вода. При этом возникающие в полостях клеток и в межклетниках кристаллы льда сосут воду, пропитывающую клеточные стенки, и увеличиваются в размерах до тех пор, пока не установится равновесие между сосущей силой кристаллов льда и возросшей благодаря обезвоживанию сосущей силой клеточных оболочек. При новом падении температуры возрастает сосущая сила кристаллов льда, которые будут отнимать от клеточных оболочек новые порции влаги, пока опять не установится равновесие. При повышении температуры временное

Влажность, объемный вес, величина усушки различных древесных и кустарниковых пород и направление движения их ветвей при высыхании и замерзании

№ п/п	Название	Древесина	Влажность в % абсолютно сухого веса	Усушка, %	Объемный вес древесины, г/см <sup>3</sup>	Направление изгиба ветви	
						при высыхании	при замерзании
1	Pinus pumila	тяговая	109,0	1,10	0,500	вниз	вниз
		креновая	75,0	10,20	0,755		
2	Larix dahurica	тяговая	116,0	0,17	0,570	то же	то же
		креновая	83,0	0,96	0,670		
3	Betula exilis	тяговая	52,9	0,837	0,626	"	"
		креновая	54,8	2,0	0,613		
4	" Middendorffii	тяговая	62,1	0,77	0,657	"	"
		креновая	64,1	1,78	0,631		
5	" lanata	тяговая	55,0	0,69	0,657	"	"
		креновая	54,8	0,92	0,633		
6	Alnus fruticosa	тяговая	87,6	0,61	0,535	"	"
		креновая	93,5	0,80	0,527		
7	Juniperus sibirica	тяговая	80,7	0,31	0,527	"	"
		креновая	62,3	1,83	0,603		
8	Chosenia macrolepis	тяговая	126,5	0,72	0,405	вверх	вверх
		креновая	126,5	0,59	0,385		
9	Salix Gmelini	тяговая	115,0	0,78	0,387	то же	то же
		креновая	124,0	0,73	0,370		

№ п/п	Название	Древесина	Влажность в % абсолютно сухого веса	Усушка, %	Объемный вес древесины, г/см <sup>3</sup>	Направление изгиба ветви	
						при высыхании	при замерзании
10	Populus suaveolens	тяговая	146,5	0,85	0,451	вверх	вверх
		креновая	149,7	0,77	0,449		
11	Picea excelsa	тяговая	—	0,04	—	вниз	вниз
		креновая	—	1,12	—		
12	Pinus silvestris	тяговая	—	0,17	—	то же	то же
		креновая	—	2,50	—		
13	Aesculus hippocastanum	тяговая	—	1,07	—	вверх	вверх
		креновая	—	0,86	—		
14	Acer platanoides	тяговая	—	0,83	—	то же	то же
		креновая	—	0,44	—		
15	" Negundo	тяговая	—	1,06	—	"	"
		креновая	—	0,51	—		
16	Fraxinus excelsior	тяговая	—	0,70	—	вниз	—
		креновая	—	1,24	—		
17	Ulmus laevis	тяговая	—	0,70	—	вверх	вверх
		креновая	—	0,10	—		
18	" scabra	тяговая	—	0,59	—	то же	то же
		креновая	—	0,19	—		
19	Quercus pedunculata	тяговая	—	0,51	—	вниз	вниз
		креновая	—	0,53	—		
20	Tilia cordata	тяговая	—	—	—	то вверх, то вниз	вниз
21	Salix caprea	—	—	—	—	вверх	вверх
22	Juniperus sabina	—	—	—	—	вниз	вниз

равновесие между сосущими силами кристаллов льда и клеточных оболочек нарушается. Сосущая сила клеточных оболочек превысит сосущую силу льда, часть льда растает и образовавшаяся вода всосется клеточными стенками. Таким образом, как указывает Мюллер-Тургау, таяние льда начинается в растениях при очень низких температурах и непосредственно после поднятия температуры (Туманов, 1940; Müller-Thurgau, 1886). По мнению Мюллер-Тургау, доказательством того, что в замерзших тканях могут создаваться очень большие напряжения, служит появление морозобоев. Причина образования трещин зимой, по его мнению, та же самая, что и при высыхании древесины. Они возникают от того, что растущие массы льда, обезвоживая ткани, создают в них очень сильные натяжения и ткани не выдерживают их и разрываются. После оттаивания трещины смыкаются. Уменьшение диаметра ветвей при замерзании наблюдал и Виганд (Wiegand, 1906) у *Salix cordata*. При охлаждении до  $-18^{\circ}$  сокращение диаметра ветвей (без коры) достигало 2,5%. Виганд объясняет это тем, что при замерзании стенки клеток теряют воду, отчего они сокращаются так же, как и при высыхании, но только в меньшей степени.

Ганнинг (Hanning, 1908) указывал, что при обезвоживании клеток, происходящем при образовании в ткани льда, клеточные стенки также теряют воду, что может вызвать их сокращение. Подобные гигроскопические сокращения и расширения клеточных стенок живых и мертвых клеток при их замерзании и оттаивании должны приниматься во внимание при объяснении движений растений. Это относится прежде всего к описанным Ганонгом движениям ветвей, так как, как уже отметил Иост, сокращение тургорного напряжения в старых ветвях едва ли может вызвать достаточные сокращения ткани. Близкий взгляд высказывает Л. Иост. Описывая гигроскопические движения, Иост отмечает, что их можно встретить, видимо, и у живых тканей. Так, например, у ветвей и вечнозеленых листьев наших деревьев нередко наблюдаются изгибы, вызываемые неравномерной потерей воды оболочками клеток при замерзании их зимой (Иост, 1914).

По мнению Гуттенберга, описавшего случаи потери воды стенками клеток из-за когезионного напряжения, можно считать вполне доказанным, что в живых и мертвых водопроводящих тканях растений потеря влаги может происходить вследствие внешних влияний. Потеря влаги клеточными стенками может стать механическим фактором, вызывающим движение. Подобным внешним фактором может быть также низкая температура и связанное с ней образование льда в тканях. Так, например, уже давно отмечено, что боковые

ветви многих деревьев и кустарников зимой опускаются. По заключению Траубриджа (Growbridge, 1916), эти движения вызываются ледообразованием. Гуттенберг противопоставляет им данные Ганонга, согласно которому движения ветвей начинаются уже при температуре выше  $0^{\circ}$  и обусловлены изменением содержания влаги. Гуттенберг считает, что предстоит еще выяснить, какой из указанных механизмов действует в каждом отдельном случае. Непременным условием подобных движений является дорзивентральность строения ветвей (Guttenberg, 1926). В позднейшей работе того же автора (Guttenberg, 1955), а также в посвященных движению растений исследованиях Бюннинга (Bünning, 1953) и Пиле (Pilet, 1953) вопрос о механизме движений ветвей не затрагивается.

Приведенные выше данные свидетельствуют о том, что гигроскопические движения замерзающих ветвей стланика обусловлены частичным обезвоживанием клеточных оболочек при образовании льда и не связаны ни с общим падением содержания влаги в ветвях, ни с когезионным напряжением. Как указывалось выше, потеря влаги во время засушливых периодов может быть настолько значительной, что древесина начинает деформироваться (появляются трещины, диаметры стволов уменьшаются). У ели во время засухи наблюдалось также и опускание ветвей. Наверное, подобные движения будут обнаружены и у стланика в более западных частях его ареала, где часты летние засухи. Последующие наблюдения должны показать, насколько значительны эти движения, способствуют ли они снижению транспирации и, следовательно, имеют ли они какое-нибудь экологическое значение.

### ФОРМЫ РОСТА СТЛАНИКА В РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ СРЕДЫ И ИХ ОБУСЛОВЛЕННОСТЬ

Стланник, растущий в долинах, настолько сильно отличается по размерам и форме роста от стланика, произрастающего на вершинах водораздельных гряд и сопок, что первоначально я предполагал, что это различные его расы. Однако последующие наблюдения показали, что аналогичную форму роста стланник имеет и на невысоких холмах-останцах, расположенных значительно ниже верхней границы леса и почти лишенных почвенного покрова. Поверхность здесь усеяна дресвой и камнями диорита. Мелкозем, образующийся в процессе выветривания, и растительный отпад сдуваются ветром и сносятся дождевыми водами. Плодоношение стланика на подобных местоположениях, как и на вершинах высоких водораздельных гряд и сопок, расположенных

выше границы леса, сильно подавлено. Часто приходилось наблюдать всходы стланика на гольцах, хотя ближайšie плодоносящие экземпляры его находились значительно ниже в долине.

Как известно, семена стланика разносятся кедровками, которые, по наблюдениям Н. Ф. Реймерса, предпочитают устраивать свои запасы на гольцах и на гаях (Реймерс, 1953). Особенно много семян кедровка заносит на свежие, недавно оголенные огнем гольцы, гари и вообще места с негустым травяным покровом (Реймерс, 1956). Таким образом, стланик долин и гольцов развивается из идентичного семенного материала и различия в форме роста зависят от условий среды.

На вершинах гряд и сопок и на наветренных склонах форма роста часто определяется прямым воздействием ветра и снеговой корразии. Вершинки ветвей, едва приподнимающиеся в зимнее время над поверхностью почвы и не защищенные снеговым покровом, который здесь почти совершенно отсутствует, отмирают. Отмершая вершинка замещается боковой ветвью, расположенной ближе к поверхности почвы. Данное явление повторяется многократно, и ствол состоит из участков боковых побегов различного возраста, напоминая симподиальный тип ветвления. В данном случае налицо вынужденный шпалерный рост. Наряду с этим, особенно при крайней сухости и бедности субстрата и недостатке тепла, можно встретить кусты стланика, стволы которых (в летнее время) почти до самой вершинки плотно прижаты к поверхности почвы, причем в течение всей жизни стволика его верхушечная почка ни разу не отмирала. В крайних случаях подобные «стволы» имеют лишь одну верхушечную почку; боковых ветвей нет. Эти стволы ползут, плотно прижавшись к поверхности почвы; ветер никакой формообразующей роли в данном случае не играл. С другой стороны, на пожарниках в долинах, где развиты мелкоземистые гумусированные почвы, стволы стланика поднимаются почти вертикально. Ветви молодых буйно растущих чашеобразных кустов лишь при самом основании изогнуты дугообразно или даже прижаты к поверхности почвы, а выше принимают вертикальное или почти вертикальное положение. Неоднократно приходилось наблюдать, что вершинки подобных стволков оказывались как бы перегнутыми через спину внутрь чашеобразного куста и лишь прирост последних одного-двух лет дал компенсационный геотропический изгиб, вернувший их в вертикальное положение. Такую форму роста приходилось встречать только на пожарниках, в условиях, особо благоприятных для роста. На подобных же местоположениях, занятых ста-

рыми менее интенсивно растущими зарослями стланика, кусты имели наклонное положение.

Анатомическое изучение древесины приподнимающихся и лежащих стволиков выявило, что строение ее различно: у первых она дифференцирована на тяговую и креневую, строгие древесины вторых — однородно. Как выяснилось, интенсивность роста, степень развития креновой древесины и формы роста стланика тесно взаимосвязаны. В крайне неблагоприятных для роста условиях (см. описание модельных кустов 9 и 10) кусты стланика приобретают шпалерную форму со стволком, прижавшимся к поверхности почвы почти до самой верхушечной почки. Рост настолько подавлен, что, например, 92-летний экземпляр имел в диаметре всего 6,5 мм при длине стволика в 29,9 см. Диаметр другого подобного же стволика (возраст 64 года) составлял (без коры) всего 2 мм (в коре 4 мм), при длине 17 см. На поперечном разрезе этот ствол имел по различным радиусам всего от 84 до 96 рядов трахеид. Следовательно, в год образовывалось 1—2 ряда трахеид. Креновая древесина совершенно отсутствовала, ее не удалось обнаружить даже в самом центре стволика.

Стволы, растущие по стланиковому типу и имеющие приподнимающуюся вершинку, которая по мере роста пригибается и ложится при основании, имеют другой тип строения. Древесина приподнимающейся части стволика дифференцирована на тяговую и креневую, древесина же лежащей части стволика построена более сложно. Центральная ее часть, которая формировалась, когда ствол поднимался, имеет тяговую и креневую древесину, тогда как периферическая часть, образовавшаяся, когда ствол лег на землю, состоит из древесины, морфологически неотличимой от тяговой, и имеет низкий объемный вес и продольную усушку. Изменение удельного веса и величины усушки древесины лежащих стволков стланика по их вертикальному диаметру дано в табл. 23, а анатомическое строение древесины изображено на рис. 15. Исходя из этих фактов, можно было бы думать, что креновая древесина образуется на той стороне ветви, которая обращена вниз и работает на сжатие, а тяговая на той, которая обращена вверх и работает на растяжение. У приподнимающихся стволков признаки креновой и тяговой древесины обычно усиливаются по направлению от центра к периферии. Однако приходилось наблюдать, что ближе к основанию приподнимающихся стволков, где еще не снята нагрузка, объемный вес и величина усушки креновой древесины первоначально увеличиваются по направлению к периферии, а затем начинают снова уменьшаться. Изменение усушки периферических частей (прирост последних двух лет) тя-

Изменение продольной усушки и объемного веса древесины лежащих стволиков стл ника по вертикальному диаметру. (Диаметр стволиков 40—50 мм, возраст 50—80 лет)

Древесина	Образец 1		Образец 2		Образец 3		Образец 4		Средние значения	
	Продольная усушка, %	Объемный вес, г/см <sup>3</sup>	Продольная усушка, %	Объемный вес, г/см <sup>3</sup>	Продольная усушка, %	Объемный вес, г/см <sup>3</sup>	Продольная усушка, %	Объемный вес, г/см <sup>3</sup>	Продольная усушка, %	Объемный вес, г/см <sup>3</sup>
Верхняя, прилегающая к коре	0,3	0,433	0,23	0,462	0,25	0,440	0,30	0,391	0,30	0,430
Верхняя на середине радиуса	0,3	0,549	0,23	0,429	0,25	0,473	1,01	0,443	0,46	0,473
Верхняя (тяговая), прилегающая к сердцевине	1,05	0,595	0,80	0,641	0,62	0,616	1,6	0,563	1,00	0,603
Нижняя (креневая), прилегающая к сердцевине	6,9	0,672	8,5	0,797	5,52	0,770	7,0	0,728	7,0	0,742
Нижняя на середине радиуса	5,3	0,713	6,5	0,770	5,63	0,714	4,43	0,528	5,5	0,680
Нижняя, прилегающая к коре	2,0	0,565	2,0	0,483	0,24	0,412	0,37	0,333	1,15	0,448

говой и креневой древесины вдоль лежащих и приподнимающихся стволиков представлено в табл. 24, из данных которой видно, что величина усушки креневой древесины значительно уменьшается еще до снятия нагрузки. На рис. 16 изображено строение периферических слоев тяговой и креневой древесины подобного стволика. Совершенно неожиданным было то, что при основании приподнимающейся части стволиков креневая древесина начинает терять характерные для нее черты до снятия нагрузки. Это казалось непонятным, так как формирование креневой древесины на нижней стороне лежащих стволов хвойных было установлено даже в тех случаях, когда они опирались на землю на протяжении всей их длины, т. е. когда с них была снята нагрузка (Spurr and Nyvärinen, 1954a)<sup>1</sup>. Нужно отметить, что изменяется не только строение, но резко уменьшается и толщина годичного прироста древесины на нижней стороне стволика стланика, что влечет за собой изменение формы его поперечного сечения. Если раньше сечение стволика имело форму эллипса, длинная ось которого была ориентирована в вертикальной плоскости, то теперь сечение его становится все более и более округлым. Изменение формы сечения и образование более рыхлой древесины при основании стволика имеют большое биологическое значение, так как это облегчает полегание под влиянием увеличивающейся вместе с ростом стволика нагрузки и последующее его укоренение. Изгиб происходит при самом его основании, а не по всей длине. Остальная часть стволика может, как увидим ниже, изгибаться при этом даже на верхнюю сторону. Снижение величины продольной усушки образующейся здесь древесины, а следовательно и снижение величины изгиба основания стволика при замерзании, устраняет возможность выдергивания молодых корней. Горизонтально лежащие стволики уже совершенно не дают изгибов при наступлении морозов, так как наиболее сильно сокращающаяся креневая древесина оказывается в центре стволика.

Исследователи, изучавшие свойства, причины образования и значение креневой древесины в жизни дерева, отмечают тесную связь между интенсивностью роста, распределением ростовых веществ и образованием креневой древесины. Было

<sup>1</sup> Как показали эксперименты Скотта и Престона (D. Scott, St. Preston, 1955), креневая древесина развивается под влиянием силы тяжести и вне связи со сжатием. Авторы вызвали образование креневой древесины у четырехлетних экземпляров *Pinus strobus*, закрепленных в вертикальном положении по краям вращающегося столика. Развивающаяся при вращении центробежная сила равнялась силе тяжести, и стволики были прикреплены к железным прутам для предотвращения отклонения от вертикали.

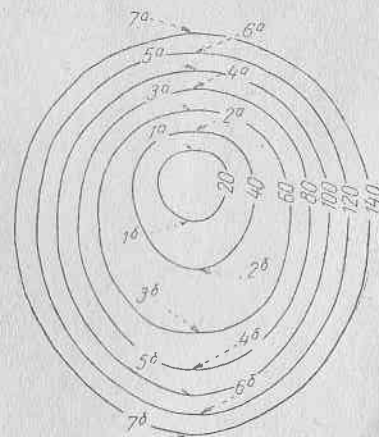
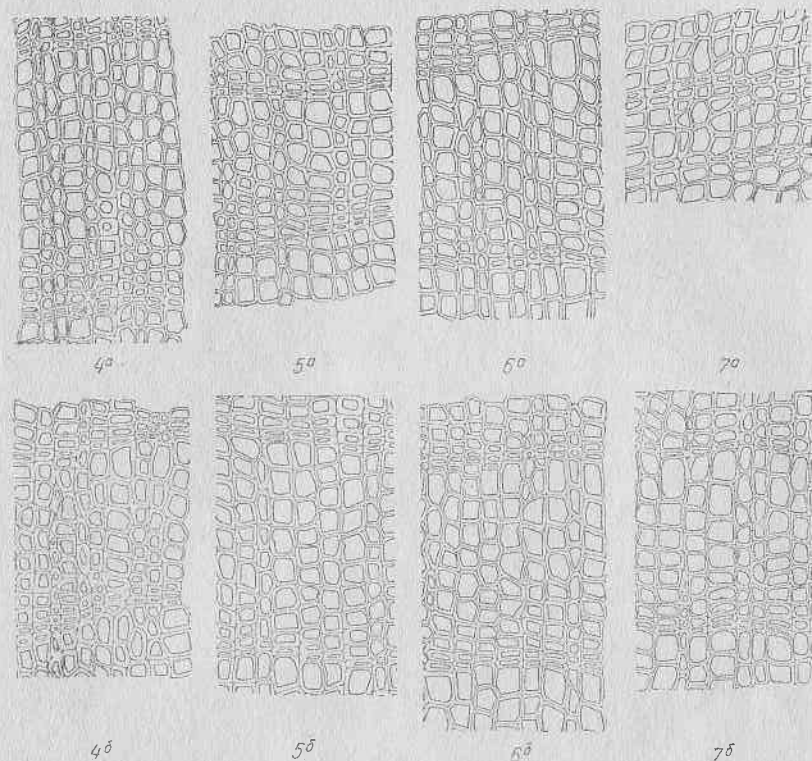
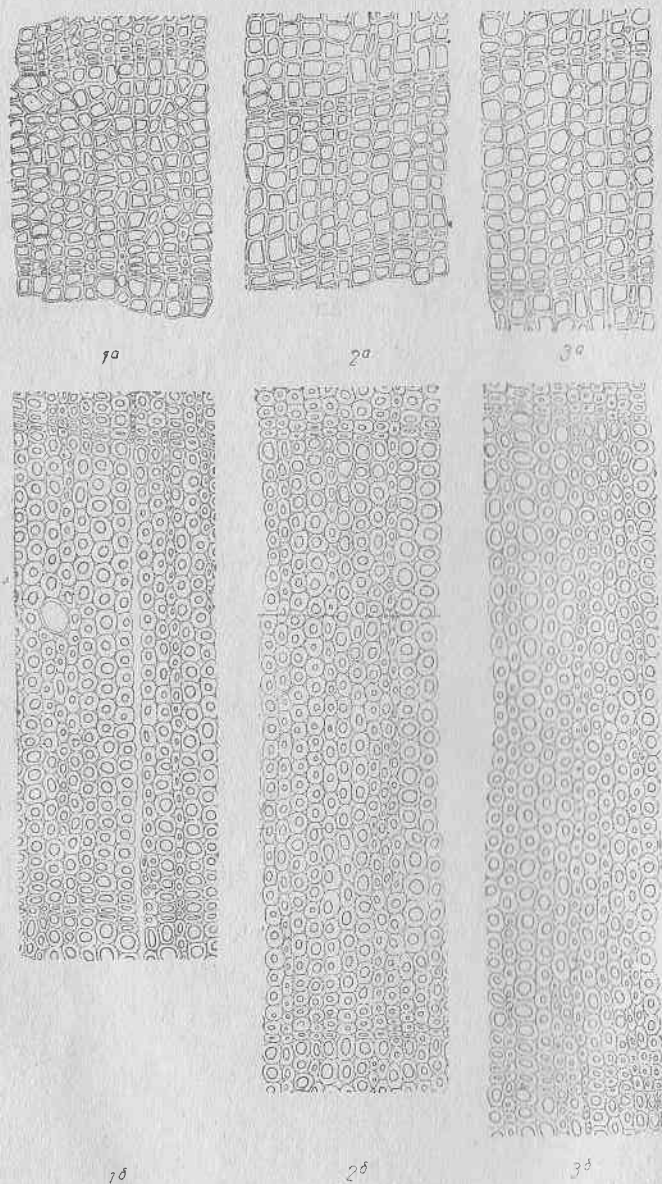


Рис. 15. Изменение анатомического строения древесины лежащего стволика стланика по его вертикальному диаметру.

В центре расположена тигровая (1а, 2а, 3а) и кривая (1б, 2б, 3б) древесина, образовавшаяся когда ствол еще рос, приподнявшись над поверхностью почвы. После полегания стволика на его нижней стороне начала откладываться древесина (4б, 5б, 6б, 7б), не отличимая от древесины верхней стороны (4а, 5а, 6а, 7а). Вместе с этим ствол потерял способность давать изгибы при замерзании

Рис. 15. (Продолжение).  
Фиг. 4—7

Изменение величины продольной усушки тяговой и креновой древесины вдоль лежащих и приподнимающихся стволиков кедрового стланика. Замерялась усушка поверхностных слоев древесины (прирост 2—3 последних лет), срезаемых с верхней и нижней сторон ветвей

Условия произрастания ветви	Расстояние образца от места укоренения, см	Угол наклона к вертикали, %	Диаметр без коры, мм	Усушка древесины, %		
				на верхней стороне ветви	на нижней стороне ветви	
1. Росла на россыпях дресвы по низким холмам, возвышающимся всего на 40—50 м над долиной р. Магаданки. Кусты ползут с СВ на ЮЗ в направлении преобладающего зимой ветра. Вершинки кустов приподнимаются до 1 м. Зимой кусты плотно прижаты к поверхности почвы	40—50	Лежит горизонтально	20	0,2	0,64	
	60—70		21	0,48	1,12	
	80—90		21	0,67	0,83	
	100—110	(90°)	21	0,30	3,0	
	110—120		20	0,10	3,7	
	120—130		20	0,30	4,5	
	130—140		80	19	0,40	6,0
	140—150		70	18	0,10	7,3
	150—160		60	17	0,10	7,6
	160—170	60	15	0,10	6,7	
	170—180	50	14	0,10	6,3	
	180—190	50	14	0,10	6,5	
	200—210	40	13	0,10	7,0	
	220—230	30	12	0,10	6,5	
	250—260	30	9	0,40	6,6	
	260—270	20	6	1,0	5,8	
	270—280	20	4	1,4	1,4	
	2. Росла по северо-восточному склону к р. Каменушке, в сфагново-моховом кедровнике. Высота ветви 2 м	0—10	Лежит горизонтально	49	0,47	2,7
		50—60		54	0,74	2,6
70—80		(90°)	54	0,35	3,1	
90—100			60	0,70	4,9	
110—120			60	0,58	9,7	
140—150		60	35	0,43	10,5	
160—170		35	35	0,45	13,2	
190—200		35	29	0,40	10,4	
220—230		20	29	1,0	10,0	
240—250		20	28	0,58	11,0	
270—280		20	25	0,56	8,1	
290—300		20	21	0,60	8,5	
310—320		15	16	0,65	9,0	
330—340		15	11	0,75	8,8	
340—350		15	10	0,83	10,6	
350—360	15	6	1,5	14,0		
360—370	15	4	1,2	8,3		

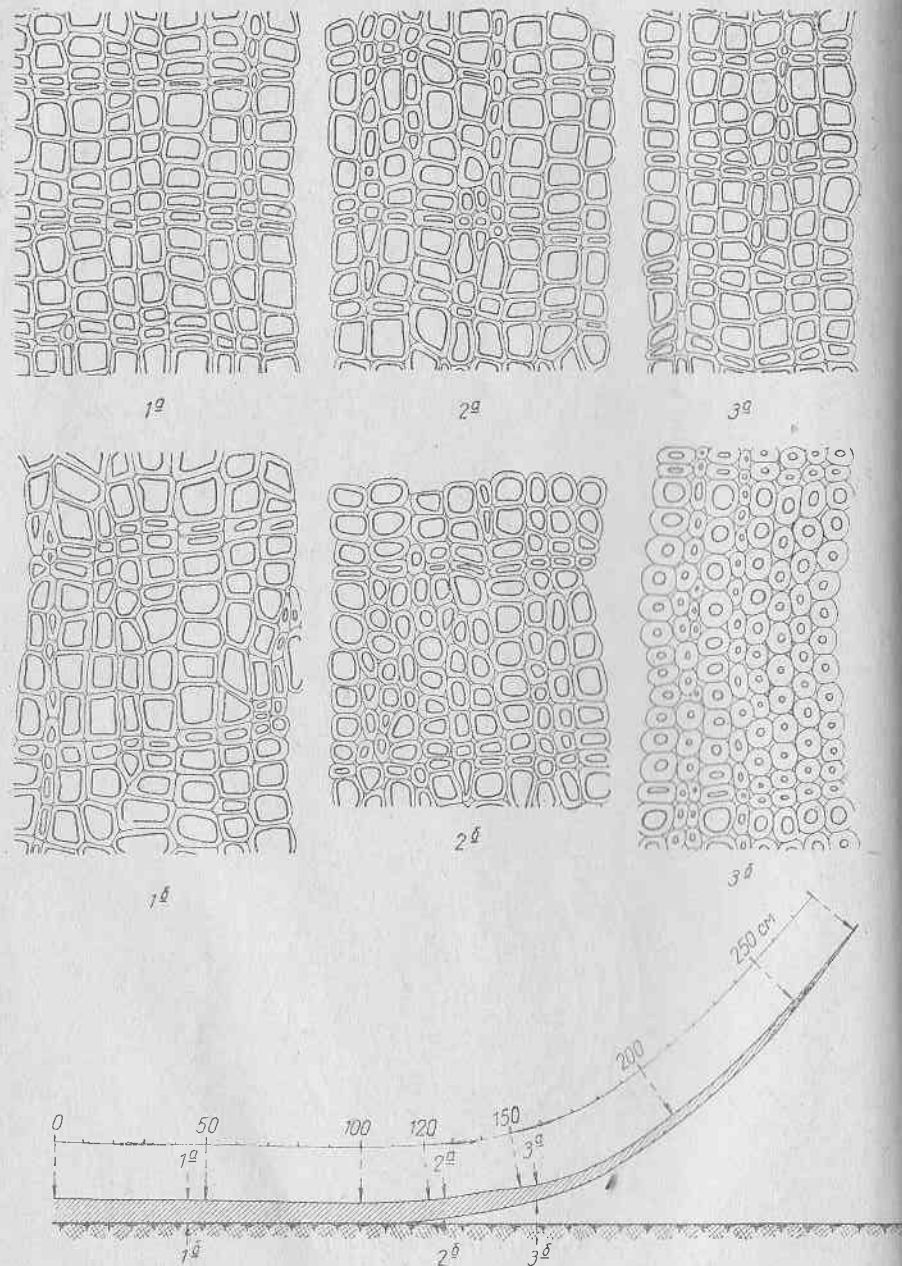


Рис. 16. Строение древесины лежащего и приподнимающегося стволика стланика. Изображена древесина прироста последних 2—3 лет. В периферических слоях лежащей части стволика откладывается древесина однород-

ного строения (1а, 1б) и креновая древесина отсутствует; у основания приподнимающейся части стволика, где еще не снята нагрузка, креновая древесина развита слабо (2б); в приподнимающейся части стволика прекрасно выражена дифференциация древесины на тяговую и креновую (3а, 3б)

установлено, что в стволиках хвойных, имеющих наклонное положение, содержание ростовых веществ выше на нижней стороне, т. е. там, где образуется кренивая древесина.

Онака, экспериментировавший с сосной, елью и другими хвойными, вызывал образование кренивой древесины путем обработки стволиков ростовыми веществами. Когда ростовым веществом обрабатывалась одна сторона стволика, то кренивая древесина формировалась только здесь и стволик давал изгиб в противоположную сторону. Фразер, обрабатывавший гетероауксином веймутовую сосну, установил, что умеренное содержание стимулирует деятельность камбия и длительное образование весенней древесины, в то время как при более высокой концентрации его образуется кренивая древесина (Fraser, 1952). Вершинг и Бейли вызвали образование кренивой древесины на подсемядольном колене сеянцев веймутовой сосны путем обработки их ауксином. Односторонняя обработка ауксином высокой концентрации вызывала образование здесь кренивой древесины и изгиб сеянцев в противоположную сторону (Wershing and Bailey, 1942).

Таким образом, была установлена связь между концентрацией ростовых веществ и формированием кренивой древесины. Одновременно было установлено также, что при образовании кренивой древесины стволик усиленно растет не только в толщину, но и в длину, — причем изгибается в сторону, противоположную той, на которой образовывается кренивая древесина. Давно уже отмечено, что усиленное формирование кренивой древесины может вызвать изгиб не только тонких побегов, но и толстых стволиков. Так, например, Энглер наблюдал подобный изгиб у 67-летней ели (*Picea abies*), ствол которой был выведен из вертикального положения оползанием грунта. Корректирующий геотропический изгиб благодаря образованию кренивой древесины возник даже там, где ствол достигал 22 см в диаметре. Аналогичные изгибы довольно толстых стволиков наблюдали Милетт и Лютц (Spurr and Nyväginen, 1954a; Sinnot, 1952). По данным Спурра, величина корректирующего изгиба связана с энергией роста в высоту и по диаметру.

Процессы, приводящие к искривлению стволиков хвойных, были изучены Мюнхом, который установил, что причиной искривления является продольное давление, развиваемое вновь образующимися трахеидами кренивой древесины. Это давление, по подсчету Мюнха, может достигать нескольких сотен атмосфер. Продольное давление возникает благодаря тому, что трахеиды кренивой древесины, развивающиеся из камбия, вырастают до такой длины, что не помещаются в имеющемся пространстве. Они растут, упираясь в соседние

трахеиды и раздвигая их. Вследствие этого трахеиды искривляются, сплющиваются и иногда образуют местные вздутия и сужения. Особенно сильно отклоняются от прямого направления концы трахеид. Часто они согнуты в дугу или костьюобразно, сжаты и буквально раздавлены (Münch, 1938a, 1938b, 1940). Случаи резко выраженной деформации концов трахеид кренивой древесины были установлены также Уордропом и

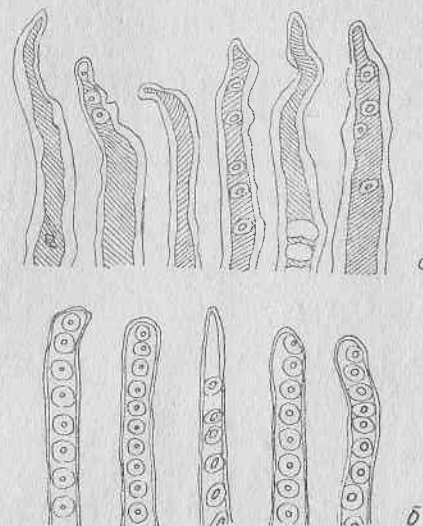


Рис. 17. Концы трахеид кренивой (а) и тяговой (б) древесины стланика. Характерна спиральная штриховатость и деформированность концов трахеид кренивой древесины

Дедсуеллом, которые отмечают это явление, правда в слабо выраженной форме, и в нормальной древесине хвойных, что связано со скользящим ростом концов трахеид (Wardrop and Dadswell, 1952).

Формы концов трахеид тяговой и кренивой древесины кедрового стланика (см. рис. 17) действительно имеют особенности строения, отмеченные Мюнхом. Интересно попутно отметить, что прослойки кренивой древесины в стволе дерева напряжены положительно и увеличиваются в длину после отделения от примыкающей древесины (Pillow and Luxford, 1937). Таким образом, отсутствие или большее или меньшее развитие кренивой древесины определяет форму роста стволиков стланика.



Остается рассмотреть вопрос, как внешние условия влияют на образование креновой древесины. В литературе отмечена тесная связь между интенсивностью роста и степенью выраженности креновой древесины. Если сравнивать деревья одного и того же вида или близких видов, то оказывается, что креновая древесина у деревьев, имеющих меньшую интенсивность роста, выражена слабо или даже вообще отсутствует.

Пиллау и Лаксфорд сравнивали строение древесины стволов сосны (*Pinus ponderosa*), имеющих одинаковый угол наклона, но разную интенсивность роста. Креновая древесина была хорошо развита у быстро растущих деревьев и совершенно не образовывалась у деревьев, имеющих незначительный прирост. Любопытно, что близкое отношение между интенсивностью роста плагиотропных ветвей хвойных и выраженностью креновой древесины установлено и для боковых ветвей (Pillau and Luxford, 1937). Еще Раункьер отмечал, что энергично растущие боковые ветви образуют более острый угол с главным стволиком и, следовательно, в меньшей степени отклоняются от ортотропного направления роста (Raunkjær, 1934).

И. Г. Серебряков (1955) также указывает, что у деревьев, кустарников и кустарничков интенсивно растущие побеги всегда занимают ортотропное положение, причем степень ортотропности может служить показателем интенсивности роста. В последнем случае главный побег понуждает боковые к плагиотропному росту; он тормозит у хвойных пород образование креновой, а у лиственных — тяговой древесины и препятствует таким образом поднятию ветвей (Зединг, 1955). При удалении верхушки она замещается ближайшей боковой ветвью. Поднятие боковой ветви у хвойных вызывается усиленным образованием креновой древесины на нижней стороне ветви. В тех случаях, когда на смену удаленной верхушки поднимаются две ветви, более сильная из них обычно подавляет ортотропный рост другой. Она возвращается к плагиотропному положению в результате развития креновой древесины на верхней стороне ветви (Sinnot, 1952; Зединг, 1955). Креновую древесину на верхней стороне горизонтально растущих ветвей хвойных наблюдал также В. М. Боровиков (1909), что дало ему основание выступить против взглядов Гартига на причину ее образования. Если плагиотропно растущую боковую ветвь (например, ели) вывести из нормального положения, подтянув ее кверху под более острым углом, то на верхней стороне ветви образуется креновая древесина, которая возвращает верхнюю часть ветви в исходное положение (Sinnot, 1952).

Наклонно растущие главные стволики стланика ведут себя в этом отношении, как ортотропные побеги хвойных. Креновая

древесина образуется исключительно на нижней стороне. Вертикально растущие верхушки стволиков не имеют креновой древесины. Иногда благодаря усиленному образованию креновой древесины в средней части стволика верхушка выводится из вертикального положения и изгибается в противоположную сторону, причем креновая древесина формируется тогда на противоположной стороне стволика (ставшей нижней) и возвращает стволик в вертикальное положение. Величина усушки обычно почти одинакова по периферии вертикально торчащих верхушек стволиков. В этих случаях верхушки их не дают изгибов ни при высыхании, ни при замерзании, так как здесь нет еще дифференцировки на тяговую и креновую древесину. Наблюдения над величиной продольной усушки таких вертикально торчащих верхушек побегов приведены в табл. 25.

Плагиотропный рост главных стволиков стланика определяется недостаточно интенсивным образованием креновой древесины. Только в первые годы жизни стланик имеет закрепленную наследственно плагиотропную форму роста. Возможно, что плагиотропизм и в данном случае связан с низким содержанием ростовых веществ, о чем свидетельствует крайне медленный рост его в первые годы. Интересно, что стланик имеет крайне задержанный рост в первые 10 лет и в условиях культуры в лесостепи (Вехов, 1953). Крайне задержанный рост имел стланик в культуре в Англии, где он в возрасте 20 лет достигал всего 15 см в высоту (Hornibrook, 1938; Dallingmore, 1948). Прирост молодых экземпляров стланика в окрестностях Магадана (см. табл. 43) в первые годы жизни не превышает 1—2, реже 3 см.

Установлено, что у быстро растущих молодых сосен (*Pinus ponderosa*, *P. torreyana*) содержание ростовых гормонов всегда выше, чем у медленно растущих (Spurr and Huvärinen, 1954a). Однако высокое содержание ростовых веществ, с которым связано формирование креновой древесины, есть отчасти и следствие усиленного роста, так как ростовые вещества образуются в растущих тканях. Как указывает Зединг (1955), рост и образование ростовых веществ взаимно связаны, они являются одновременно и причиной и следствием, частями единого процесса. Недостаток питательных веществ, особенно азота, влияет на образование ростовых веществ в той же степени, как и на рост.

Наблюдения над стлаником показывают, что степень его простратности связана с условиями среды. Где рост стланика подавлен, безразлично, будет ли лимитирующим фактором недостаток влаги, бедность субстрата, низкая температура почвы, там он образует наиболее простратные формы. К тому

Таблица 25

## Угол наклона стволика стланика и дифференциация его древесины на тяговую и креневую

Место взятия образца	Угол наклона взятой части стволика к вертикали, °	Диаметр взятой части стволика, мм	Продольная усушка древесины, %	
			с тяговой стороны	с креновой стороны
Один из стволиков молодого чашеобразного куста. Первая проба ( $<75^\circ$ ) отобрана на расстоянии 5 см от места укоренения. Нагрузка не снята.	75	23	0,80	3,1
	45	21	1,15	11,4
	40	20	0,77	9,2
	15	18	0,30	2,0
	13	17	1,0	1,87
	10	15	3,5	0,50
	0	11	3,5	0,84
	0	7	3,0	2,9
Верхняя часть одного из стволиков молодого чашеобразного куста . . .	30	20	2,0	10,0
	30	19	0,41	5,5
	20	14	0,84	3,5
	10	13	3,6	2,5
	0	12	3,7	2,2
	0	11	3,5	2,1
	0	10	2,4	5,4
	2	7	5,2	5,7
Верхняя часть одного из стволиков молодого чашеобразного куста . . .	—	—	—	—
	—	—	—	—
	—	—	—	—
	45	21	0,22	8,5
	30	17	1,0	1,7
	0	12	2,2	0,35
	0	10	2,67	0,67
5	8	2,35	0,47	

же приводят голодание и недостаток влаги, вызванные усиленной конкуренцией с более мощными экземплярами стланика. Так как ростовые вещества передвигаются по стволику базипетально от верхушечной почки и хвой — места их образования, то отсюда исходят импульсы к образованию креновой древесины. Возможно, что уменьшение содержания ростовых веществ по направлению к основанию стволиков отчасти связано и с разрушением их под влиянием специальных энзимов. Было установлено, что содержание разрушающих ауксин энзимов особенно высоко в корнях (Leopold, 1955). Возможно, что оно повышено и в граничащих с ними нижних частях стволиков. По Н. А. Максимова (1946), ростовые вещества вызывают приток воды и питательных веществ к месту их воздействия, что неминуемо сопровождается оттоком этих веществ от других органов и частей растения. Как отмечал Н. Г. Холодный (1939), ауксин регулирует деятельность камбия и является одним из факторов, необходимых для нормального функционирования вторичной образовательной ткани.

При подавленном росте ростовых веществ крайне мало, и креновая древесина не образуется. Стланик растет по шпалерному типу со стволиком, лежащим почти на всем его протяжении. В лучших условиях роста ростовых и питательных веществ больше, креновая древесина образуется в верхней части стволика, которая приподнимается на большем или меньшем протяжении и под большим или меньшим углом к поверхности почвы, в зависимости от степени выраженности креновой древесины. В очень хороших условиях для роста стволики поднимаются почти вертикально и только самое основание их изогнуто под острым углом к поверхности почвы. Таким образом, с ухудшением условий для роста изменяется не только его интенсивность, но и направление роста побегов. В общем здесь имеется чрезвычайно целесообразная реакция, возникающая в результате длительного приспособления к среде. Вместе с ухудшением условий существования древесно-кустарниковый ярус становится все более и более разреженным. Снег сдувается ветром и не образует мощного покрова. В этих условиях чем простратнее кусты и чем плотнее они прижаты к поверхности почвы, тем лучше они защищены от потери влаги и от снеговой корразии.

Интересно выяснить, в каком возрасте происходят изгиб стволика и дифференциация древесины на тяговую и креневую. Осмотр большого количества семенных экземпляров показал, что у всех них основание стебля изогнуто под более или менее острым углом к поверхности субстрата, хотя выше стебель зачастую принимает почти вертикальное положение. Изучение анатомического строения молодых экземпляров по-

казало, что кренивая древесина образуется на вогнутой стороне гипокотыля на втором-третьем году жизни, т. е. уже после того, как образовался изгиб. Эти изгибы образуются, по моим наблюдениям, различным образом. Первоначальные изгибы могут возникать, когда из одного «гнезда» (кладовой кедровки или упавшей шишки) развивается целый пучок

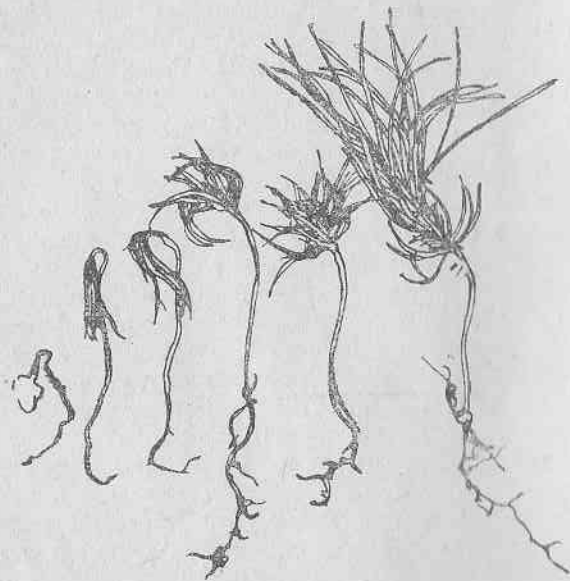


Рис. 18. Образование первоначального одностороннего изгиба основания стволика стланика. (Объяснения в тексте)

всходов. Растопыривающиеся горизонтально семядоли отодвигают верхние части всходов друг от друга и они наклоняются во все стороны от центра. Однако и у одиночно развивающихся молодых экземпляров стланика основание стволика оказывается изогнутым и обычно даже прижавшимся к земле. При прорастании, когда семя, еще заключенное в скорлупу, выносится над поверхностью почвы, гипокотиль бывает согнут дугообразно. В дальнейшем гипокотиль хотя и распрямляется, но его изгиб полностью не ликвидируется и верхняя часть остается более или менее сильно наклоненной в одну сторону (рис. 18). На втором-третьем году жизни на вогнутой стороне гипокотыля начинается образование кренивой древесины (рис. 19). Резко выраженная кренивая древесина формируется лишь в верхней части гипокотыля. На кренивой стороне при-

рост ксилемы раза в полтора больше и ксилема приобретает эксцентрическое строение. В нижней части гипокотыля кренивая древесина или совершенно не образуется, или образуется в слабо выраженной форме. Ксилема здесь построена концентрически, так как прирост примерно одинаков по всем ради-

сам. Таким образом, самое основание стволика (гипокотыля) оказывается не укрепленным механической тканью. В дальнейшем, по мере роста стебля, здесь происходит изгиб под влиянием увеличивающейся нагрузки. Основание стволика ложится на землю. Верхняя же часть стебля вследствие усиленного образования кренивой древесины резко изгибается в противоположную сторону (вверх).

Морфогенезом стланных форм занимался И. Г. Серебряков (1954), детально изучивший *Juniperus turkestanika*. По его данным, туркестанская арча образует как деревья до 18 м высотой, так и стланные формы, едва превышающие 30—40 см. Хотя древовидные формы обычно бывают приурочены к мелкоземным почвам, а стланные к более щебнистым, однако нередко обе эти формы встречаются рядом. Основой структурообразования стланцевой формы, по И. Г. Серебрякову, является изменение геотропической реакции побегов, причем наибольшее и определяющее плагитропность роста значение принадлежит здесь внешним условиям. Ссылаясь на опыты Н. С. Турковой (1953), по данным которой ослабление аэрации почвы приводило к полеганию побегов у многих растений, Серебряков отмечает, что эта причина вряд ли может определять стланцевую форму роста арчи на щебнистых почвах. Таким образом, вопрос о причинах, вызывающих появление стланных форм арчи, остался открытым. Воз-

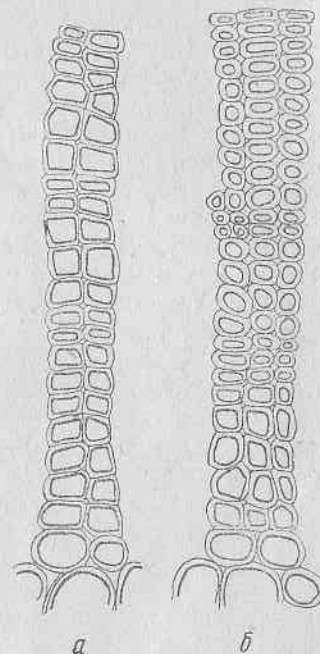


Рис. 19. Дифференциация древесины на тяговую и кренивую в средней части гипокотыля трехлетних экземпляров стланика. Хорошо выраженная кренивая древесина образовалась на втором году жизни: а — строение древесины с тяговой стороны; б — то же с кренивой стороны

можно, что здесь имеют место те же отношения, что и у кедрового стланика, и что степень развития креновой древесины определяет большую или меньшую ортотропность побегов. Очень жаль, что автор не обратил внимания на эту сторону вопроса. Стланцевые формы образуют и другие хвойные породы, например *Pinus sibirica* и *P. cembra*. Часто эта форма роста связана с механическими повреждениями главного стволика. Однако, как отмечает Ламмермайр (Lammermaier, 1932), в Альпах стланцевые формы *P. cembra*, аналогичные *P. pinila* Rgl., встречаются и на местообитаниях, защищенных от всяких механических воздействий ветра, снежных лавин, камнепадов, пастьбы скота и пр. В этих случаях никаких признаков внешних повреждений, которые могли бы привести к формированию лежащей формы кедра, обнаружить было невозможно. Вопрос о причинах, вызывающих эту форму роста, так же как и вопрос о систематическом значении стланцевой формы, автор оставляет открытым.

Видимо, стланцевые формы, так же как и у кедровника, возникают в неблагоприятных условиях роста, где растение испытывает недостаток в питательных веществах, влаге, тепле и пр. Столь же неблагоприятные условия для развития могут создаваться и в результате обостренной конкуренции, когда молодые растения развиваются на территории, уже занятой взрослыми экземплярами того же вида. С другой стороны, вид, имеющий обычно стланцевую форму роста, попадая в очень благоприятные условия, часто способен образовывать вертикально направленные стволики. Так, например, кедровый стланник на выщелоченном черноземе в Липецкой области сформировал куст (270 см высотой) с вертикально направленными ветвями. Только самая нижняя часть главного стволика, длиной около 15—20 см, имела горизонтальное направление (Вехов, 1953).

## ХОД РОСТА СТЛАНИКА В РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ

Во многих лесотундровых и особенно высокогорных районах северо-востока Азии стланник является основным или даже единственным источником древесного топлива. Значение кедровника как топлива особенно возросло в связи с хозяйственным освоением наших северо-восточных окраин. Роль этого вида топлива, как указывают Г. Ф. Стариков и П. Н. Дьяконов (1954, 1955), настолько возросла, что заросли кедровника должны учитываться как лесной фонд. О многообразной хозяйственной ценности стланика имеются указания в обширной ботанической и лесоводственной литературе, однако данных о его возобновлении и особенно о ходе роста в различных условиях крайне мало. Во всей просмотренной мною литературе я нашел анализы хода роста лишь четырех кустов стланика, помещенные в работе Б. А. Тихомирова (1949). Во всех случаях были изучены сравнительно молодые кусты (25, 53, 118 и 124 года), растущие на первичной корневой системе. Изучение хода роста стланика встречает значительные трудности из-за его своеобразной формы роста. Дело в том, что абсолютный возраст куста, т. е. возраст его, считая от прорастания семени, не всегда может быть установлен. Точно определить возраст по числу годовичных слоев можно только у тех сравнительно молодых кустов, которые сохранили первичную корневую систему. Однако и в этих случаях в особо неблагоприятных условиях прирост по диаметру оказывается иногда столь незначительным, что в год откладывается слой, содержащий всего один-два ряда трахеид. Древесина в этом случае не дифференцирована на годовичные слои и возраст можно определить только по следам от почечных чешуй. Иногда прирост по диаметру при основании стволика столь подавлен, что годовичные кольца образуются не каждый год (модельные кусты 9 и 10). После полегания стволиков у них появляются придаточные корни на более молодых частях ветвей, которые переходят на собственное корневое питание. После этого первичная корневая система, как и более старая часть стволика, оказавшаяся заблокированной, хотя и долго еще остается живой, но отложения годовичных колец уже не происходит. В дальнейшем первичная корневая система отмирает. Стволик ползет, укореняясь все более и более молодыми частями, отмирая и отгнивая при основании. Первоначально для изучения хода роста я делал разрез через самую старую часть живого стволика, но затем пришлось от этого отказаться. Выявилось, что самая старая часть далеко не всегда имеет больший диаметр и большее число годовичных ко-

лец. Стволик, лежащий на протяжении нескольких метров, часто оказывается более тонким при основании. Его диаметр, а также и число годовичных колец изменяются крайне закономерно. Нередко имеются местные утолщения, соответствующие местам укоренения и отхождения крупных ветвей. Между этими участками часто расположены участки, на которых прирост уже давно прекратился и где стволик иногда даже отмер совершенно. Из-за этой особенности роста стланика основной разрез, по которому производился подсчет роста по диа-

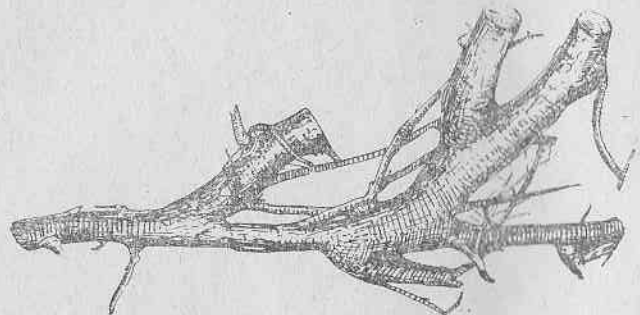


Рис. 20. Основание куста стланика. Видно, что более старая часть стволика (левая часть рисунка) тоньше отходящих от нее ветвей боковых

метру и в длину, не всегда брался в самой старой части стволика. Но так как в старой, прекратившей прирост, части стволика нередко содержалась значительная, а иногда и большая часть запаса древесины, то она тщательно замерялась. Всегда указывались при этом и размеры совершенно отмершей части. На рис. 20, где изображено основание подобного куста стланика, видно, что более старая часть стволика значительно тоньше отходящих от нее боковых укоренившихся ветвей. При этом основание стволика, а также средняя его часть, соединяющая две толстые боковые ветви, отмерли и частично уже лишены коры.

При рассмотрении кривых среднего прироста стланика в длину (рис. 21) обращает внимание их разнохарактерность. Для молодых чашеобразных кустов и вообще для кустов, у которых сохранилась первичная корневая система, чаще характерна кривая, имеющая вслед за максимальным подъемом более или менее крутое падение величины прироста (модельные кусты 8, 13, 14). Кусты, утратившие первичную корневую систему и живущие за счет придаточных корней, не всегда имеют характерную для древесных пород кривую роста. Здесь

совершенно нельзя усмотреть падения прироста в длину из-за старения кустов. Видимо, в данном случае происходит постоянное обновление кустов при образовании придаточных корней. Это явление совершенно аналогично омоложению, установленному для древесных пород при вегетативном размножении черенками (Данилов, 1948). Кусты стланика могут расти таким образом, переходя на все более и более молодую корневую систему, безгранично долгое время.

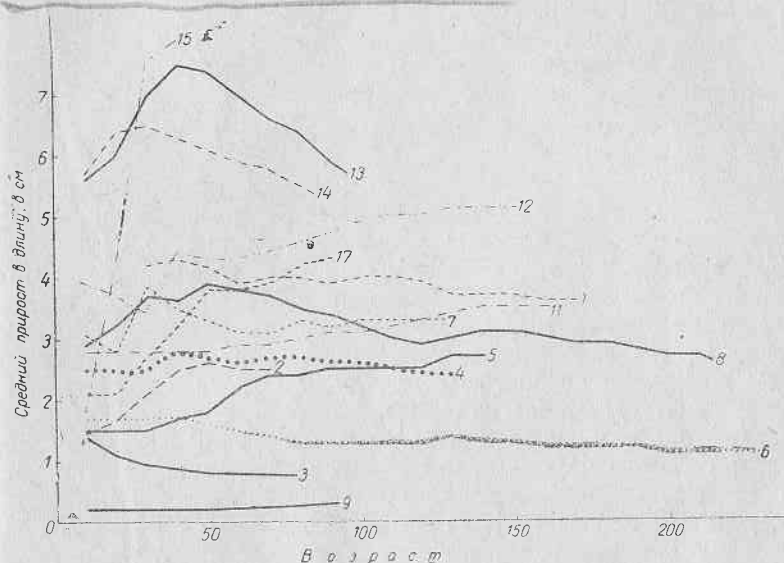


Рис. 21. Ход роста модельных кустов стланика. Средний прирост в длину (в см)

Следует, однако, отметить, что, по данным С. А. Пивник (19586), относящимся к северо-западной части ареала стланика, рост его в длину обычно прекращается в возрасте 160—180 лет, что совершенно не имеет места в окрестностях Магадана. Во всяком случае ни мне, ни другим авторам (Тихомиров, 1949) не приходилось наблюдать естественного отмирания кустов стланика по старости. Ход роста подобных кустов обусловлен внешними воздействиями и изменением условий среды. Некоторые кривые хода роста обнаруживают постепенное снижение прироста, что, видимо, связано с постепенным смыканием зарослей, усилением конкуренции за влагу и питательные вещества и с формированием торфянистой дернины, постепенно изолирующей куст от минерального питания, а главное ухудшающей температурные усло-

вия для жизнедеятельности корневых систем. Как показали наблюдения, произведенные в тундровой и лесотундровой зонах, уничтожение торфянистой дернины вызывает значительное повышение летней температуры почвы. Так, по данным Н. И. Пьявченко (1955), на участке со снятой дерниной температура почвы на глубине 20 см повышалась почти вдвое (с 8 до 14°). По наблюдениям А. П. Тыртыкова (1955), средняя температура почвы в редкостойном лесу на глубине 15 см, за период с 15 июня по 5 сентября, после снятия дернины на 7°,3 выше, чем в естественных условиях, где она была равна всего 3°. В лиственных лесах Северо-Востока уничтожение живого покрова низовым пожаром, по Л. К. Позднякову (1956), увеличивает глубину оттаивания почвы в полтора раза.

В других случаях (особенно на местах, откуда снег усиленно сдувается и где кусты страдают от снеговой корразии), наоборот, прирост в длину увеличивается вместе с увеличением густоты зарослей. Этим, видимо, следует объяснить подъем кривой роста модельного куста 11, выросшего на пожарище, на платообразной вершине гряды. Условия водоснабжения кустов стланика, выросших на пожарище, в первые годы жизни, когда снег сметался, были хуже и лишь постепенно улучшались вместе с ростом стланика, а также кустарниковой ольхи и лиственницы, входящих в состав древесно-кустарникового яруса. Условия для роста существенно изменяются вместе с формированием торфянистой дернины. При этом далеко не всегда и не на всех местоположениях торфянистая дернина ухудшает условия роста. По крутым щебнистым и каменистым склонам развитие торфянистой дернины улучшает условия водоснабжения. Приходилось наблюдать сомкнутые заросли стланика, которые развились на подобных склонах часто исключительно за счет мощной дернины (модельный куст 7). В ряде случаев такая дернина, достигающая 30—40 см мощности, залегает непосредственно на голых камнях и щебенке. Корни стланика и остальных кустарниковых и травянистых видов располагаются исключительно в торфянистой дернине, особенно в ее верхних горизонтах. В нижних частях торфянистой дернины и в минеральном грунте прослеживаются только отмершие корни. Многие полегшие и обросшие торфянистой дерниной стволы стланика дают корни, которые первоначально направляются вертикально вверх и лишь затем разветвляются в горизонтальной плоскости у самой верхней поверхности дернины. Прирост стланика довольно хороший и он не испытывает недостатка в минеральных солях, хотя и изолирован дерниной от минерального грунта; минеральное питание он получает вместе с мелкоземом, смывае-

мым и сдуваемым с выше расположенных склонов и вершин гряд и сопок. До развития торфянистой дернины на подстилающих ее голых каменистых россыпях могли существовать лишь редкие угнетенные кусты стланика.

Наблюдались также случаи, когда два соседних куста, в молодости имевшие примерно одинаковую длину, в дальнейшем начинали все более и более отличаться друг от друга. Один из них, оказавшийся в несколько более благоприятном окружении, начинал расти более интенсивно, тогда как прирост в длину второго, наоборот, все более и более снижался из-за возрастающего угнетения со стороны более мощных кустов (модельные кусты 2 и 3). Рассматривая кривые хода роста по диаметру, следует отметить резкое падение среднего и особенно текущего прироста.

На молодых пожарищах кусты стланика обычно имеют чашеобразную форму. Однако в том случае, когда стланик развивается на наветренных склонах и на вершинах водораздельных гряд, откуда снег сдувается, он чашеобразных кустов не образует. Кусты тогда здесь ориентированы вершинками по направлению господствующего ветра и ползут, более или менее плотно прижавшись к поверхности почвы. Семенное возобновление протекает на пожарищах успешно лишь до формирования осоково-злаковой дернины. В дальнейшем оно оказывается подавленным и густота зарослей стланика увеличивается главным образом за счет вегетативного размножения. Вначале чашеобразные кусты не образуют сомкнутого яруса. Живые ветви на расходящихся во все стороны стволиках начинаются почти от самой земли. При дальнейшем росте они постепенно ложатся при основании и обрастают лишайниковой или мохово-лишайниковой дерниной. Их боковые ветви укореняются и переходят постепенно на собственное корневое питание. Только проследивая их под дерниной, можно установить, что они являются частями одного вегетативно размножившегося куста. По мере смыкания зарослей вегетативное размножение ослабевает и, наконец, совершенно прекращается. Из-за сильного затенения нижние боковые ветви отмирают, стволы также ползут, отмирая при основании и укореняясь ближе к вершине, но количество их при этом не увеличивается.

Кедровый стланик был распространен в окрестностях Магадана крайне широко, занимая почти все элементы рельефа. Он входил в виде подлеска в состав лиственных и лиственнично-березовых лесов, а выше лесной границы образовывал сообщества без участия древесных пород. Рубки и пожары сильно изменили первоначальный характер растительности. В настоящее время большую часть территории зани-

мают пожарища, главным образом молодые, и участки, на которых проведена выборочная или чаще сплошная вырубка древесного яруса. Не затронутые рубками участки леса встречаются крайне редко и преимущественно среди менее продуктивных типов леса у его верхней границы. Лучше сохранились заросли стланика. Местами по наиболее крутым склонам вместо существовавших ранее лиственничных лесов и зарослей стланика возникли каменистые россыпи. Маломощный почвенный покров после пожара был смыт и только сохранившиеся кое-где пни лиственницы и мертвые обгорелые стволы стланика свидетельствуют о недавнем происхождении россыпей.

Интенсивность роста стланика в значительной степени связана с наличием и мощностью торфянистой дернины. Последняя же, при прочих равных условиях, зависит от длительности периода, прошедшего со времени последнего пожара. Следы пожаров, в виде хорошо сохранившихся угольков, я находил буквально всюду: под подстилкой, под мощной (до 30—40 см) торфянистой дерниной и даже в делювиальных отложениях; угольки имелись даже под самыми старыми участками леса и зарослей стланика. Часто о том же свидетельствовали большая примесь березы и крайняя неоднородность растительного покрова, в частности неравномерное распределение кустов стланика, которые еще не утратили чашеобразной формы, характерной для молодых экземпляров, развившихся на пожарищах.

Ближе к основанию склонов, где процесс отложения продуктов выветривания преобладает над их сносом, в сформировавшемся делювии можно наблюдать следы даже нескольких разновозрастных пожаров. Угольки в делювии, на глубине 1,2 м от поверхности, были обнаружены мною впервые в 1940 г. на северо-западной окраине г. Магадана, при рытье котлована под строящийся дом. На поверхности почвы под густыми зарослями стланика была хорошо выражена торфянистая дернина. Пни недавно спиленных лиственниц достигали 40—45 см в диаметре. В дальнейшем угольки в делювии я наблюдал во многих местах.

Приведу описание разреза, в котором встречено четыре разновозрастных горизонта с угольками. Самый нижний из них был расположен на глубине 190—195 см от поверхности.

Разрез, находящийся при основании северо-восточного склона к р. Каменушке, был вскрыт железнодорожной выемкой. До проведения дороги здесь рос старый лиственничный лес с обильным подлеском из стланика и хорошо развитым моховым покровом.

#### Почвенный разрез

0—45 см	Перегноино-торфянистый горизонт. Темные гумусированные прослойки чередуются с бурыми, слабо разложившимися торфянистыми слоями. На глубине 20—30 см линзы и тонкие песчаные прослойки. В самой нижней части горизонта встречаются угольки.
45—65 см	Песчаный с тонкими суглинистыми гумусированными прослойками и слоями крупного гравия.
65—90 см	Легкосуглинистый с многочисленными песчаными прослойками и обильными угольками.
90—150 см	Песчаный с многочисленными тонкими сероватыми легкосуглинистыми гумусированными слоями. Местами линзы и прослойки мелкой дресвы и гравия.
150—170 см	Легкосуглинистый с единичными песчаными прослойками и многочисленными мелкими угольками.
170—190 см	Песчаный с прослойками мелкой дресвы.
190—195 см	Легкосуглинистый сероватый гумусированный с редкими угольками.
195—210 см	Песчаный желтовато-ржавый.

На соседнем обнажении на глубине 65—85, 100—115 и 150—180 см встречаются куски слабо разложившейся сфагновой дернины.

Нахождение угольков глубоко в делювиальных отложениях свидетельствует о том, что пожары имели место очень давно, видимо еще до заселения края человеком. Ближе к нашим дням, особенно за последние два десятка лет, они лишь значительно участились. Ископаемые следы пожаров установлены и для периодов, предшествовавших появлению человека (Шварцбах, 1955). Различные авторы расходятся лишь в оценке частоты возникновения пожаров, не связанных с его деятельностью (Корчагин, 1954; Балабышев, 1956). Таким образом, пожары, видимо, уже с незапамятных времен оказывали огромное влияние не только на растительность, но и на формирование почвенного покрова. За каждым пожаром следовало усиление процессов сноса и переотложения продуктов выветривания. После выгорания дернины и гибели растительности, скреплявшей поверхностные слои почвы, в верхней части склонов начинаются усиленный снос мелкозема и разрушение почвенных горизонтов. Снова выступают глыбы диорита там, где до пожаров они были затянuty торфянистой дерниной и частично прикрыты мелкоземом. Весь этот материал отлагается на нижней части склонов, где формируются делювиальные плащи, включающие прослойки угольков, частично же попадает в реки. Количество снесенного во время сильных дождей с молодых пожарищ материала оказывается иногда столь значительным, что он совершенно погребает травянистый покров на участках долины, примыкающих к склону.

Восстановление стланика на пожарищах начинается уже на первый-второй год из семян, занесенных кедровкой. Следует отметить, что в настоящее время пожарища обсеменяются крайне слабо из-за удаленности плодоносящих массивов стланика и ввиду резкого падения численности кедровки, которая, как известно, является основным распространителем кедрового стланика (Тихомиров, 1949), за что вполне заслужила эпитет «пернатый лесовод» (Базекин, 1958). К крайнему сожалению, эта полезная птица подвергается интенсивному уничтожению. Раньше возобновление стланика происходило более успешно. Так, в 1946 г. я еще застал в окрестностях Магадана на старых пожарищах очень густые заросли молодых чашеобразных кустов стланика. Поражала одновозрастность кустов и густота их расположения. Позднее (1955 г.) на пожарищах, имеющих уже 10—15-летнюю давность, были видны лишь единичные кустики стланика. Еще хуже, кетати сказать, обстоит дело с возобновлением лиственницы.

Восстановление растительности на пожарище проходит по-разному в зависимости от условий среды. На лесных пожарищах оно начинается с кипрейной стадии, сменяющейся осоковой или осоково-злаковой. Если торфянистая дернина до пожара была слабой, то на первый же год от корней и корневищ, сохранившихся в почве, отрастают березка Миддендорфа, багульник, голубика и брусника. Далее туда внедряется большое количество видов, характерных для опушек лесов и луговых ценозов. Постепенно появляются и типичные лесные виды трав, которые первоначально жмутся к кустам, а затем все более и более распространяются по мере смыкания древесно-кустарникового яруса.

Пожары создают необычайное разнообразие растительного покрова, и в частности ассоциаций, в состав которых входит стланик. Видимо, это дало основание Н. В. Павлову высказать взгляд, что стланик на Камчатке является растением с еще неопределенным местом в ландшафте и в достаточной степени случайным видовым составом ассоциации. Стланик растет здесь во всех поясах, начиная от низменностей Охотского побережья и кончая субальпийскими высотами гор, что Н. В. Павлов объясняет сравнительно недавним появлением его на Камчатке (Павлов и Чижиков, 1937). Количество ассоциаций, в состав которых входит стланик, не менее многочисленно и в окрестностях Магадана, однако большинство из них представляет лишь различные стадии пирогенных сукцессий.

На наиболее возвышенных массивах и грядах стланик растет в виде приземистых, едва возвышающихся над поверхностью субстрата кустов, жмущихся к малейшим углублениям

рельефа. Проекция стланика обычно не превышает 5—10% и часто бывает еще ниже, почему на подобных местоположениях он меньше страдает от пожаров. Общая проекция растительного покрова обычно также незначительна. Мелкоземистые продукты выветривания и растительный отпад смываются и сдуваются. Преобладают россыпи камней, щебенки и дресвы. Под защитой кустов стланика растут *Vaccinium vitis idaea*, *Ledum decumbens*. На открытых местах между кустами рассеяны единичные экземпляры *Dicentra peregrina*, *Sieversia pusilla*, *Rhododendron kamtschaticum*, *Diapensia obovata*, *Cassiope ericoides*, *Luzula Wahlenbergii*, *Saxifraga Redowskiana*, реже *Bupleurum triradiatum*, *Alsine verna*, *Silene stenophylla*, *Patrinia rupestris*, *Cassiope lycopodioides*, *Dryas incanescens*, *Arenaria capillaris*, *Cardamine bellidifolia*, *Androsace ochotensis* и др. Лишайниковый покров из жмущихся к менее ветроударным местоположениям *Cladonia alpestris*, *Cl. silvatica*, *Cl. rangiferina*, *Alectoria ochroleuca*, *Stereocaulon paschale*, *Cetraria nivalis*, *C. cucullata*. В зимнее время ветер почти совершенно сметает снег с подобных местоположений. Кусты стланика плохо защищены от снежной корразии. Все они вытянуты по направлению господствующего ветра с северо-востока на юго-запад. В ветровой тени, образуемой отмершими ветвями, расположенными ближе к основанию стволика, образуется небольшой сугробик снега, под защитой которого зимуют живые ветви, плотно прижавшиеся к самой поверхности субстрата. Для кустов стланика, растущих в подобных условиях, характерно частое отсыхание вершинок ветвей, выступающих над снегом. Вершинка при этом замещается боковой ветвью, расположенной ближе к поверхности почвы. После отмирания главной вершинки боковая ветвь начинает усиленно расти в длину и по диаметру до тех пор, пока она также не отомрет и не будет заменена боковой ветвью. В течение жизни куста происходит неоднократное отмирание его вершинки и замена ее боковой ветвью. Поэтому при анализе хода роста подобных лежащих стволиков стланика выявляется крайняя неравномерность прироста как в длину, так и по диаметру, что видно из приводимых ниже данных по отдельным модельным кустам.

Модельный куст 1. Отобран на гребне водораздельной гряды в 14 км к северу от г. Магадана. Рельеф почти ровный. Поверхность усеяна щебенкой и дресвой глинистого сланца и задернована на 20%. Кусты стланика занимают 5—7% площади. Растительный покров из кассиопеи, камчатского рододендрона, камнеломки Редовского, дицентры, сиверзии, багульника, брусники и голубики. Лишайниковый покров из лесной, альпийской и оленьей кладонии, снежной цетрарии,



алектории и стереокаулона<sup>1</sup>. Модельный куст представляет собой лежащее деревце 6 м длиной, обильно ветвящееся в горизонтальной плоскости и укореняющееся. Высота куста 0,25 м. Первые живые ветви отходят на расстоянии 0,6 м от места первоначального укоренения. Боковые ветви, так же как и главные, укореняются. Главный ствол модельного куста в 4 м от корневой шейки толще, чем в 3 и 3,5 м. Это объясняется тем, что у сечения, расположенного в 4 м от корневой шейки, отходят крупные корни и верхняя часть ветви перешла в основном на собственное корневое питание. Молодые придаточные корни главной ветви расположены на расстоянии 1,5 м от вершинки. У сечения, проходящего через ствол на расстоянии 1 м от корневой шейки, выгнила сердцевина и сосчитать количество годичных слоев невозможно. У кустов, растущих в окружении, первичная корневая система полностью уже отмерла (табл. 26).

Верхние части склонов в зависимости от их крутизны и характера геологических пород заняты то почти голыми каменистыми россыпями, то более или менее сомкнутыми зарослями стланика. Наиболее крутые склоны встречаются в верховьях долин, врезающихся в водораздельный массив между реками Магаданкой, Дукчей и Оксой. Здесь каменистые россыпи и заросли стланика спускаются зачастую до самого дна долин. Лиственничные и березовые лески заходят сюда в виде узких лент, совершенно выклиниваясь к верховьям долин, где крутые склоны подступают вплотную к водотоку. Среди ассоциаций кедрового стланика в верхней части склонов наиболее распространены каменисто-ягельный кедровник. Эта ассоциация занимает самые сухие местоположения, характеризующиеся к тому же очень тощими почвами. Стланик господствует здесь почти безраздельно. Кустарниковая ольха и березки Миддендорфа и овалоллиственная обычно совершенно отсутствуют. Выпадает здесь и бузинолистная рябина. Золотистый рододендрон и березолистная спирея встречаются редко. В кустарничковом покрове обычны багульник, брусника, реже голубика. Лишайниковая дернина не достигает большой мощности и всюду прерывается выступающими на поверхность глыбами диорита или сланцев и пятнами щебенки и дресвы. На прогалинах среди зарослей стланика появляются кассиопея, камчатский рододендрон, камнеломка Редовского, дицентра. Ближе к верхним частям склона здесь же встречаются *Siversia pusilla*, *Diapensia obovata*, *Hierochloa alpina*. Пирогенные сукцессии на местоположениях, занятых каменисто-ягельным кедровни-

<sup>1</sup> Более полные описания растительности к модельным кустам приведены в табл. 44.

Ход роста модельного куста 1

Возраст (годы)	Диаметр у корневой шейки, мм	Прирост по диа- метру, мм		Длина стволи- ка, м	Прирост по длине, см	
		средний	текущий		средний	текущий
10	3,5	0,35	0,35	—	—	—
20	7,5	0,37	0,40	—	—	—
30	20,0	0,66	1,25	1,26	4,2	—
40	31,5	0,78	1,15	1,71	4,3	—
50	39,0	0,78	0,75	2,09	4,2	3,8
60	45,3	0,76	0,63	2,36	3,9	2,7
70	48,6	0,69	0,34	2,78	4,0	4,2
80	53,5	0,67	0,48	3,19	4,0	4,1
90	59,8	0,66	0,64	3,5	3,9	3,1
100	66,5	0,66	0,67	4,0	4,0	5,0
110	72,1	0,65	0,56	4,36	4,0	3,6
120	78,1	0,65	0,60	4,64	3,9	2,8
130	82,2	0,63	0,41	4,86	3,7	2,2
140	85,9	0,61	0,38	5,17	3,7	3,1
150	89,7	0,60	0,38	5,59	3,7	4,2
160	91,5	0,57	0,19	5,82	3,6	2,3
167	93,0	0,56	0,15	6,00	3,6	2,6

ком, менее сложны. Из-за сухости субстрата совершенно выпадают кипрейная и осоково-злаковая стадии. Не образуется здесь и зарослей кустарниковых березок. После пожара быстро разрастаются багульник, брусника и голубика, которые дают обильные отпрыски ст корневых, расположенных в минеральном грунте. Значительно усиливается роль кассиопеи. Почти одновременно начинают появляться всходы стланика из семян, уцелевших от пожара и вновь занесенных кедровкой.

Благодаря разреженности зарослей стланика здесь иногда сохраняются даже единичные старые кусты.

Модельные кусты 2 и 3. Каменисто-ягельный кедровник по южному каменисто-щебнистому склону в верховьях Андреевского распадка. Угол наклона 25—30°. Склон покрыт низкорослыми зарослями стланика, не превышающими в высоту 0,6—0,7 м. Кусты чашеобразные, однако сильнее развиты ветви, направленные вниз по склону. Проекция стланика около 50—60%. Лучшего развития стланик достигает в слабых вдавлениях склона. В густых зарослях стланика имеется подстилка из хвон. В кустах покров из брусники, багульника, альпийской, лесной и оленьей кладонии и снежной цетрарии. Поверхность почвы на прогалинах между кустами усеяна глыбами и осколками диорита, промежутки между которыми заполнены мелкой дресвой и щебенкой. На прогалинах преобладают кассиопея, брусника, багульник, филлодоце, сиверзия. Лишайниковый покров из тех же лишайников и стереокаулона. На этом участке взяты два модельных куста: 2 — в густых зарослях стланика в слабом вдавлении склона (табл. 27) и 3 —

Таблица 27

Ход роста модельного куста 2

Возраст (годы)	Диаметр у места укоренения, мм	Прирост по диаметру, мм		Длина стволика, м	Прирост по длине, см	
		средний	текущий		средний	текущий
10	2,5	0,25	0,25	0,146	1,46	1,46
20	4,4	0,22	0,19	0,33	1,65	1,80
30	9,75	0,33	0,53	0,64	2,1	3,1
40	15,25	0,38	0,55	1,03	2,5	3,9
50	19,25	0,38	0,40	1,33	2,6	3,0
60	24,1	0,40	0,47	1,52	2,5	1,9
64	27,0	0,42	0,72	1,60	2,5	2,0

на прогалине между более крупными кустами (табл. 28). Модельный куст 2 имел форму чаши около 3 м в диаметре, 65 см высотой. Все ветви, расходящиеся от центра, укоренились и дервиная корневая система отмерла. Взята одна из ветвей. Модельный куст 3 ветвится от корневой шейки по всем направ-

Ход роста модельного куста 3

Возраст (годы)	Диаметр у корневой шейки, мм	Прирост по диаметру, мм		Длина стволика, м	Прирост по длине, см	
		средний	текущий		средний	текущий
10	1,5	0,15	0,15	0,14	1,4	1,4
20	3,15	0,16	0,16	0,22	1,1	0,80
30	4,55	0,15	0,14	0,29	0,96	0,70
40	6,35	0,16	0,18	0,35	0,87	0,60
50	9,6	0,19	0,32	0,41	0,82	0,60
60	11,5	0,19	0,19	0,48	0,80	0,70
70	14,5	0,20	0,26	0,55	0,79	0,70
78	16,65	0,21	0,25	0,60	0,77	0,62

лениям, образуя чашу около 1 м в диаметре и 0,25 м высотой. Возраст куста, несмотря на его маленькие размеры, 78 лет.

Модельный куст 4. Каменисто-ягельный кедровник в верхней трети северо-западного склона сопки, примыкающей с юга к Андреевскому распадку. Угол наклона 20°. Проекция кустов стланика 30—35%. Высота стланика 50—60 см. Почти все кусты направлены вершинками на юго-запад и ползут поперек склона, веерообразно ветвясь и укореняясь. В кустах стланика покров из багульника, брусники и кладонии. На прогалинах между кустами, среди глинистого сланца, кассиопея, камнеломка Редовского, диапензия, багульник и лишайники — алектория, кладонии, стереокаулон. Кусты страдают от снеговой корразии и у многих из них отмершие вершинки. Живая часть куста имеет длину 3,03 м. Более старая и уже отмершая часть стволика прослеживается под лишайниковой дерниной на расстоянии 3 м (табл. 29).

Модельный куст 5. Взят на невысоких холмах-останцах, примыкающих к водораздельной гряде, расположенной между низовьями рек Каменушки и Магаданки. По форме роста стланик очень напоминает кусты на гольцах, хотя холмы эти расположены целиком в лесном поясе. Окружающие и примыкающие к ним более высокие гряды и склоны покрыты

Ход роста модельного куста 4

Возраст (годы)	Диаметр у места укоро- нения, мм	Прирост по диа- метру, мм		Длина стволи- ка, м	Прирост по длине, см	
		средний	текущий		средний	текущий
		0,47	0,47		2,5	2,5
10	4,75	0,44	0,40	0,25	2,5	2,5
20	8,75	0,43	0,40	0,50	2,5	2,5
30	12,75	0,45	0,55	0,75	2,8	3,8
40	18,25	0,49	0,65	1,12	2,7	2,5
50	24,75	0,53	0,72	1,37	2,6	2,6
60	32,0	0,54	0,58	1,63	2,7	2,7
70	37,75	0,53	0,52	1,90	2,7	2,5
80	43,0	0,52	0,35	2,14	2,6	2,4
90	46,5	0,50	0,33	2,38	2,6	2,0
100	49,75	0,47	0,22	2,58	2,5	1,6
110	52,0	0,45	0,22	2,74	2,4	1,6
120	54,2	0,43	0,14	2,90	2,4	1,5
129	55,5			3,03		

лиственнично-березовым лесом. Нижние части склонов холмов также покрыты лесом. Безлесье этих холмов определяется сухостью и бесплодием их почв. По этой же причине и стланик не дает здесь сомкнутых зарослей, а отдельные кусты сильно страдают от снеговой корразии. Кусты стланика возвышаются всего на 50—60 см и все вытянуты с северо-востока на юго-запад. Всюду следы повреждения корразией. Во время роста наиболее крупных кустов вершинки их неоднократно отсыхали и заменялись расположенными ниже боковыми ветвями. Проекция стланика около 20—25%. Травянисто-кустарниковая растительность прикрывает не более 40—50% площади. В ее составе много гольцовых видов. Поверхность, лишенная растительности, усеяна дресвой, щебенкой и камнями диорита. Описана площадка по северо-восточному склону холма. Угол падения 10—15°. В кустах стланика в большом количестве

брусника и багульник. Между кустами *Cassiope ericoides*, *Ledum decumbens*, *Dicentra peregrina*, *Artemisia arctica*, *Primula cuneifolia*, *Saxifraga Redowskiana*, *Rhododendron kamtschaticum*, *Hierochloa alpina*, *Scorzonera radiata*, *Silene steppophilla*, *Sedum cyaneum*, *Salix berberifolia* и др.

Привожу ниже описание почвенного разреза, заложенного у модельного куста. Лишайниковая дернина 6 см мощностью.

## Почвенный разрез

A	0—6 см	Светло-серовато-буроватый, супесчано-гравелистый, с примесью кусочков дресвы, рыхлый, переплетенный густой сетью мелких корней.
B	6—11 см	Серовато-желтоватый, супесчано-гравелистый, с примесью дресвы и многочисленных мелких камней.
C	11—55 см	Грязновато-белый, супесчано-гравелистый, переполнен дресвой, щебенкой и камнями диорита. Слегка уплотненный.

Общая длина модельного куста 8,0 м, высота — 60 см. По существу — это деревце, ветвящееся в горизонтальной плоскости, связь между отдельными ветвями которого утратилась, хотя они и соединены еще отсохшими частями стволика. Стволик, которым оно начинается, совершенно отмер на протяжении 3 м и потерял кору. Далее стволик разделяется на четыре ветви, основания которых также отмерли. Основной разрез взят на расстоянии 4,25 м от корневой шейки, где начинается живая часть стволика и где отходят первые живые корни. Первые живые ветви отходят на расстоянии 5,7 м от корневой шейки. Замеры отмершей части стволика таковы:

Длина от корневой шейки, м	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
Диаметр стволика, мм	22,5	29,5	77,0	62,0	65,0	62,0	59,0	32,0	46,0

Диаметр стволика изменяется крайне незакономерно. Утолщения его соответствовали местам отхождения крупных ветвей и корней (табл. 30).

Модельный куст 6. Отобран в лишайниковом кедровнике по правому берегу р. Жукчи в 4 км выше пионерского лагеря. Средняя часть восточного склона. Угол падения склона 25°. Заросли стланика около 1 м высотой при сомкнутости 50%. Там и сям по склону рассеяны единичные карликовые лиственницы с изуродованными кронами. Высота лиственниц не превышает 3 м, диаметр — 8 см. Проекция лиственниц не больше 0,1%. В кустарниковом ярусе, кроме стланика, единичные кусты березки Миддендорфа и золотистого рододендрона. В напочвенном покрове преобладают мелкие кустар-

Таблица 30

## Ход роста модельного куста 5

Возраст (годы)	Диаметр у места укоренения, мм	Прирост по диаметру, мм		Длина живой части стволика, м	Прирост по длине, см	
		средний	текущий		средний	текущий
10	5,0	0,5	0,5	0,15	1,5	1,5
20	8,0	0,4	0,3	0,30	1,5	1,5
30	12,0	0,4	0,4	0,45	1,5	1,5
40	15,5	0,39	0,35	0,67	1,7	2,2
50	19,3	0,39	0,37	0,92	1,8	2,5
60	23,3	0,39	0,40	1,32	2,2	3,0
70	27,5	0,39	0,42	1,67	2,4	3,5
80	31,5	0,39	0,40	1,94	2,4	2,7
90	35,0	0,39	0,35	2,25	2,5	3,1
100	38,4	0,38	0,33	2,54	2,5	2,9
110	41,3	0,37	0,30	2,78	2,5	2,4
120	43,3	0,36	0,20	3,04	2,5	3,2
130	45,0	0,35	0,17	3,46	2,7	4,2
140	46,5	0,33	0,15	3,75	2,7	2,9

нички: шикша, багульник, брусника, к которым примешиваются кассиопея, альпийская толокнянка, голубика, альпийская зубровка. Лишайниковый покров хорошо развит.

## Почвенный разрез

A <sub>1</sub>	0—4 см	Дернина из полуперепревшего опада, густо переплетенная мелкими корешками. Под дерниной многочисленные угольки.
A <sub>2</sub>	4—10 см	Зольного цвета средне суглинистый, рыхлый, пронизан частыми мелкими корнями. Попадаются включения мелких угольков и кусочков глинистого сланца.
B <sub>1</sub>	10—18 см	Желто-ржавый, средне супесчаный, рыхлый, бесструктурный с большим количеством мелких кусочков глинистого сланца и кварца.

B <sub>2</sub>	18—30 см	Серовато-желтый, средне супесчаный, рыхлый, с большой примесью дресвы и щебенки глинистого сланца. Единичные корни.
C	30—60 см	Грязно-желтовато-зеленоватый, средне суглинистый, на 50—60% состоит из дресвы и щебенки глинистого сланца.

Кусты стланика вытянуты с северо-востока на юго-запад, т. е. поперек и несколько вверх по склону. Вершинки многих кустов в результате снежной корразии отмерли. Основание модельного куста отмерло на протяжении 1 м от первоначального места укоренения. Во время роста куста у него два раза отмирала верхинка, заменяясь ближайшей боковой ветвью. Общая длина куста (с отмершей частью) 3,85 м. Высота 0,75 м. Прирост стволика, крайне незначительный по диаметру, измеряется сотыми долями миллиметра. Некоторые годовые кольца состоят всего из двух рядов трахеид. Имеет место выпадение годовых слоев. Так, у места укоренения удалось насчитать всего 216 слоев, тогда как выше их 229. Далее опять произошло выпадение годовых слоев. У выреза, расположенного в 1,5 м от начала стволика, их всего 179, у 1,75 м — 183, а еще выше — у 2 м — 184 годовых кольца. У выреза 1,25 м полная серия годовых слоев отложилась только на половине окружности стволика, так как на остальных  $\frac{3}{4}$  окружности камбий отмер. Живой камбий в вырезах у 1,0, 1,5 и 1,75 м сохранился на большей части окружности стволика, но зато он работает очень вяло и годовые слои откладываются не каждый год. Начиная с выреза 2 м, где отходят первые живые ветви, и выше годовые кольца откладывались ежегодно, хотя они настолько мелки, что могут быть подсчитаны только под микроскопом. Прирост по диаметру подсчитан по вырезу у 1,25 м, расположенному в 0,25 м выше места отхождения живых корней (табл. 31).

Модельный куст 7. Отобран в сфагново-гипновом кедровнике по верхней части восточно-северо-восточного склона. Угол наклона 20—25°. Описанный участок вкраплен в лиственный лес с подлеском из стланика. По ложбинам стока тянутся полосы березы (*B. lanata*) и кустарниковой ольхи. Отсутствие деревьев на описанном участке объясняется крайней маломощностью почвенного покрова. Местами горизонты A<sub>2</sub> и B совершенно отсутствуют и мощная торфянистая дернина залегает непосредственно на камнях и глыбах. Стволики стланика лежат, спускаясь вниз по склону. Высота стланика 2,5—3 м. Полнота 0,8. В напочвенном покрове преобладают: багульник, шикша и брусника. Моховой покров из гипнума Шребера и разбросанных групп сфагнума.

Таблица 31

## Ход роста модельного куста 6

Возраст (годы)	Диаметр у места пос- леднего укоренения, мм	Прирост по диаметру, мм		Длина стволика от места последнего укоренения, м	Прирост по длине, см	
		средний	текущий		средний	текущий
10	5,5	0,55	0,55	0,17	1,7	1,7
20	12,05	0,60	0,65	0,33	1,7	1,6
30	16,75	0,56	0,47	0,50	1,7	1,7
40	23,2	0,58	0,64	0,67	1,7	1,7
50	29,95	0,60	0,67	0,79	1,6	1,2
60	34,85	0,58	0,49	0,87	1,5	0,8
70	38,75	0,55	0,39	0,95	1,4	0,8
80	41,65	0,52	0,29	1,04	1,3	0,9
90	44,75	0,50	0,31	1,14	1,3	1,0
100	46,8	0,47	0,20	1,14	1,3	1,1
110	48,85	0,44	0,20	1,25	1,3	1,1
120	50,65	0,44	0,20	1,44	1,3	1,9
130	52,15	0,43	0,18	1,62	1,3	1,8
140	53,85	0,40	0,15	1,78	1,4	1,6
150	55,45	0,38	0,17	1,83	1,3	0,5
160	56,95	0,37	0,16	1,90	1,3	0,7
170	58,2	0,35	0,15	1,97	1,2	0,7
180	59,55	0,34	0,13	2,05	1,2	0,8
190	60,2	0,33	0,13	2,13	1,2	0,7
200	60,7	0,32	0,07	2,21	1,2	0,8
210	61,2	0,30	0,05	2,30	1,1	0,9
220	61,7	0,29	0,05	2,39	1,1	0,9
229	62,5	0,28	0,05	2,49	1,1	1,0
		0,27	0,03	2,60	1,1	1,2

## Почвенный разрез

A <sub>1</sub>	0—29 см	Торфянистая дернина из слабо разложившегося растительного опада и мхов, густо переплетенная живыми и отмершими корнями.
A <sub>2</sub>	29—35 см	Зольного цвета, легко супесчаный, рыхлый, пронизан густой сетью тонких отмерших корней. В верхней его части многочисленные угольки.
B <sub>1</sub>	35—40 см	Желто-ржавый, легко супесчаный, рыхлый, бесструктурный, с мелкой сеткой отмерших корней.
C	40—90 см	Крупные и мелкие камни диорита. Мелкозем между ними почти отсутствует — вынесен в результате подпочвенной эрозии.

Основание модельного куста лежит под дерниной на протяжении 2,5 м. Постепенно утолщаясь кверху, к месту последнего укоренения, толщина стволика в его начале составляет 70 мм, в 1 м — 97 мм, в 2 м — 110 мм. У места последнего укоренения (в 2,5 м от начала) толщина стволика достигает 136 мм. У части стволика, лежащей под дерниной, выгнила сердцевина. Первичной корневой системы и наиболее старой части стволика не сохранилось. Он начинается под дерниной на глубине 25 см. До 2,5 м стволик лежит под дерниной и моховым покровом, выпуская мощные корни как вниз, так и вертикально вверх в торфянистую дернину. Прирост по диаметру подсчитан по срезу у последнего места укоренения (в 2,5 м от начала стволика), где имеется полная серия годичных слоев (табл. 32).

Ряд лесных ассоциаций начинается с лиственничных редколесий, граничащих с зарослями стланика. Это собственно те же заросли стланика, среди которых там и сям разбросаны низкорослые, сильно угнетенные лиственницы.

Модельный куст 8. Отобран в лиственничном редколесье по восточно-северо-восточному склону к р. Магаданке в 13 км от города. Участок заложен в верхней трети склона. Угол падения 15°. Микрорельеф: небольшие понижения до 0,2—0,3 м глубиной. Стланик в понижениях достигает наиболее мощного развития. Проекция его — до 55%, высота — до 0,8 м. Кусты стланика веерообразно ветвятся и ползут на юго-запад, т. е. вверх по склону. Там и сям рассеяны небольшие лиственницы с однобокими кронами. Проекция лиственниц не превышает 2%. В кустах стланика, особенно в понижениях, имеется торфянистая дерчинка до 6 см мощностью, залегающая или на продуктах выветривания диорита или непосредственно на его глыбах. На прогалинах между кустами крупные и мелкие глыбы и камни диорита, промежутки между которыми заполнены дресвой и щебенкой. В кустах стланика — багульник, брусника, шикша и лишайниковый покров из лесной, альпийской и оленьей кладонии и снежной цетрарии. На

Ход роста модельного куста 7

Возраст (годы)	Диаметр стволика у места последнего укоренения, мм	Прирост по диаметру, мм		Длина стволика, м	Прирост по длине, см	
		средний	текущий		средний	текущий
10	6	0,6	0,6	0,31	3,1	3,1
20	17,5	0,87	1,15	0,56	2,8	2,5
30	28,8	0,96	1,12	1,16	3,9	6,0
40	37,3	0,93	0,85	1,42	3,5	2,6
50	47,8	0,95	1,05	1,42	3,3	2,3
60	47,8	0,95	0,95	1,65	3,1	2,0
70	57,3	0,95	0,97	1,85	3,1	3,4
80	67,0	0,96	1,00	2,19	3,3	4,5
90	77,0	0,94	0,73	2,64	3,2	2,8
100	84,3	0,91	0,70	2,92	3,3	3,5
110	91,3	0,90	0,72	3,27	3,3	3,7
120	98,5	0,87	0,53	3,64	3,3	3,6
128	103,8	0,84	0,40	4,0	3,3	2,9
	107,0			4,23		

прогалинах между кустами кассиопея, багульник, брусника, реже камчатский рододендрон и шикша. Лишайниковый покров из тех же видов и алектории.

## Почвенный разрез

A <sub>1</sub>	0—4 см	Дернина из полуперегнившего опада, переплетенного мелкими корнями. Под дерниной многочисленные угольки.
A <sub>2</sub>	4—9 см	Светло-золяного цвета, легко супесчаный, рыхлый, с густой сетью мелких корней. Встречаются единичные мелкие угольки.
B <sub>1</sub>	9—21,7 см	Грязно-ржавый, легко супесчаный, со включением дресвы, щебенки, камней, бесструктурный, с обильными тонкими корнями.
B <sub>2</sub>	21—34 см	Светло-желтовато-ржавый, механический состав тот же.
B <sub>3</sub>	34—64 см	Светло-желтоватый, легко супесчаный, переполненный дресвой, щебенкой и камнями диорита, рыхлый, с редкими мелкими корнями.

Модельный куст обильно ветвится в горизонтальной плоскости и ползет с северо-востока на юго-запад. Первичной корневой системы не сохранилось. Куст начинается небольшим, совершенно сгнившим участком стволика. Разрез, по которому подсчитан прирост по диаметру, расположен у основного места укоренения (отхождение крупных придаточных корней). Первая живая и также укореняющаяся ветвь отходит в 0,25 м от места укоренения. Далее ветвь лежит, не укореняясь на протяжении 2,75 м, где дала несколько мелких корней. Общая длина куста 5,65 м. Высота 0,78 м (табл. 33).

Модельные кусты 9 и 10. Здесь же на прогалинах между крупными кустами стланика, вместе с кассиопеей, встречались небольшие экземпляры стланика до 30 см длиной, которые можно было принять за молодой подрост. При ближайшем рассмотрении оказалось, что возраст их достигает 92 лет. Возраст можно было подсчитать только по прекрасно сохранившимся следам от почечных чешуй, так как годовичные кольца образовывались далеко не каждый год. Так, один подобный карликовый экземпляр в 64 года имел по различным радиусам от 84 до 96 рядов трахеид. Трахеиды в одном ряду были разного диаметра. Только там, где в один год образовалось два ряда клеток, один ряд состоял из более крупных и другой — из более мелких клеток. Годовичные кольца совершенно не выражены, так как ежегодно образовывалось не больше 1—2 рядов трахеид.

## Почвенный разрез

Дернина отсутствует.

A	0—5 см	Светло-серый, супесчаный, рыхлый, переполненный кусочками дресвы, густо переплетенный мелкими корнями.
B	5—13 см	Желтоватый со ржавым оттенком, легко супесчано-гравелистый, с обильной дресвой, рыхлый, густо пронизан сетью мелких корней.
C	15—50 см	Светло-желтоватый, супесчано-гравелистый, переполнен дресвой, щебенкой и камнями диорита, рыхлый, корни немногочисленные.

Причиной столь подавленного роста является, видимо, корневая конкуренция с травянистым покровом и особенно с крупными кустами стланика. Как оказалось, корни крупных кустов стланика выходят далеко за пределы занятой ими площади. Они в виде густой сети пересекают во всех направлениях прогалины, занятые кассиопеей, на которых росли модельные кусты стланика (табл. 34 и 35).

Другой тип листовничных редколесий развивается по высокому платообразным грядам вместе с зарослями стланика

Таблица 33

## Ход роста модельного куста 8

Возраст (годы)	Диаметр у места основ- ного укоренения, мм	Прирост по диаметру, мм		Длина стволи- ка, м	Прирост по длине, см	
		средний	текущий		средний	текущий
10	8,5	0,85	0,85	0,29	2,9	2,9
20	14,75	0,74	0,63	0,65	3,2	3,6
30	22,5	0,75	0,77	1,11	3,7	4,6
40	30,0	0,75	0,75	1,45	3,6	3,4
50	37,25	0,74	0,73	1,94	3,9	4,9
60	44,5	0,74	0,72	2,25	3,8	3,1
70	50,75	0,73	0,63	2,55	3,7	3,0
80	56,0	0,70	0,53	2,80	3,5	2,5
90	60,75	0,67	0,48	3,03	3,4	2,3
100	65,0	0,65	0,43	3,18	3,2	1,5
110	69,55	0,63	0,45	3,33	3,0	1,5
120	73,8	0,62	0,43	3,48	2,9	1,5
130	79,6	0,61	0,58	3,85	3,0	3,7
140	83,0	0,59	0,34	4,35	3,1	5,0
150	85,8	0,57	0,28	4,60	3,1	2,5
160	88,25	0,55	0,25	4,75	3,0	1,5
170	90,85	0,53	0,26	4,90	2,9	1,5
180	93,25	0,52	0,24	5,06	2,9	1,6
190	95,65	0,50	0,24	5,30	2,8	2,4
200	97,8	0,49	0,22	5,30	2,7	2,0
210	99,0	0,47	0,12	5,50	2,7	1,1
214	99,5	0,47	0,12	5,61	2,6	1,0
214	99,5			5,65		

Таблица 34

## Ход роста модельного куста 9

Возраст (годы)	Диаметр у корне- вой шейки, мм (в коре)	Длина ство- лика, м	Прирост по длине, см	
			средний	текущий
10	—	0,023	0,23	0,23
20	—	0,044	0,22	0,21
30	—	0,065	0,22	0,21
40	—	0,087	0,22	0,22
50	—	0,112	0,22	0,25
60	—	0,142	0,24	0,30
70	—	0,182	0,26	0,40
80	—	0,233	0,29	0,51
90	—	0,286	0,31	0,53
92	6,5	0,299	0,32	0,65

Таблица 35

## Ход роста модельного куста 10

Возраст (годы)	Диаметр у корне- вой шейки, мм (в коре)	Длина ство- лика, м	Прирост по длине, см	
			средний	текущий
10	—	0,040	0,40	0,40
20	—	0,076	0,38	0,36
30	—	0,109	0,36	0,33
38	5,0	0,142	0,37	0,33

и кустарниковой ольхи. Эти местоположения лучше увлажнены и местами здесь встречаются даже участки осоково-пушицевых и осоково-сфагновых болот.

Модельный куст 11. Отобран в листовничном редколесье по широкой платообразной гряде, разделяющей истоки рек Магаданки и Каменушки. Рельеф почти ровный. Мик-

рорельеф — небольшие понижения суффозионного происхождения до 0,4 м глубиной. Растительный покров крайне неравномерный. Лиственницы растут то группами, то поодиночке. Высота их не превышает 4—5 м. Диаметр — 10—20 см. Большинство экземпляров имеет односторонние кроны, отсохшие с северо-восточной стороны. Много совершенно сухих лиственниц. Стланик распределен крайне неравномерно. Местами группы до 2,5—3 м высотой, при сомкнутости 0,6—0,7. На остальной территории отдельные небольшие кусты и подрост. Кусты корявые, ветвящиеся во всех направлениях. У многих из них верхушки отсохли в результате снеговой корразии и заменены боковыми ветвями. К стланику примешиваются кусты березки Миддендорфа и спиреи. В напочвенном покрове преобладают золотистый рододендрон, филлодоце, багульник, шикша, голубика и брусника. Нередки сиверзия, альпийская толокнянка, азалия, камчатский рододендрон, клайтония. Лишайниковый покров хорошо развит. Почвенный покров неоднородный. Глыбы диорита то выступают на поверхность, то прикрыты почвой, сформировавшейся на супесчано-гравелистых продуктах выветривания. Модельный куст и почвенный разрез к нему располагались в куртинообразной заросли стланика (проекция 0,4).

## Почвенный разрез

A <sub>1</sub>	0—5 см	Торфянистая дернинка, пронизанная густой сетью корней.
A <sub>2</sub>	5—12 см	Светло-зольного цвета, легко супесчаный, бесструктурный, рыхлый, пронизан многочисленными мелкими корнями.
B <sub>1</sub>	12—25 см	Желтый со ржавыми пятнами, супесчаный, с примесью дресвы, рыхлый, бесструктурный.
B <sub>2</sub>	25—35 см	Светло-желтый, супесчаный, с примесью дресвы, щебенки и камней, рыхлый.
C	35 см и глубже	— глыбы диорита.

Модельная ветвь 2,5 м высотой. Первичная корневая система сохранилась. Первые живые ветви отходят в 70 см от места укоренения (табл. 36).

В нижней и средней частях склонов широкое распространение имели лиственничные леса, в состав которых в большем или меньшем количестве входила шерстистая береза. На местоположениях с более влажными и богатыми почвами развивались лиственничные леса с подлеском из кедрового стланика и кустарниковой ольхи.

Модельный куст 12. Отобран на лесосеке лиственнично-березового леса по северо-восточному склону к р. Ка-

Ход роста модельного куста 11

Возраст (годы)	Диаметр у места укоренения, мм	Прирост по диаметру, мм		Высота стволика, м	Прирост по длине, см	
		средний	текущий		средний	текущий
10	3	0,3	0,3	0,28	2,8	2,8
20	8	0,4	0,5	0,56	2,8	2,8
30	14,5	0,48	0,65	0,83	2,8	2,7
40	21,8	0,54	0,73	1,12	2,8	2,9
50	26,5	0,53	0,47	1,43	2,8	3,1
60	32,5	0,54	0,60	1,75	2,9	3,2
70	39,5	0,56	0,70	2,07	2,9	3,2
80	50,3	0,63	1,07	2,43	3,0	3,6
90	61,0	0,68	1,07	2,79	3,1	3,6
100	70,5	0,70	0,95	3,15	3,1	3,6
110	82,8	0,75	1,22	3,54	3,2	3,9
120	93,0	0,77	1,02	3,92	3,3	3,8
130	97,8	0,75	0,48	4,38	3,4	4,6
140	102,0	0,73	0,42	4,86	3,5	4,8
150	105,8	0,70	0,38	5,26	3,5	4,0
160	108,5	0,68	0,27	5,63	3,5	3,7

менушке в 2 км от Магадана, в средней части склона; угол падения 15°. Пни березы и лиственницы до 50 см в диаметре. Проекция стланика 60—70%. К стланику примешиваются немного березки Миддендорфа и березолистной спиреи. В травяно-кустарничковом ярусе — золотистый рододендрон, брусника, багульник, шикша, шаровидная осока. В моховом покрове преобладают гипнум Шребера, примешиваются (немного) сфагнум, кукушкин лен, дикранум. Под дерниной обнаружены угольки. Длина куста 9,5 м, высота — 3,2 м. Первичная корневая система не сохранилась. Куст начинается полусгнив-



шим стволиком, горизонтально лежащим под дерниной. Толщина наиболее старой части стволика 66 мм, на расстоянии метра — 113 мм и на расстоянии 2 м от его начала — 111 мм. Первые живые корни и ветви отходят в 2 м от начала стволика. Здесь взят основной разрез, по которому подсчитан прирост по диаметру (табл. 37). Стволик лежит под дерниной и под-

Таблица 37

Ход роста модельного куста 12

Возраст (годы)	Диаметр у основания живой части стволика без коры, мм	Прирост по диаметру, мм		Длина ствола, м	Прирост по длине, см	
		средний	текущий		средний	текущий
		1,2	1,2		3,9	3,9
10	12,0			0,39		
20	20,0	1,0	0,8	0,74	3,7	3,5
30	30,0	1,0	1,0	1,03	3,4	2,9
40	40,5	1,01	1,05	1,77	4,4	7,4
50	50,0	1,00	0,95	2,14	4,3	3,7
60	59,5	0,99	0,95	2,62	4,3	4,8
70	66,3	0,94	0,68	3,12	4,4	5,0
80	72,3	0,90	0,60	3,70	4,6	5,8
90	77,5	0,86	0,53	4,28	4,7	5,8
100	82,8	0,83	0,53	4,89	4,9	6,1
110	89,0	0,81	0,62	5,55	5,0	6,6
120	94,0	0,79	0,50	6,07	5,0	5,2
130	97,9	0,75	0,39	6,72	5,1	6,5
140	101,8	0,73	0,39	7,23	5,1	5,1
146	104,5	0,72	0,45	7,50	5,1	4,5

стилкой на протяжении 5,5 м и дает здесь два крупных ответвления. Далее стволик приподнимается под углом 45°. Последнее место укоренения у 4,5 м. Диаметр стволика в 5 м от его

начала несколько толще, чем в 4 м, что объясняется тем, что ветвь выше 4,5 м перешла частично на собственное корневое питание. По той же причине срез у 3 м толще, чем у 2 м от начала стволика.

Модельный куст 13. Отобран среди зарослей стланика в 7 км к северо-северо-западу от Магадана, в ассоциации *Laricetum pumilae—pinosum hypno—cladinosum*. Описываемый участок расположен при основании южного склона и хорошо дренирован. Местами сохранились отдельные молодые лиственницы. Высота стланика около 4 м при сомкнутости 0,7—0,8. В кустарниковом ярусе много березки Миддендорфа. В травяно-кустарниковом покрове преобладают брусника, шикша, багульник, в мохово-лишайниковом — гипнум Шребера, кладония лесная и оленья.

#### Почвенный разрез

A <sub>1</sub>	0—4 см	Светло-серая перегнойно-торфянистая дернина, переплетенная мелкими корнями, рыхлая.
A <sub>2</sub>	4—7,5 см	Серовато-золивого цвета, легко супесчаный, рыхлый, бесструктурный, с примесью многочисленных угольков. Пронизан сетью мелких корней.
B <sub>1</sub>	7,5—14 см	Светло-ржавый, легко супесчаный, рыхлый, бесструктурный.
B <sub>2</sub>	14—24 см	Светло-желтый, легко супесчаный, рыхлый, с примесью мелких и крупных камней диорита, единичные мелкие корни.
C	24—74 см	Беловатая легкая супесь, с включением многочисленных камней, дресвы и щебенки диорита. Несколько более плотный. Корни отсутствуют.

Как показали зимние наблюдения, снег после вырубки первого яруса начал сдуваться и полностью стланика уже не перекрывал. В результате снеговой корразии и опала в ранневесенний период началось отмирание наиболее крупных кустов. Выбрана ветвь крупного чашеобразного куста. На вершине ветви сохранилась живая хвоя 3-летнего возраста. Почти все боковые ветви отмерли и только с западной стороны, ближе к основанию куста, сохранились живые ветви. Остальные крупные ветви чашеобразного куста находились на различных стадиях отмирания или совершенно отмерли. Не пострадали только самые нижние ветви, которые перекрывались снегом. Высота модельного куста 4,5 м, длина 5,5 м. Первичная корневая система сохранилась и куст еще не утратил чашеобразной формы (табл. 38).

Модельный куст 14. Отобран в лиственнично-березовом лесу по юго-западному склону р. Магаданки в 10—11 км к северу от Магадана (табл. 39). Угол склона около 5—10°. Проекция первого яруса 0,5—0,6. Полнота лиственницы 0,3—0,4. Диаметр 30—35 см. Полнота березы 0,2—0,3.

Ход роста модельного куста 13

Возраст (годы)	Диаметр над корне- вой шей- кой, мм	Прирост по диа- метру, мм		Длина ствола, м	Прирост по дли- не, см	
		средний	текущий		средний	текущий
10	9,5	0,95	0,95	0,56	5,6	5,6
20	22,25	1,10	1,27	1,21	6,0	6,5
30	36,25	1,20	1,4	2,1	7,0	8,9
40	49,25	1,22	1,3	3,0	7,5	9,0
50	64,0	1,28	1,27	3,73	7,4	7,3
60	78,3	1,30	1,43	4,17	7,0	4,4
70	87,5	1,25	0,92	4,62	6,6	4,5
80	95,5	1,19	0,80	5,10	6,4	4,8
90	99,25	1,10	0,38	5,35	5,9	2,5
96	101,0	1,05	0,18	5,5	5,7	2,5

Диаметр 30 см. Проекция стланика при высоте 3,5 м 40%. Кусты чашеобразные и поднимаются от места укоренения под углом 45°. В кустарниковом ярусе, кроме стланика, бузинолистная рябина, золотистый рододендрон, подрост лиственницы и березы. В травяно-кустарниковом ярусе преобладают багульник, шикша, шведский дерн, шаровидная и возрастающая осоки. В мохово-лишайниковом — гипнум Шребера.

## Почвенный разрез

A <sub>1</sub>	0—9 см	Серая перегнойно-торфянистая дернина, переплетенная мелкими корнями, среднесупесчаная, рыхлая. Под дерниной многочисленные угольки.
A <sub>2</sub>	9—19 см	Светло-зольного цвета, пылевато супесчаных, рыхлый, бесструктурный, с многочисленными мелкими уголками. Довольно многочисленные мелкие корни.
B <sub>1</sub>	19—35 см	Ржаво-буровато-коричневый, супесчаный, несколько уплотненный, переполнен камнями от 4 см до больших глыб. Поверхность камней покрыта темно-ржавой пленкой полуторных окислов. Встречаются мелкие угольки. Корни немногочисленны.
C	35—50 см	Светло-желтая супесь с обильной примесью камней, щебенки и глыб диорита.

Ход роста модельного куста 14

Возраст (годы)	Диаметр над корне- вой шей- кой, мм	Прирост по диа- метру, мм		Длина стволика, м	Прирост по дли- не, см	
		средний	текущий		средний	текущий
10	10,5	1,05	1,05	0,57	5,7	5,7
20	19,25	0,96	0,87	1,28	6,4	7,1
30	31,25	1,02	1,2	1,94	6,5	6,6
40	42,5	1,03	1,12	2,5	6,8	5,6
50	59,5	1,19	1,7	3,05	6,1	5,5
60	77,5	1,29	1,8	3,55	5,9	5,0
70	85,5	1,21	0,8	4,05	5,8	5,0
80	92,87	1,16	0,74	4,40	5,5	3,5
83	95,8	1,15	0,97	4,50	5,4	3,3

Модельный куст 15. Отобран на лесосеке березово-лиственничного леса в верхней части юго-западного склона к р. Магаданке. Угол наклона 15—20°. В 200—250 м выше по склону примыкает березово-лиственничный лес. Всюду рассеяны пни березы и лиственницы до 50 см в диаметре. Проекция кустарникового яруса и подроста 0,4—0,5. Здесь, кроме стланика, кустарниковая ольха, бузинолистная рябина, спирея, подрост березы и лиственницы. Травяной покров очень неравномерный и пестрый. Решительно преобладают шаровидная осока и вейник Лангсдорфа, к которым примешиваются шикша, брусника и многочисленное разнотравье. В тени кустов дерновинки гипнума Шребера и дикранум. Местами на выступающих глыбах диорита лесная кладония. Почвенный покров также неоднородный. Глыбы диорита то выходят на поверхность, то прикрыты, как у взятого модельного куста, 50—60-сантиметровым слоем делювия.

Почвенный разрез

Дернина 4—5 см мощностью.

A <sub>1</sub>	0—7 см	Темно-бурый, перегнойный, торфянистый, легко суглинистый, рыхлый, густо пронизанный сетью мелких корней. В нижней части черновато-бурый от скопления многочисленных угольков.
A <sub>2</sub>	7—12 см	Серовато-золистый, легко суглинистый, рыхлый, с многочисленными корнями и включением угольков.
B <sub>1</sub>	12—17 см	Бурый со ржавым оттенком, легко суглинистый, рыхлый, с редкими угольками.
B <sub>2</sub>	17—44 см	Желтовато-серый, легко суглинистый, рыхлый, с примесью угольков и обильными корнями.
B <sub>3</sub>	с 44 см	Глыбы диорита. На глыбах лежат крупные угольки. Слой мелкозема, покрывающий глыбы, густо оплетен мелкими корнями.

Куст имеет чашеобразную форму и состоит из пяти самостоятельных кустов, сросшихся у корневых шеек и в свою очередь ветвящихся. Отобранный модельный куст выше корневой шейки лежит и укореняется. Высота его 2 м (табл. 40).

Таблица 40

Ход роста модельного куста 15

Возраст (годы)	Диаметр над корневой шейкой, мм	Прирост по диаметру, мм		Длина стволика, м	Прирост по длине, см	
		средний	текущий		средний	текущий
		0,32	0,32		1,8	1,8
10	3,25	1,23	2,15	0,18	4,2	6,7
20	24,75	2,11	3,87	0,85	7,5	14,0
30	63,5	2,52	5,6	2,25	7,9	11,0
34	86,0			2,69		

Модельный куст 16. Отобран среди зарослей стланика и ольхи на лесосеке березово-лиственничного леса. Участок расположен в нижней части юго-западного склона к р. Магаданке, в 10 км к северу от Магадана. Угол падения 15°. Пни лиственницы и березы до 50 см в диаметре. Сомкнутость кустарникового яруса 0,8. Преобладают стланник, ольха, бузинолистная рябина, березолистная спирея и подрост шерстистой березы. В травяном покрове — вейник Лангсдорфа, шаровидная осока, папоротник, майник, седмичник. Мохово-лишайниковый покров отсутствует. Делювиальный покров мощный — глыбы диорита нигде не выступают на поверхность.

Почвенный разрез

A <sub>1</sub>	0—10 см	Перегнойно-торфянистая дернина из полуперегнивших корешков и растительных остатков. Темно-серый, легко суглинистый, рыхлый. Под дерниной мелкие угольки.
A <sub>2</sub>	10—20 см	Серый, легко суглинистый, рыхлый, густо пронизан мелкими корнями.
B <sub>1</sub>	20—45 см	Серовато-желто-бурый, рыхлый, бесструктурный. Слоистый в направлении склона. Чередуются слои легко суглинистые и средне и легко супесчаные с примесью кусочков дров. Единичные мелкие угольки до дна разреза.
C	с 45 см	Глыбы диорита.

Основание модельного куста лежит горизонтально под дерниной и отмерло. Первичная корневая система не сохранилась. Далее куст разветвляется под дерниной на два самостоятельных куста, перешедших на собственное корневое питание. Диаметр отмершей части стволика всего 13—14 мм. Диаметр отходящих от него ветвей у места их укоренения — 36 мм. Прирост по диаметру подсчитан по срезу, сделанному через основание наиболее крупной ветви, которая отстоит в 0,5 м от начала отмершей части стволика (табл. 41).

Таблица 41

Ход роста модельного куста 16

Возраст (годы)	Диаметр у места укоренения, мм	Прирост по диаметру, мм		Длина стволика, м	Прирост по длине, см	
		средний	текущий		средний	текущий
		0,27	0,27		1,9	1,9
10	2,75	0,26	0,26	0,19	1,9	1,9
20	5,25	0,43	0,77	0,38	3,3	6,1
30	13,0	0,85	2,08	1,0	5,4	11,4
40	33,75			2,14		

Модельный куст 17. Отобран в лиственнично-березовом лесу в долине ручья притока р. Каменушки в 10 км от города. Слабый уклон к югу в сторону падения ручья. Общая полнота 0,4—0,5. Деревья до 40 см в диаметре. Древостой весьма разновозрастный. Имеется подрост, а также второй ярус из березы и лиственницы. Там и сям торчат и лежат мертвые стволы лиственницы и березы. Следов рубки нет.

Высота стланика до 3 м при полноте 0,4. Кроме стланика, в кустарниковом ярусе отмечены бузинолистная рябина, ольха, спирея. В травяном покрове преобладают шведский дерн, копис и многочисленное разнотравье. Мхи и лишайники почти отсутствуют.

На поверхности почвы подстилка из опавших листьев около 1 см мощностью.

Почвенный разрез	
A <sub>1</sub> 0—8 см	Дернина из полусгнивших корешков и прочего отпада. Темно-серый, рыхлый, супесчаный. Под дерниной угольки.
A <sub>2</sub> 8—19 см	Светло-золтого цвета, рыхлый, легко супесчаный, с включением мелких кусочков диорита и угольков. Пронизан тонкими корнями.
B <sub>1</sub> 19—25 см	Желтовато-серый, рыхлый, легко супесчаный, с включением кусочков диорита.
B <sub>2</sub> 25—33 см	Ржавый с черно-ржавыми пятнами, более уплотненный. Механический состав тот же.
B <sub>3</sub> 33—50 см	Светло-желтовато-ржавый, уплотненный, супесчано-гравелистый.
B <sub>4</sub> 50—70 см	Светло-желтый, супесчано-гравелистый, с примесью крупных и мелких камней диорита, покрытых темно-ржавой пленкой полуторных окислов.

Модельная ветвь поднимается под углом 45° от места первоначального укоренения. Первичная корневая система сохранилась. Длина ветви 3,8 м, высота 3 м (табл. 42).

Ход роста модельного куста 17

Возраст (годы)	Диаметр над корневой шейкой, мм	Прирост по диаметру, мм		Длина стволика, м	Прирост по длине, см	
		средний	текущий		средний	текущий
		0,38	0,38		2,1	2,1
10	3,85	0,48	0,58	0,21	2,1	2,1
20	9,7	0,51	0,58	0,42	2,7	3,8
30	15,5	0,71	1,3	0,80	3,2	4,8
40	28,5	0,80	1,15	1,28	3,8	6,1
50	40,0	0,91	1,5	1,89	3,75	3,6
60	55,0	0,99	1,45	2,25	3,9	4,7
70	69,5	1,0	1,05	2,72	4,2	6,6
80	80,0	1,01	1,05	3,38	4,27	4,2
89	90,5			3,80		

Большинство модельных кустов уже давно утратило первичную корневую систему. Данные по ходу роста стланика в первые годы жизни приведены в табл. 43, описание растительности к модельным кустам — в табл. 44.

Таблица 43

Ход роста молодых экземпляров кедрового стланика в первые годы жизни. Длина стволиков в различном возрасте (в см)

Возраст (годы)	Молодое пожарище на кипрейно-осоковой стадии зарастания	Лесосека листовничного леса. На прогалине среди стланика	Лиственничное редколесье с подлеском из стланика	Каменно-ягельный кедровник	Лесосека березово-лиственничного леса	№ 13			№ 15										
						Местоположение, растительные и почвенные условия те же, что даны при описании модельных кустов:		№ 5		№ 8									
						1	2	3	4	5	6	7	8	9					
1	3,5																		
2	4,7	3,0	3,0	2,0	6,0	1,4	1,3	1,4	3,0	4,0	6,0	4,0	6,0						
3	5,6	4,5	3,3	3,3	7,1	2,8	2,4	2,8	4,6	4,8	7,2	4,8	7,2						
4	6,7	6,5	5,9	5,9	8,8	4,5	5,0	4,5	6,0	6,0	8,0	6,0	8,0						
5	8,4	9,5	8,4	8,4	12,3	6,2	6,4	6,2	6,9	9,0	9,0	9,0	9,0						
6	10,2	12,5	12,9	12,9	15,0	7,7	7,7	7,7	7,6	—	10,6	—	10,6						
7	14,2	17,0	20,5	20,5	—	8,3	8,3	9,3	8,3	—	14,6	—	14,6						
8	21,2	26,0	25,5	25,5	—	9,3	9,3	11,7	9,1	—	21,0	—	21,0						
9	30,7	32,5	32,0	32,0	—	11,1	11,1	13,7	10,2	—	25,2	—	25,2						
		45,5	42,0	42,0	—	13,8	13,8	16,0	10,7	—	33,2	—	33,2						

## Описание растительности к модельным кустам

№ п/п	Названия растений	Номера модельных кустов															
		1	2	3	4	5	6	7	8	11	12	13	14	15	16	17	
1	<i>Larix dahurica</i> Turcz. . . . .	—	—	—	—	—	un	—	un	sp	пни	пни	0,4	пни	пни	0,2	
2	<i>Betula lanata</i> (Rgl.) V. Vassil. . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	пни	—	0,2	пни	пни	0,3	
3	<i>Pinus pumila</i> Rgl. . . . .	sp	cop 3	—	cop 1	sp	cop 3	soc	cop 2	cop 1	soc	cop 3	cop 2	cop 1	cop 2	cop 2	
4	<i>Alnus kamtschatica</i> (Call) Kom. . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	sp	cop 2	sp	
5	<i>Betula Middendorffii</i> Trautv. . . . .	—	—	—	—	—	sol	—	—	sol	sp	sp-cop 1	—	—	—	—	
6	<i>Ribes triste</i> Pall. . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	sol	—	
7	<i>Rosa acicularis</i> Lindl. . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	un	—	—	
8	<i>Rubus sachalinensis</i> Lev. . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	un	sol	—	
9	<i>Salix cuneata</i> Turcz. . . . .	—	—	—	—	sol	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
10	<i>Sorbus sambucifolia</i> Roem. . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	cop 1	sp	sp	cop 3	
11	<i>Spiraea betulifolia</i> Pall. . . . .	—	—	—	—	—	—	sol	—	sol	sol	sol	sol	sp	sol	sol	
12	<i>Aconitum delphinifolium</i> DC. . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	sol	
13	<i>Angelica refracta</i> Fr. Schmidt. . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	sol	un	
14	<i>Arctous alpina</i> (L.) Niedenzu. . . . .	—	—	—	—	—	sol	—	—	sol	—	—	—	—	—	—	
15	<i>Artemisia arctica</i> Less. . . . .	—	—	—	—	sol	—	—	—	sol	—	—	—	—	—	—	
16	<i>Aruncus kamtschaticus</i> Rydb. . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	sol	
17	<i>Atragene ochotensis</i> Pall. . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	sol	sol	—	
18	<i>Loiseleuria procumbens</i> (L.) Desf. . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	sol	—	—	—	—	—	—	
19	<i>Cacalia hastata</i> L. . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	un	—	—	
20	<i>Cassiope ericoides</i> (Pall.) D. Don. . . . .	sp	sp	—	sp	sp	sol	—	sp	—	—	—	—	—	—	—	
21	<i>Chamaepericlimenum suecicum</i> Asch. et Grebn. . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	sp	—	—	cop 2	
22	<i>Claytonia acutifolia</i> Pall. . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	sol	—	—	—	—	—	—	
23	<i>Cnidium ajanense</i> (Rgl.) Drude. . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	sol	—	—	—	—	—	sol	
24	<i>Coptis trifolia</i> (L.) Salisb. . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	sp	

№ п/п.	Названия растений	Номера				м о д е л ь н ы х к у с т о в											
		1	2	3	4	5	6	7	8	11	12	13	14	15	16	17	
25	<i>Diapensia obovata</i> Nakai . . . . .	—	—	—	un	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
26	<i>Dicentra peregrina</i> Fedde . . . . .	sp	—	—	—	sp	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
27	<i>Dryopteris dilatata</i> A. Gray. . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	sp	—	sol	—	
28	„ <i>Linnaeana</i> C. Christ. . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	sol	sp	sol	—	
29	„ <i>Phegopteris</i> (L.) C. Christ. . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	un	
30	<i>Empetrum sibiricum</i> V. Vassil. . . . .	—	—	—	—	—	cop 1	cop 1	sol	sp	sp	cop 3	cop 1	sp	—	—	
31	<i>Equisetum pratense</i> Ehrh. . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	sol	—	
32	<i>Gentiana glauca</i> Pall. . . . .	—	—	—	—	—	—	—	sol	—	—	—	—	—	—	—	
33	<i>Geranium erianthum</i> DC. . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	sol	—	sol	
34	<i>Gypsophila violacea</i> (Ldb.) Fenzl. . . . .	—	—	—	—	un	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
35	<i>Iris setosa</i> Pall. . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	un	
36	<i>Ledum decumbens</i> Ait. . . . .	un	sp	—	cop 1	sp	—	—	cop 1	—	—	—	—	—	—	—	
37	„ <i>palustre</i> L. . . . .	—	—	—	—	—	sp	cop 2	—	sol	sp	cop 1	cop 2	un	—	—	
38	<i>Linnaea borealis</i> Gron. . . . .	—	—	—	—	—	—	sol	—	—	sol	—	sol	sol	sol	sp	
39	<i>Lycopodium anceps</i> Wallr. . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	sol	—	—	—	—	
40	„ <i>annotinum</i> L. . . . .	—	—	—	—	—	—	sol	—	—	sp	—	—	—	sol	sol	
41	„ <i>clavatum</i> L. . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	sol	—	—	un	—	—	
42	<i>Majanthemum bifolium</i> Schm. . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	sol	sp	sp	un	
43	<i>Phyllodoce coerulea</i> (L.) Babingt. . . . .	—	sol	—	—	—	—	—	cop 1	—	—	—	sol	—	—	—	
44	<i>Polygonum tripterocarpum</i> A. Gray. . . . .	—	sol	—	—	—	—	—	sol	—	—	—	sol	—	—	sol	
45	<i>Primula cuneifolia</i> Ldb. . . . .	—	—	—	—	sol	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
46	<i>Rhododendron aureum</i> Georgi. . . . .	—	—	—	—	—	sp	sol	—	cop 1	sp	—	cop 1	—	sp	sol	
47	„ <i>kantschaticum</i> Pall. . . . .	sp	—	—	—	sol	—	—	sol	sol	—	—	—	—	—	—	
48	<i>Rubus chamaemorus</i> L. . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	sol	—	sol	—	—	—	
49	<i>Saxifraga Redowskiana</i> Sternb. . . . .	—	—	—	sol	sol	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
50	<i>Scorzonera radiata</i> Fisch. . . . .	—	—	—	—	sol	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

№ п/п	Названия растений	Номера				модельных кустов											
		1	2	3	4	5	6	7	8	11	12	13	14	15	16	17	
51	<i>Setum cyaneum</i> Rudolph . . . . .	—	—	—	—	sol	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
52	<i>Sieversia pusilla</i> (Gaertn) Hulten . . . . .	un	sol	—	—	—	—	—	sol	—	—	—	—	—	—	—	
53	<i>Silene stenophylla</i> Ldb. . . . .	—	—	—	—	sp	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
54	<i>Solidago virga aurea</i> L. . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	sol	—	un	
55	<i>Trientalis europaea</i> L. . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	sol	sol	sp	sp	—	
56	<i>Vaccinium vitis idaea</i> L. . . . .	sol	sol	—	cop 3	sp	—	cop 1	cop 1	sp	sp-cop 1	cop 3	sol	cop 1	—	sp	
57	„ <i>uliginosum</i> L. . . . .	—	sol	—	—	—	sol	—	—	cop 1	—	sol	—	—	—	—	
58	„ „ var. <i>vulcanorum</i> E. Busch.	—	—	—	—	sol	—	—	un	—	—	—	—	—	—	—	
59	<i>Veratrum album</i> s. l. . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	sol	sol	sol	
60	<i>Calamagrostis Langsdorfii</i> Trin. . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	sp	—	cop 3	sol	
61	<i>Carex globularis</i> L. . . . .	—	—	—	—	—	—	un	—	sol	cop 1	sp	sp	—	cop 2	sol	
62	„ <i>accrescens</i> Ohwi . . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	cop 1	—	—	—	
63	<i>Deschampsia flexuosa</i> (L.) Trin. . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	un	
64	<i>Festuca</i> sp. ( <i>brevifolia</i> R. Br.?) . . . . .	sol	sol	—	—	sol	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
65	<i>Hierochloa alpina</i> R. et Sch. . . . .	—	—	—	—	sol	sol	—	—	sol	—	—	—	—	—	—	
66	<i>Luzula parviflora</i> (Ehrh.) Desf. . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	un	—	—	—	
67	„ <i>rufescens</i> Fisch. . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	un	—	—	—	
68	<i>Dicranum</i> sp. . . . .	—	—	—	—	—	sol	sp	sol	sp	sol	sol	—	sol	—	sol	
69	<i>Pleurozium Schreberi</i> Mitt. . . . .	—	—	—	—	—	—	cop 3	—	—	sp-cop 1	cop 1	sp	sol	—	sol	
70	<i>Polytrichum commune</i> L. . . . .	—	—	—	—	—	sol	sp	—	—	sol	sol	sol	—	—	sol	
71	<i>Sphagnum</i> sp. . . . .	—	—	—	—	—	—	sp gr	—	—	sp	—	—	—	—	—	
72	<i>Alectoria ochroleuca</i> (Ehrh.) Nyl. . . . .	sol	—	—	cop 3	cop 1	sol	—	sol	sol	—	—	—	—	—	—	
73	<i>Cetraria cucullata</i> (Bell.) Ach. . . . .	—	—	—	—	—	sp	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
74	„ <i>islandica</i> Ach. . . . .	sol	—	—	—	sol	—	—	—	sol	—	sp	—	—	—	—	
75	„ <i>nivalis</i> Ach. . . . .	sp	sp	—	cop 1	cop 2	sp	—	cop 1	sol	—	—	—	—	—	—	
76	<i>Cladonia alpestris</i> (L.) Rabh. . . . .	sp	sp	—	sol	—	cop 3	—	cop 1	cop 2	—	sol	—	—	—	—	
77	„ <i>rangiferina</i> (L.) Web. . . . .	cop 1	cop 1	—	cop 1	—	cop 2	—	sp	sol	—	sp	—	—	—	un	
78	„ <i>silvatica</i> (L.) Hoffm. . . . .	cop 1	sp	—	cop 1	sp	cop 1	sol	cop 1	sp	—	cop 1	sol	sol	—	—	
79	<i>Stereocaulon paschale</i> (L.) Fr. . . . .	sp	—	—	sol	sp	sol	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

## ТЕПЛОТВОРНАЯ СПОСОБНОСТЬ ДРЕВЕСИНЫ СТЛАНИКА

Высшая теплотворная способность горючей массы ( $Q_v^r$ ) оказалась равной 5020 кал/кг (среднее из восьми определений)

$$Q_n^r = 5020 - (6,15 \cdot 54) = 4638 \text{ кал/кг.}$$

Низшая теплотворная способность топлива подсчитывалась по формуле

$$Q_n^p = Q_n^r \frac{100 - (W^p + A^p)}{100} - 6 W^p \text{ кал/кг,}$$

где:  $W^p$  — влажность топлива в % сырого веса,  $A^p$  — содержание золы в сыром топливе.

Влажность стланиковых дров изменяется в очень широких пределах. Влажность дров, собранных на старом пожарище 7.XI 1955 г., колебалась между 17 и 28%. Влажность свежесрубленных стволиков часто оказывается очень высокой (70—80%). Теплотворная способность стланиковых дров в зависимости от их влажности довольно значительно варьирует (табл. 45).

Таблица 45

Теплотворная способность стланиковых дров при различной влажности

Влажность $W^p$ в % сырого веса	Низшая теплотворная способность $Q_n^p$ , кал/кг	Влажность $W^p$ в % сырого веса	Низшая теплотворная способность $Q_n^p$ , кал/кг
10	4117	50	2020
20	3592	60	1496
30	3068	70	972
40	2544	80	448

Ссылка на возможность применения древесины стланика в качестве поделочного материала для мебели (Тихомиров, 1949) вряд ли может считаться обоснованной. Крайняя неоднородность строения древесины стланика по поперечному сечению и наличие креновой древесины, которая считается пороком (ввиду сильного коробления изготовленных из нее из-

делий), ограничивают ее применение в качестве поделочного материала. Как указано выше, древесина стланика дает сильные изгибы даже при сравнительно небольших колебаниях влажности воздуха.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Стланик является вечнозеленым хвойным, которое способно произрастать в суровых условиях крайнего северо-востока Азии исключительно благодаря своеобразной форме роста и способности к активному полеганию. Особенно важную роль в жизни стланика играет снежный покров, который защищает его от снеговой корразии, от зимне-весеннего иссушения и от резких колебаний температуры, под влиянием которых снижается его морозоустойчивость и увеличивается опасность зимне-весеннего иссушения. К тому же замерзшая в межклетниках во время заморозка и растаявшая после восхода солнца вода не успевает всасываться клетками и испаряется в атмосферу (Тюрина, 1957). Рубки и пожары приводят к существенным изменениям в распределении снега по элементам рельефа, а также к изменению мощности и плотности снежного покрова. После вырубki первого яруса условия для жизни стланика на открытых ветрам местоположениях изменяются к худшему. При сдувании снега кусты стланика оголяются, что вызывает массовое отмирание наиболее крупных кустов и перестройку зарослей. Мощные забои снега возникают после вырубki леса там, где их раньше не было. Это также вызывает отмирание стланика, березки Миддендорфа, камчатского рододендрона и др. там, где раньше они прекрасно развивались.

На сухих склонах, где стланик во время вегетационного периода испытывает недостаток во влаге, снежники являются источником дополнительного увлажнения и в непосредственной близости к ним стланик находит значительно лучшие условия для роста. Однако во многих случаях снежные скопления играют отрицательную роль в жизни стланика; поздно стаивая, они тем самым исключают возможность существования стланика на местах формирования. Сама способность к полеганию оказывается вредной там, где происходит отложение перетертого и сильно уплотненного снега. Вдоль линии контакта зарослей со снежниками, у верхних их границ, начинается массовое отмирание кустов стланика. Кусты стланика и снежник медленно движутся навстречу друг другу. Весной освобождение стланика из-под снежных надувов происходит таким образом, что у кустов, направленных вершин-



ками вниз по склону, первоначально вытаивают основание и средняя часть стволиков. Стволики, попадая в среду положительных температур, дают изгибы кверху, но подняться не могут, так как их верхние ветви еще крепко вмурованы в плотный льдистый снег. В конце концов они поднимаются, но при этом отрываются и остаются в снегу концы побегов или покрывающая их хвоя, что ведет к отмиранию кустов.

Способность к полеганию становится еще более вредной на местах формирования поверхностных наледей. Пригнувшиеся кусты вмораживают в наледь. При падении температуры в тканях и особенно в хвое образуются все новые и новые количества льда. Одновременно снаружи на хвою давит наледный лед, объем которого, а следовательно и объем полостей, в которых заключена хвоя, уменьшается при понижении температуры. Развивается сильное давление, в результате чего хвоя отмирает.

В общем, однако, способность к полеганию полезна на большей части ареала стланика. Она развилась также у тощей березки и в более слабой степени у березки Мидлендорфа и сибирского можжевельника. Способность к полеганию развилась в результате усиления признака, ранее бывшего бесполезным, и лишь коррелятивно связанного с дифференциацией строения древесины верхней и нижней сторон ветвей.

Было предложено несколько объяснений механизма полегания стланика, не соответствующих, однако, действительности. Движение (полегание) ветвей начинается только при частичном замерзании воды, содержащейся в древесине. Амплитуда движений (на каждый градус понижения температуры) уменьшается вместе с падением температуры. Движение зависит от неравномерного сокращения древесины верхней и нижней сторон ветвей при замерзании. Анатомическое строение и физические свойства древесины стланика закономерно изменяются по вертикальному диаметру приподнимающихся стволиков. Древесина дифференцирована на верхнюю («тяговую») и креновую. По направлению от периферических слоев тяговой к периферическим слоям креновой древесины увеличиваются объемный вес древесины, гигроскопическая влажность, угол наклона фибрилл к продольной оси трахеид, величина продольной усушки и величина сокращения древесины при ее замерзании. Наоборот, уменьшаются: длина трахеид, содержание общей влаги и величина тангентальной и радиальной усушки. Установлена тесная положительная корреляция между величиной продольной усушки и величиной сокращения при замерзании. Детально изучен калориметрическим методом ход замерзания воды в древесине

стланика. Замерзание начинается при температуре, близкой к нулю. При этом замерзает значительная часть воды. С дальнейшим понижением температуры на каждый градус ее падения приходится все меньшее и меньшее количество замерзающей воды. Такой же затухающий характер имеют и движения ветвей стланика. При охлаждении до  $-26^{\circ}$  в древесине остается еще около 26—28% незамерзшей связанной воды. Образующиеся при замерзании в полостях трахеид и в межклетниках кристаллы льда сосут воду из клеточных оболочек, вызывая их обезвоживание. Движение ветвей как при высыхании, так и при замерзании начинается только при потере стенками трахеид хотя бы незначительной части гигроскопической влаги. Максимальное содержание гигроскопической влаги в креновой древесине стланика равно 35,12% и несколько меньше (на 2%) в тяговой древесине. При охлаждении до  $-20^{\circ}$  стенки трахеид теряют около 6,3% гигроскопической влаги. Угол наклона фибрилл к продольной оси трахеид в тяговой древесине составляет в среднем  $19-22^{\circ}$  и в креновой  $28-33^{\circ}$ . В креновой древесине сильнее развит средний слой клеточной стенки, имеющей больший угол наклона фибрилл. В связи с различным направлением фибрилл в трахеидах тяговой и креновой древесины стланика (и, следовательно, разным количеством приходящихся на единицу длины интерстиций, заполненных водой) креновая древесина при замерзании сильнее сокращается в продольном направлении и слабее — в тангентальном и радиальном, чем тяговая. Именно это различие и приводит к полеганию стланика при наступлении морозов.

Та же связь между направлением движения ветвей при замерзании и величиной продольного сокращения древесины при потере клеточными стенками влаги установлена мной для двадцати других древесных пород. Ветви древесных пород (ив, тополей, конского каштана, кленов, вязов) поднимаются при наступлении морозов, если величина продольной усушки, а следовательно и сокращения при замерзании, больше на верхней стороне ветвей, чем на нижней, и опускаются (у липы, ольхи, можжевельника, сосны, ели, дуба) при обратном распределении величины усушки. Исключением из общей закономерности оказалась липа, ветви которой опускаются при морозах, а величина усушки древесины больше то на верхней, то на нижней стороне ветвей.

Строение древесины лежащих стволиков стланика отличается от строения древесины приподнимающихся. В центре расположена древесина, дифференцированная на тяговую и креновую, которая образовалась, когда ствол приподнимался, к периферии отложилась древесина однородного

строения. Сильно сокращающаяся при замерзании в продольном направлении крене́вая древесина оказывается расположенной в центре, почему подобные стволы не дают изгибов при наступлении морозов. Весьма важно, что при основании приподнимающейся части стволика крене́вая древесина начинает терять характерные для нее особенности еще до снятия нагрузки. В противном случае при изгибании подобных стволыков с наступлением морозов происходило бы выдергивание корней.

Форма роста стланика, именно его большая или меньшая ортотропность или простратность, связана с условиями среды, которые в свою очередь определяют степень развития крене́вой древесины. В очень плохих условиях роста на тощих, сухих и холодных почвах крене́вая древесина или не образуется совершенно, или ее образование очень рано прекращается и стволыки лежат, плотно прижавшись к поверхности субстрата. Изгиб стволыка (поднятие его) происходит за счет образования крене́вой древесины. Крене́вая древесина, формируясь на нижней стороне ветви, вызывает ее дугообразный изгиб кверху. В крайних случаях этот изгиб, образовавшийся в средней части стволыка, выводит его верхинку из вертикального положения. Тогда крене́вая древесина образуется на «тяговой» стороне ветви, ставшей нижней, возникает компенсационный изгиб, который и возвращает ее в вертикальное положение.

Древесина вертикально торчащих вершинок кустов стланика не дифференцирована на тяговую и крене́вую. При основании приподнимающейся части кустов еще до снятия нагрузки крене́вая древесина теряет ее характерные черты и здесь образуется более рыхлая древесина. Именно здесь происходит изгиб при дальнейшем росте куста и увеличении его веса, в результате чего основание стволыка полегает и укореняется. Первоначальный изгиб образуется еще при прорастании семени. Гипокотиль бывает согнут дугообразно, еще когда заключенное в скорлупу семя выносится над поверхностью почвы. В дальнейшем гипокотиль хотя и распрямляется, но изгиб полностью не ликвидируется. Первоначальные изгибы возникают и когда из одного «гнезда» вырастает целый пучок всходов. Растопыривающиеся семядоли отодвигают верхние части всходов друг от друга и они наклоняются в разные стороны от центра. На втором-третьем году жизни на вогнутой стороне гипокотыля в верхней его части начинается образование крене́вой древесины. В нижней части гипокотыля крене́вая древесина или совершенно не образуется или образуется в неясно выраженной форме. Основание гипокотыля оказывается неукрепленным механической

тканью и здесь под влиянием увеличивающейся вместе с ростом побега нагрузки происходит изгиб. Основание стволыка ложится на землю.

Изучение хода роста стланика встречает значительные трудности из-за его своеобразной формы роста. Абсолютный возраст может быть установлен только у сравнительно молодых кустов, растущих на первичной корневой системе. В особо неблагоприятных условиях прирост по диаметру оказывается иногда столь незначительным, что в год откладывается всего 1—2 ряда трахеид. Древесина в этом случае не дифференцируется на годичные слои. После полегания стволыков и образования придаточных корней первичная корневая система постепенно отмирает. При этом более старая часть стволыка, оказавшаяся заблокированной, еще долго остается живой, но прирост ее по диаметру почти прекращается и годичные кольца образуются не каждый год. Лежащий на протяжении нескольких метров стволык часто оказывается более тонким при основании и имеет местные утолщения, соответствующие местам укоренения и отхождения крупных ветвей. Между этими участками часто расположены участки, на которых прирост давно прекратился и стволык иногда даже отмер совершенно. Из-за этой особенности роста стланика основной разрез приходилось брать не всегда в самой старой части стволыка. Через весь стволык делались разрезы и за основной принимался тот, на котором имелась полная серия годичных слоев. Обращает внимание разнохарактерность кривых среднего и текущего приростов. Типичный для древесных пород ход кривых среднего и текущего приростов свойствен лишь молодым кустам, растущим на первичной корневой системе. Падение среднего и текущего приростов характерно не для всех модельных кустов, у которых отмерла первичная корневая система. Здесь не происходит падения прироста из-за старения куста. Тот или иной характер кривых в данном случае является отражением измененных условий среды для роста кустов. В одних случаях кривые хода роста выявляют постепенное снижение прироста, что связано с постепенным смыканием зарослей, с усилением конкуренции за влагу и питательные вещества и с формированием торфянистой дернины, постепенно изолирующей куст от минерального питания, а главное ухудшающей температурные условия для жизнедеятельности корневых систем. В других случаях, особенно на местоположениях, откуда снег сдувается и где кусты страдают от снеговой корразии, наоборот, прирост увеличивается в длину вместе с увеличением густоты зарослей. Формирование торфянистой дернины далеко не всегда ухудшает рост стланика. На крутых щебнистых и ка-

менистых склонах образующаяся торфянистая дернина улучшает условия водоснабжения. Приходилось наблюдать сомкнутые заросли стланика, которые возникли на подобных склонах исключительно за счет формирования мощной торфянистой дернины.

Приведенные в работе данные по ходу роста стланика в различных условиях среды являются материалом для планирования и проведения различных лесохозяйственных мероприятий (оборот рубок, учет производительности территорий и пр.). Эти данные, как и другие биологические особенности стланика, описанные в работе, совершенно необходимо учитывать при проведении работ по закреплению склонов и восстановлению зарослей стланика на пожарах. Они помогут также выбрать наиболее подходящие местоположения для культуры стланика при продвижении его в более северные районы и в горы.

**PINUS PUMILA (PALL.) RGL.**  
**Materials on its biological smudv**  
**and economical utilization**

By H. E. GROSSET

**s u m m a r y**

*Pinus pumila* Rgl. is extensively spread throughout the vast territory of north-eastern Asia. Despite the enormous practical significance of this species, its ecology has not been studied well enough. The snow cover plays an especially important role in the life of *Pinus pumila*; it protects the plant from snow corrosion, from the winter and spring withering and from sharp fluctuations of temperature which results in the decrease of its frost resistance and leads to an increasing danger of winter and spring withering. The most specific peculiarity of *Pinus pumila* is its capability for active bending down to the ground on the outset of frosts. Its movements are conditioned by moisture losses sustained by the tracheid walls when the wood undergoes freezing. The wood of the under side of the branches (where the compression wood is being formed), because of a variant disposition of the fibrills in relation to the cells axis displays much greater longitudinal shrinkage (tenfold and even more times) and contraction under frost-bound conditions, than the wood of the upper side of the branches.

The phenomena of bending down to the ground observed in *Pinus pumila* Rgl. may be assigned to the above mentioned reasons. The course of

water freezing in the wood tissue of *Pinus pumila* Rgl. has been investigated in details by applying the calorimetric method. The freezing begins at a temperature next to zero. At this stage a sufficient amount of water gets frozen. As the temperature drops and gradually diminishes, the total amount of water remained unfrozen grows less and less. The movements of the branches in *Pinus pumila* exhibit a similar declining character. When the wood is frozen and the temperature is as low as  $-26^{\circ}$  in the wood still retains about 26—28% of bound nonfrozen water. The ice crystals having formed in the course of freezing within the cavities of the tracheids and in the intercellular spaces draw water from the cellular membran and lead to dehydration. The movement of branches both under conditions of drying and freezing commences only in case the walls of the tracheids lose at least a small portion of its hygroscopic moisture. The maximum content of hygroscopic moisture in the compression wood of *Pinus pumila* amounts to 35,12% and is somewhat less (2% less) in the „tension“ wood. Being frozen (as low as  $-20^{\circ}$ ) the walls of the tracheids lose about, 6,3% of their hygroscopic moisture. The angle of inclination of the fibrills to the longitudinal axis of the tracheids in the „tension“ wood averages about  $19-22^{\circ}$ , whereas in the compression wood it is  $23-33^{\circ}$ . In the compression wood the mid-layer of the cell wall is well pronounced and the fibrills have a greater angle of inclination. Owing to the varied direction of the fibrills in the tracheids of the compression wood and the „tension“ wood in *Pinus pumila* (and consequently the various number of interstices in relation to a length unit), it has been noticed that the compression wood under freezing conditions undergoes greater reduction in the longitudinal direction and sustains less changes in the tangential and the radial direction than observed in the „tension“ wood. This very difference leads to the bending down in *Pinus pumila* at the onset of frosts. The degree of development of the compression wood which determines the very form of *Pinus pumila* seems to be closely related to the concentration of the growth-substances. Under poor conditions of growth on scanty, dry and cold soils the compression wood either fails to form altogether, or its development stops at a very early stage and its stems lie closely pressed to the surface of the substrate. The bend of the stem (its rise) occurs at the cost of the formation of the compression wood. The compression wood, being formed at the lower side of the branches leads to an arc-like bend pointed upwards.

Under better growth conditions the compression wood is formed in the upper part of the stem which then assumes a more or less raised position. Under the most favourable conditions of growth the stem almost reaches a vertical position and only its very base remains bent forming an angle to the level of the earth. If the conditions of growth become worse changes are observed not only in the intensity of growth but also in the direction of the growth of the sprouts. The data referred to in this paper concerning the development of growth of *Pinus pumila* under various conditions represent material for planning and practicing several kinds of forestry measures.

### ЛИТЕРАТУРА

- Андреев В. Н. 1928. О движении боковых ветвей древесных пород. «Лесоведение и лесоводство», сб. 5, изд. Ленингр. лесн. о-ва.
- 1949. Экологические исследования стелющихся форм древесных пород. «Научн. зап. Молдавск. н.-иссл. базы АН СССР», т. II.
- Баженов В. А. 1952. Проницаемость древесины жидкостями и ее практическое значение. М., Изд-во АН СССР [Ин-т леса].
- Базекин Г. 1958. Пернатый лесовод. «Охота и охотн. х-во», № 12.
- Балабышев И. Н. 1956. Анализ возникновения лесных пожаров в условиях Сибири. «Лесн. х-во», № 5.
- Баранов П. А. 1949. Аклиматизация растений. БСЭ, т. 1.
- Бачинский А. И. и Путилов В. В. 1951. Справочник по физике. М., Бобринский Н. А. 1951. География животных. (Курс зоогеографии). М., Учпедгиз.
- Боровиков В. М. 1909. Материалы для анатомии хвойных. Анатомическое строение древесины верхней и нижней сторон веток хвойных. «Зап. Новорос. о-ва естествоисп.», т. 34.
- Будкевич Е. В., Тихомиров Б. А. 1939. К эколого-анатомической характеристике кедрового стланика *Pinus pumila* Rgl. «Бот. ж. СССР», т. 24, № 4.
- Ванин С. И. 1940. Древесиноведение, изд. 2. Л., Гослестехиздат.
- Васильев В. Н. 1936. Оленьи пастбища Анадырского края. «Тр. Аркт. ин-та», т. 62.
- 1956. Растительность Анадырского края. М.—Л., Изд-во АН СССР [Бот. ин-т].
- Васильковский А. П. 1954. Ход сезонных явлений в окрестностях Магадана. Магаданск. изд-во.
- 1958. Новые данные о границах распространения деревьев и кустарников — ценнообразователей на крайнем северо-востоке СССР. «Мат-лы по геологии и полезн. ископаемым Северо-Востока СССР», вып. 13.
- Вехов В. Н. 1953. Биологические особенности некоторых видов сосен в условиях культуры в западной части Центральной лесостепи. (Автореф. дисс. на соиск. учен. степени канд. биол. наук). М.
- Вехов В. Н. 1958. Поведение кедрового стланика в условиях лесостепи. «Научн. докл. высш. школы», Биол. науки, № 4.
- Городков Б. Н. 1938. Растительность Арктики и горных тундр СССР. В кн.: «Растительность СССР», т. 1. М.—Л., Изд-во АН СССР.
- Грессет Г. Э. 1959. К изучению экологии кедрового стланика (Механизм активного полегания при наступлении морозов). «Бюл. Моск. о-ва испыт. природы», отд. биол., т. 64, вып. 2.
- Данилов М. Д. 1948. О роли корней в омоложении древесины растений при размножении черенками. «Докл. АН СССР», н. сер., т. 60, № 1.
- Долуханов А. Г. 1956. Субальпийские криволесья Кавказа. В сб.: «Академику В. Н. Сукачеву к 75-летию со дня рождения». М., Изд-во АН СССР.
- Думанский А. В. 1937. Учение о коллоидах. М.
- Железнов Н. И. 1868. Сообщение об исследованиях над повышением и понижением древесных ветвей при более или менее низкой температуре. «Тр. I съезда русск. естествоисп. в С.-Петербурге». Отд. ботаники.
- 1872. Возражение на доклад Баталина о действии низкой температуры на древесину. «Вестн. Рос. о-ва садоводства», вып. 8.
- 1874. О количестве и распределении воды в стволе древесных растений. «Тр. СПб. о-ва естествоисп.», т. V, вып. 2 [Проток. заседаний].
- Зайков Б. Д. 1935. Материалы по гидрологии Верхнего Алдана. «Тр. Совета по изуч. производит. сил» [СОПС АН СССР], сер. Якутск., вып. 25.
- Зеддинг Г. 1955. Ростовые вещества растений (перевод Г. А. Самыгина). М., Изд-во ИЛ.
- Иванов Л. А. 1935. Анатомия растений. Л., Гослестехиздат.
- 1936. Физиология растений. Л., Гослестехиздат.
- 1941. Об изменении транспирационной способности древесных пород в течение года в зависимости от температуры. «Бот. ж. СССР», т. 26, № 2—3.
- 1946. Свет и влага в жизни наших древесных пород. «Тимирязевск. чтения», V (28.IV 1944 г.). М.—Л., Изд-во АН СССР.
- 1948. Влажность древесины ствола в связи с водообменом в дереве. «Тр. Ин-та физиол. растений», т. VI, вып. 1. М., Изд-во АН СССР.
- Иост Л. 1914. Физиология растений. (Лекции, читанные в Страсбургском ун-те). СПб.
- Кернер фон Марилаун А. 1899. Жизнь растений, т. 1. (Форма и жизнь растений). СПб., Изд-во «Просвещение».
- Кизюрин А. Д. 1934. Плодоводство Сибири в припочвенном климате. Омск.
- Кожевников А. В. 1935. Материалы по экологии буковых лесов Западного Закавказья. «Сов. ботаника», № 5.
- Колесников Б. П. 1955. Очерк растительности Дальнего Востока. Хабаровск.
- Кольтгоф И. М. и Сендэл Е. Б. 1948. Количественный анализ. М.—Л.
- Корчагин А. А. 1954. Условия возникновения пожаров и горимость лесов Европейского севера. «Уч. зап. Ленингр. ун-та», № 166, сер. геогр. наук, вып. 9.
- Красулин Н. П. 1941. О сообщаемости годовичных слоев древесины в связи с водным балансом дерева. «Тр. Всес. н.-иссл. ин-та лесн. х-ва», вып. 21.
- Кречетов И. В. 1949. Сушка древесины. М.—Л.
- Кузнецов А. И. 1950. Внутренние напряжения в древесине. М.
- Куликов Н. П. 1935. Крень дерева и ее влияние на качество древесины. «Тр. Лесотехн. академии», № 6 (44).
- Культиасов М. В. 1950. Проблема становления жизненных форм растений. В кн.: «Пробл. ботаники», т. 1. М.—Л., Изд-во АН СССР.
- Липин С. В. 1937. Калориметр Бертело.
- Липшиц С. Ю. и Ливеровский Ю. А. 1937. Почвенно-ботанические исследования и проблема сельского хозяйства в центральной части долины р. Камчатки. «Тр. СОПС АН СССР», сер. Камчатская, вып. 4. М.—Л., Изд-во АН СССР.
- Лыков А. В. 1950. Теория сушки. М.—Л.
- Максимов Н. А. 1946. Ростовые вещества, природа их действия и практическое применение. «Усп. совр. биологии», т. 22, вып. 2.
- 1948. Краткий курс физиологии растений, изд. 8. М., Сельхозгиз.
- Меженный А. А. 1958. Некоторые особенности роста и формирования деревьев кедра и кустов кедрового стланика в южной Якутии. «Научн. сообщ. Якутск. фил. АН СССР», вып. 1.
- Миддендорф А. Ф. 1867. Путешествие на север и восток Сибири, ч. I, отд. IV, Растительность Сибири. СПб., изд. АН.
- Моор Г. Г. 1939. Об истирающем действии снега в полярных областях. «Пробл. Арктики», № 5.
- Некрасова В. О. 1925. Горы Сибири. Очерки по фитоценологии и фитогеографии. Л.

- Новиков В. А. 1928. Опыт физиологической диагностики холодо- и засухоустойчивости растений. «Дневн. Всес. съезда ботаников».
- Павлов Н. В. и Чижииков П. Н. 1937. Природные условия и проблемы земледелия на юге Большерецкого района Камчатки. [АН СССР, СОПС, сер. Камчатская, вып. 3]. М.—Л., Изд-во АН СССР.
- Перельман В. И. 1955. Краткий справочник химика. М.
- Перельгин Л. М. 1949. Древесиноведение. М.
- Петров Г. Г. 1925. О некоторых явлениях роста. «Тр. Сиб. СХА», т. IV.
- Пивник С. А. 1957. К вопросу о плодоношении кедрового стланика. «Бот. ж. СССР», т. 42, вып. 5.
- 1958. О внутривидовых взаимоотношениях подроста стланика. «Бот. ж. СССР», т. 43, вып. 3.
- 1958а. Особенности корневой системы кедрового стланика в Якутии. «Изв. Сиб. отд-ния АН СССР», № 8.
- 1958б. Эколого-биологические особенности кедрового стланика (*Pinus pumila* Rgl.) в основных растительных ассоциациях северо-западной части его ареала. Л.
- Плотников И. 1957. Особенности роста и развития кедрового стланика по хребту Хамар-Дабан. «Лесн. х-во», № 9.
- Поздняков Л. К. 1952. Древовидная форма кедрового стланика. «Бот. ж. СССР», т. 37, вып. 5.
- 1953. Крупная форма кедрового стланика. «Природа», № 6.
- 1956. О влиянии растительности на глубину летнего оттаивания почвы. В сб.: «Академику В. Н. Сукачеву к 75-летию со дня рождения». М.—Л., Изд-во АН СССР.
- Пьявченко Н. И. 1955. Об условиях произрастания леса на востоке Большеземельской тундры. «Лесн. х-во», № 9.
- Радзиевский Г. Б. и Шехтман Я. Л. 1956. Образование кристаллического льда в зернах пшеницы при глубоком охлаждении. «Коллоидн. ж.», т. 18, № 1.
- Раздорский В. Ф. 1955. Архитектоника растений. М., Изд-во «Сов. наука».
- Раскатов П. Б. 1954. Физиология растений. М., Изд-во «Сов. наука».
- Реймерс Н. Ф. 1953. Питание кедровок и их роль в распространении кедров в горах Хамар-Дабана. «Лесн. х-во», № 1.
- 1956. Роль кедровок и мышевидных грызунов в кедровых лесах Южного Прибайкалья. «Бюл. Моск. о-ва испыт. природы», н. сер., отд. биол., т. 61, вып. 2.
- Рихтер Г. Д. 1945. Снежный покров, его формирование и свойства. М.
- 1948. Роль снежного покрова в физико-географическом процессе. «Тр. Ин-та географии», т. 60. М.—Л., Изд-во АН СССР.
- Рязанцев А. Д. 1950. Вопросы водного режима древесных пород. Докторск. диссертация.
- Сапожникова С. А. 1950. Микроклимат и местный климат. М., Гидрометеоздат.
- Селюгин Н. С. 1936. Сушка древесины. Л.
- Серебряков И. Г. 1952. Морфология вегетативных органов высших растений. М., Изд-во «Сов. наука».
- 1954. О морфогенезе жизненной формы стланика у можжевельника туркестанского и казахского. «Бюл. Моск. о-ва испыт. природы», н. сер., отд. биол., т. 59, вып. 5.
- 1955. Основные направления эволюции жизненных форм у покрытосемянных растений. Там же, т. 60, вып. 6.
- Солнцев Н. А. 1949. Снежинки. М.
- Сочава В. Б. 1936. Предисловие к работе В. Н. Васильева [1936].
- Сочава В. Б. и Лукичева А. Н. 1953. К географии кедрового стланика. «Докл. АН СССР», н. сер., т. 90, № 6.

- Справочник машиностроителя. 1954, т. 2. М.
- Справочник химика. 1951—1952, т. I, III. Л.—М., Госхимиздат.
- Стариков Г. Ф. 1957. Некоторые данные о кедровом стланике. «Бюл. н.-техн. информации Дальневосточн. н.-иссл. ин-та лесн. х-ва», вып. 2.
- Стариков Г. Ф. и Дьяконов П. Н. 1954. Леса полуострова Камчатки. Хабаровск.
- Стариков Г. Ф. и Дьяконов П. Н. 1955. Леса Чукотки. Магадан.
- Сукачев В. Н. 1912. Растительность верхней части бассейна р. Тунгира Олекминского округа Якутской обл. (Фитосоциологический очерк). «Тр. Амурск. экспедиции», вып. 16. «Бот. исследования 1910 года», т. I.
- Тихомиров Б. А. 1933а. Пожары зарослей кедрового стланика (*Pinus pumila* Rgl.) в Пенжинском крае. «Бот. ж. СССР», т. 18, № 6.
- 1933б. Кедровый стланик — полезнейшее растение наших окраин. Газ. «Тихоокеанск. звезда», № 254 за 15.XI.
- 1934. Хозяйственное использование кедрового стланика (*Pinus pumila* Rgl.). «Сов. Север», № 4.
- 1936. Кедровый стланик. «Сов. Арктика», № 5.
- 1946. К происхождению ассоциаций кедрового стланика (*Pinus pumila* Rgl.). В кн.: «Мат-лы по истории флоры и растительности СССР», вып. 2. М.—Л., Изд-во АН СССР.
- 1947. О культуре кедрового стланика (*Pinus pumila* Rgl.) в Европейской части СССР. «Уч. зап. Карело-Финск. гос. ун-та», т. II, вып. 3, биол. науки.
- 1949. Кедровый стланик, его биология и использование. «Мат-лы к позн. фауны и флоры СССР, издав. Моск. о-вом испыт. природы», н. сер., отд. бот., вып. 6 (XIV).
- 1955. О влиянии животных на растительность Таймырской тундры. «Бюл. Моск. о-ва испыт. природы», н. сер., отд. биол., т. 60, вып. 5.
- 1956а. Некоторые особенности снежного покрова тундры и его влияние на существование растительности. В сб.: «Снег и талые воды».
- 1956б. Некоторые вопросы структуры растительных сообществ Арктики. В сб.: «Академику В. Н. Сукачеву к 75-летию со дня рождения». М.—Л., Изд-во АН СССР.
- Ткаченко М. Е. 1955. Общее лесоводство. М.—Л.
- Толмачев А. И. 1939. О некоторых закономерностях распределения растительных сообществ в Арктике. «Бот. ж. СССР», т. 24, № 5—6.
- 1948. Основные пути формирования растительности высокогорных ландшафтов северного полушария. «Бот. ж. СССР», т. 33, № 2.
- Туманов И. И. 1940. Физиологические основы зимостойкости культурных растений. М.—Л., Сельхозгиз [Всес. ин-т растениеводства].
- 1951. Основные достижения советской науки в изучении морозостойкости растений. [Ин-т физиол. растений]. М.—Л., Изд-во АН СССР [Тимирязевск. чтения, XI].
- 1955. Причины гибели растений в холодное время года и меры ее предупреждения. М.
- Туркова Н. С. 1953. Окислительные процессы и рост растения. М.
- Тюлина Л. Н. 1936. О лесной растительности Анадырского края и ее взаимоотношений с тундрой. «Тр. Аркт. ин-та», т. 40. Л., Изд-во Главсевморпути.
- 1954. Лиственничные леса северо-восточного побережья Байкала и западного склона Баргузинского хребта. «Тр. Бот. ин-та АН СССР», сер. III, вып. 9.

- Тыртиков А. П. 1955. Рост надземных органов деревьев на северном пределе лесов. «Бюл. Моск. о-ва испыт. природы», н. сер., отд. биол., т. 60, вып. 1.
- Тюрина М. М. 1957. Исследование морозостойкости растений в условиях высокогорий Памира. Сталинабад.
- Формозов А. Н. 1946. Снежный покров как фактор среды, его значение в жизни млекопитающих и птиц СССР. «Мат-лы к позн. фауны и флоры СССР, изд-во Моск. о-вом испыт. природы», н. сер., отд. зоол., вып. 5 (XX).
- Хвольсон О. Д. 1923. Курс физики, т. III. Берлин.
- Хмелинин А. 1939. Охотско-Колымский край (физико-географическое описание). «Колыма», № 3.
- Холодный Н. Г. 1939. Фитогормоны. Очерки по физиологии гормональных явлений в растительном организме. [АН УССР. Ин-т бот.], Киев, Изд-во АН УССР.
- Шварцбах М. 1955. Климаты прошлого. Введение в палеоклиматологию. М., Изд-во ИЛ.
- Шелудякова В. А. 1958. Изучение природных растительных ресурсов Якутской АССР. В сб.: «Состояние и перспективы изучения растит. рес. СССР». М.—Л., Изд-во АН СССР.
- Щеголев Ир. 1906. Через Становой хребет. Изыскание Нелькан-Аянского тракта. Экспедиция 1903 г. «Землеведение», т. 13, кн. 1—II.
- Яценко-Хмельевский А. А. 1954. Основы и методы анатомического исследования древесины. М.—Л., Изд-во АН СССР [Ин-т леса].
- Bünning Er. 1953. Entwicklungs- und Bewegungsphysiologie der Pflanze. „Lehrbuch der Pflanzenphysiologie“, Bd. 11, 111.
- Büsgen M. 1927. Bau und Leben unserer Waldbäume.
- Clarke H. 1939. Stresses and strains in growing timber. „Forestry“, XIII, No 1.
- Dallimore W. 1948. A handbook of Coniferae including Ginkgoaceae.
- Daubenmire R. F. 1947. Plants and environment.
- Desch H. E. 1947. Timber, its structure and properties.
- Edlin H. and Nimmo M. 1956. Free injuries. London.
- Erman A. 1836. Verzeichnis von Thieren und Pflanzen, welche auf einer Reise um die Erde gesammelt wurden von A. Erman, „Naturhist.-Atlas“, Berlin.
- 1838. Reise um die Erde durch Nord-Asien und die beiden Oceane in den Jahren 1828, 1829 und 1830. Abt. 1, Bd. 2. Reise von Tobolsk bis zum Ochozker Meere im Jahre 1829.
- 1848. Reise um die Erde... Abt. I, Bd. 3. Die Ochozker Küste, das Ochozker Meer und die Reisen auf Kamtschatka im Jahre 1829.
- Fraser A. 1952. Initiation of cambial activity in some forest trees in Ontario. „Ecology“, vol. 33, No 2.
- Ganong W. F. 1904. An undescribed thermometric movement of the branches in shrubs and trees. „Ann. Bot.“, vol. XVIII.
- Greguss Pal. 1955. Xylotomische Bestimmung der heute lebenden Gymnospermen.
- Grossenbacher J. G. 1913. Branch movements induced by changes of temperature. „Science“, vol. 38, No 971.
- Guttenberg H. 1926. Die Bewegungsgewebe. „Handbuch der Pflanzenanatomie“, Abt. I, T. 2. Bd. V.
- 1955. Lehrbuch der allgemeinen Botanik.
- Haasis F. 1932. Seasonal shrinkage of monorey pine and redwood trees. „Plant physiol.“, vol. 7, No 2.
- 1933. Shrinkage and expansion in woody cylinders of living trees. „Amer. J. Bot.“, vol. 20, No 2.

- Hanning E. 1908. Über hygroskopische Bewegungen lebenden Blätter bei Eintritt von Frost und Tauwetter. „Ber. deutsch. Bot. Ges.“, vol. XVIa, Hft 2.
- Hartmann F. 1942. Das statische Wuchsgesetz bei Nadel- und Laubbäumen.
- Hornibrook M. 1938. Dwarf and slow-growing Conifers.
- Hulten E. 1932. Süd-Kamtschatka. Vegetationsbilder. Reihe 23, Hft 1/2.
- Hustich J. 1953. The boreal limits of conifers. „Arctic“, vol. 6, No 2.
- Jacquinet C. 1955. Atlas d'anatomie des bois des conifers.
- Jost L. 1905. Refer. Ganong W. D. An undescribed thermometric movement of branches in shrubs and trees. „Bot. Ztg.“, Abt. 2, Bd. 63.
- Lammermayr L. 1932. Die Legzirbe in den Alpen. „Z. Dtsch. und Osterreich. Alpenvereins“.
- Leopold A. C. 1955. Auxin and plant growth.
- Lundegårdh H. 1955. The transport of water in wood. „Arkiv bot.“, Bd. 3, Hft 1—2.
- Miller-Christy F. L. S. 1898. Preliminary observations on the seasonal variations of elevation in a branch of a horsechestnut tree. „Linnean Soc.“, vol. 33, No 234. J.
- Müller-Thurgau H. 1886. Ueber das Gefrieren und Erfrieren der Pflanzen. T. 2. „Landwirtsch. Jahrb.“, XV, Hft 3—4.
- Münch E. 1938a. Statik und Dynamik des schraubigen Baues der Zellwand besonders des Druck- und Zugholzes. „Flora“, Bd. 132, Hft 4.
- 1938b. Untersuchungen über die Harmonie der Baumgestalt. „Jahrb. Wissensch. Bot.“, vol. 68, Hft 4.
- 1940. Weitere Untersuchungen über Druckholz und Zugholz. „Flora“ Bd. 134.
- Pilet P. E. 1953. Les mouvements des végétaux.
- Pillow M. and Luxford R. 1937. Structure, occurrence and properties of compression wood. „U. S. Dept. Agricult. Techn. Bull.“, No 546.
- Raunkiair C. 1934. The Life forms of plants and statistical plant geography.
- Scott D. R., Preston St. B. 1955. Development of compression wood in eastern white pine through the use of centrifugal force. „Forest Sci.“, vol. 1, No 3.
- Sinnot E. W. 1952. Reaction wood and the regulation of tree form. „Amer. J. Bot.“, vol. 39, No 1.
- Sokolowski M. 1924. Über die Bewegungen der Seitenäste der Bäume und Sträucher unter dem Einfluss von Temperaturänderungen. „Bull. internat. Acad. Polonaise sci. et lettres“, Ser. B, No 1—2.
- Spurr St. and Hyvärinen J. 1954a. Compression wood in conifers as a morphogenetic phenomenon. „Bot. Rev.“, vol. 20, No 9.
- 1954b. Wood fiber length as related to position in tree and growth. „Bot. Rev.“, vol. 20, No 9.
- Stiles W. 1950. An introduction to the principles of plant physiology.
- Terrell B. Z. 1953. Distribution of tension wood and its relation to longitudinal shrinkage in aspen. „Materiae veget.“, vol. 1, No 3.
- Trendelenburg R. 1939. Das Holz als Rohstoff.
- Trowbridge C. C. 1916. The thermometric movements of tree branches at freezing temperatures. „Bull. Torrey Bot. Club“, vol. 43, No 1.
- Wardrop A. B. 1954. The fine structure of conifer tracheid. „Holzforschung“, Bd. 8, Hft 1.
- Wardrop A. B. and Dadswell H. E. 1952. The nature of reaction wood. III Cell division and cell wall formation in conifer stems. „Austral J. Scient. Res.“, Ser. B, vol. 5, No 4.
- Wershing H. and Bailey J. 1942. Seedlings as experimental material in the study of Redwood in conifers. „J. Forestry“, vol. 40, No 5.
- Wiegand C. M. 1906. Some studies regarding the biology of buds and twigs in winter. „Bot. Gaz.“, vol. 41, No 6.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Введение . . . . .	5
Снежный покров и его значение в жизни стланика . . . . .	7
Механизм полегания стланика при наступлении морозов . . . . .	25
Формы роста стланика в различных условиях среды и их обусловленность . . . . .	69
Ход роста стланика в различных условиях . . . . .	87
Теплотворная способность древесины стланика . . . . .	126
Заключение . . . . .	127
Summary . . . . .	132
Литература . . . . .	134

## ГРОССЕТ

Гуго Эдгарович

## КЕДРОВЫЙ СТЛАНИК

Редактор — Г. Н. Эндельман Техн. ред. — З. К. Смирнов

Л 120049. Сдано в набор 2/IX 1959. Подписано к печати 5/XI 1959

Формат бумаги 60 × 92 1/16. Бум. л. 4,5 Печ. л. 9,0

Уч.-изд. л. 8,41. Тираж 1500 экз. Цена 4 р. 50.

Заказ № 6638

ЦТ МО

## ИЗДАНИЯ МОСКОВСКОГО ОБЩЕСТВА ИСПЫТАТЕЛЕЙ ПРИРОДЫ

### ИСТОРИЧЕСКАЯ СЕРИЯ

*Варсановьева В. А.* — Алексей Петрович Павлов (изд. 2-е, испр. и доп.). М., 1947, 392 стр. Цена 13 р. 20 к.

*Кабанов Н. Е.* — Владимир Клавдиевич Арсеньев, путешественник и натуралист. М., 1947, 96 стр. Цена 3 р. 60 к.

*Личков Б. Л.* — Владимир Иванович Вернадский. М., 1948, 102 стр. Цена 3 р. 60 к.

*Микулинский С. Р.* — И. Е. Дядьковский, мирозерцание и общеприродоведческие взгляды. М., 1951, 116 стр. Цена 3 р.

### БОТАНИКА

*Павлов Н. В.* — Растительные ресурсы Южного Казахстана. М., 1947, 204 стр. Цена 8 р. 40 к.

*Руденко А. И.* — Определение фаз развития главнейших сельскохозяйственных растений (с альбомом цветных рисунков). М., 1950, 152 стр. + 16 цв. таблиц. Цена 9 р. 60 к.

*Тихомиров Б. А.* — Кедровый стланик, его биология и использование. М., 1949, 103 стр. Цена 4 р. 80 к.

*Шалыт М. С.* — Дикорастущие полезные растения Туркменской ССР. М., 1951, 224 стр. Цена 7 р. 20 к.

### СПРАВОЧНАЯ СЕРИЯ

*Очерки природы Подмосковья и Московской области.* М., 1947, 270 стр. Цена 10 р. 20 к.

*Русские ботаники* (Биографо-библиографический словарь). М., 1947—1951.

Том I, буквы А—Б. 336 стр. Цена 50 р.

Том II, » Б—Г. 336 стр. Цена 40 р.

Том III, » Г—И. 488 стр. Цена 35 р.

Том IV, » К. 640 стр. Цена 40 р.

### ЗООЛОГИЯ

*Дементьев Г. П.* — Авифауна Коряцкой земли. М., 1940, 82 стр. Цена 9 р.

*Дементьев Г. П.* — Сокола-кречеты. М., 1951, 188 стр. Цена 7 р. 80 к.

*Иоффе И. Г., Тифлов Л.* и др. — Эктопаразиты (Фауна, биология, практическое значение), вып. 2. М., 1950, 198 стр. Цена 7 р. 20 к.

*Кафтановский Ю. М.* — Чистиковые птицы восточной Атлантики. М., 1951, 172 стр. Цена 4 р. 80 к.

*Кузнецов Б. А.* — Звери Киргизии. М., 1948, 212 стр. Цена 7 р. 80 к.

*Никольский Г. В.* и др. — Рыбы бассейна Верхней Печоры. М., 1947, 224 стр. Цена 10 р. 80 к.

*Материалы по ихтиофауне и режиму вод Аральского моря.* — М., 1950, 174 стр. Цена 6 р.

*Преобразование фауны позвоночных нашей страны.* (Сборник статей). — М., 1953, 236 стр. Цена 11 р. 35 к.

*Рыбинское водохранилище, ч. I.* (Изменение природы побережий водохранилища). — Сборник. М., 1953, 214 стр. Цена 11 р. 25 к.

*Сборник работ об акклиматизации нериса в Каспийском море.* — М., 1952, 372 стр. Цена 19 р.

*Скалон В. Н.* — Речные бобры Северной Азии. М., 1951, 208 стр. Цена 6 р.

*Труды Амурской ихтиологической экспедиции 1945—1949 гг.* М., 1950—1952.

Том I. 392 стр. Цена 13 р. 20 к.

Том II. 272 стр. Цена 10 р. 20 к.

Том III. 512 стр. Цена 40 р.

*Цалкин В. И.* — Горные бараны Европы и Азии. М., 1951, 344 стр. Цена 12 р.

#### НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ СЕРИЯ «СРЕДИ ПРИРОДЫ»

*Ланге О. К.* — Подземные воды на службе социалистического хозяйства. М., 1950, 92 стр. Цена 1 р. 80 к.

*Холодный Н. Г.* — Среди природы и в лаборатории. М., 1949, 184 стр. Цена 4 р. 80 к.

#### ГЕОЛОГИЯ И ГЕОГРАФИЯ

*Богданов А. А., Обручев Д. В. и др.* — Материалы по геологии девонских отложений южной окраины Донецкого бассейна. М., 1947, 60 стр. Цена 2 р. 40 к.

*Богданов А. А.* — Тектоника Ишимбаевского Приуралья. М., 1947, 148 стр. Цена 8 р. 40 к.

*Мазарович А. Н., Фениксова В. В.* — История исследований пермских отложений Русской платформы и Приуралья. М., 1947, 148 стр. Цена 5 р. 40 к.

*Данышин Б. М.* — Геологическое строение и полезные ископаемые Москвы и ее окрестностей. М., 1947, 308 стр. Цена 12 р.

*Материалы по литологии* — (Сборник). М., 1946, 194 стр. Цена 6 р.

*Очерки по региональной гидрогеологии СССР* (Сборник) — М., 1947, 96 стр. Цена 4 р. 80 к.

*Очерки гидрогеологии и инженерной геологии Москвы и ее окрестностей.* — М., 1947, 164 стр. Цена 6 р.

*Павлов А. П.* — Собр. сочинений, т. II. М., 1951, 182 стр. Цена 5 р. 40 к.

*Пейве А. В.* — Тектоника североуральского бокситового пояса. М., 1947, 208 стр. Цена 8 р. 40 к.

*Страхов Н. М.* — Очерки геологии кунгура Ишимбаевского нефтеносного района, ч. I (Стратиграфия и тектоника). М., 1947, 144 стр. Цена 6 р.

*Теодорович Г. И.* — Карбонатные фации нижней перми — верхнего карбона Урало-Волжской нефтеносной области. М., 1949, 304 стр. Цена 9 р.

*Чернов А. А.* — Геологическое исследование Северного Тимана. М., 1947, 96 стр. Цена 4 р. 80 к.

*Яншин А. Л.* — Геология Северного Приуралья. М., 1953, 736 стр. Цена 38 руб.

*«Землеведение»* — географический сборник МОИП, т. II, М., 1950, 388 стр. Цена 14 р. 40 к.

*Региональное карстование* (Труды Совещания по региональному карстоведению) — М., 1958, 80 стр. Цена 3 р. 50 к.

*Спелеология и карстование* (Материалы совещания по спелеологии и карстоведению 17—18 дек. 1958 г.). М., 1959, 200 стр. Цена 7 р. 75 к.

**Все перечисленные книги можно приобрести, адресовав заказ Московскому о-ву испытателей природы:**

**Москва К-9, Моховая ул., д. 9**

**Заказы выполняются наложенным платежом без задатка. Пересылка за счет заказчика**