АКАДЕМИЯ НАУК СССР

Л. К. ПОЗДНЯКОВ

ГИДРОКЛИМАТИЧЕСКИЙ РЕЖИМ

ЛИСТВЕННИЧНЫХ ЛЕСОВ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ

ИНСТИТУТ БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ КРИОЛИТОЗОНЫ СО РАН · ЛАБОРАТОРИЯ ЛЕСОВЕДЕНИЯ · БИБЛИОТЕКА

ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР

177
4/IX 76 г
А.И. АВЕРЕНСКИЙ

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
Институт леса и древесины

Л. К. ПОЗДНЯКОВ

ГИДРОКЛИМАТИЧЕСКИЙ РЕЖИМ

ЛИСТВЕННИЧНЫХ ЛЕСОВ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ

Институт биологических проблем криолитозоны СОРАН
Лаборатория лесоведения
БИБЛИОТЕКА

ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР
Москва 1963

Ответственный редактор

доктор сельскохозяйственных наук,
профессор А. Б. ЖУКОВ

ИНСТИТУТ БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ КРИОЛИТОЗОНЫ СО РАН · ЛАБОРАТОРИЯ ЛЕСОВЕДЕНИЯ
БИБЛИОТЕКА

ПРЕДИСЛОВИЕ

В лесах Якутской АССР господство принадлежит даурской лиственнице. Лиственничные леса занимают 106 млн. *га*, что составляет 86% покрытой лесом площади республики, или 20% всей площади хвойных лесов СССР. Чрезвычайно важно разработать научные основы ведения лесного хозяйства в лиственничных лесах, растущих в специфических условиях резко континентального сурового климата и вечномерзлых грунтов.

В результате изучения лесов южной части Якутии, проводившегося Якутской комплексной экспедицией Совета по изучению производительных сил при Госэкономсовете СССР, выявилась необходимость стационарного изучения тех лесоводственных вопросов, которые не могли быть освещены при маршрутных работах. Сюда прежде всего относится изучение гидрологического и климатического режима лиственничных лесов, условий плодоношения, прорастания семян и развития всходов лиственницы, эколого-фитоценотическое изучение важнейших видов травяно-кустарничкового покрова и подлеска в связи с возобновлением древесных пород и разработкой мер содействия ему, а также изучение процессов обмена веществом между лесом и почвой для выявления возможностей направленного изменения их лесоводственными мерами с целью повышения продуктивности лесов. Особую задачу составляет изучение энтомофауны, наносящей вред лесам, для научного обоснования мероприятий по защите лиственничных лесов от вредителей.

Стационарные исследования были начаты в Центральной Якутии. Здесь, в наиболее континентальной, засушливой и суровой части своего ареала, даурская лиственница не соприкасается с другими видами лиственниц и представлена преимущественно восточной расой этой породы, выделенной Н. В. Дылисом (1961).

Участок для стационарного опытного пункта был выбран нами совместно с Управлением лесного хозяйства республики на территории Якутского лесхоза, в 30 *км* к северу от Якутска. Исследования были начаты в 1954 г. экспедицией Совета по изучению производительных сил и с 1956 г. продолжены Институтом леса Академии наук СССР. Работы велись в летнее время, зимние наблюдения были ограниченны. Объем и полнота исследований изменялись в зависимости от возможностей их выполнения, но при этом принимались меры к тому, чтобы они были комплексными.

В настоящей работе излагаются результаты изучения гидроклиматического режима лиственничных лесов, являющегося частью более обширных комплексных лесоводственных и геоботанических исследований стационара.

Основное внимание в настоящей работе уделено гидрологическому режиму лесов, а из элементов климата — осадкам. Коротко освещаются вопросы температурного режима в лесу, в объеме, необходимом для выявления влияния леса на водный и тепловой режим вырубок и других открытых мест.

Настоящая работа может рассматриваться как первый шаг на пути изучения сложных взаимоотношений леса и влаги, леса и климата в своеобразных суровых условиях Якутии. Знание этих явлений необходимо для того, чтобы наиболее правильно и полно использовать те стороны этих процессов, которые полезны в освоении природных богатств Якутии.

В организации стационарных исследований оказывали повседневную и всестороннюю помощь А. М. Будагов, возглавлявший Якутскую экспедицию СОПС, и руководители лесного хозяйства ЯАССР К. Г. Аникин и С. П. Соколов. Много труда вложили в развертывание исследований в начальный, наиболее трудный период организации стационара В. С. Чуенков, А. Т. Савельев, Ю. Д. Карташов, Е. А. Меньшиков. Все химические анализы произведены М. А. Кулагиной.

Автор выражает искреннюю благодарность М. А. Кулагиной, А. М. Машукову и Е. С. Поздняковой, выполнившим большую часть полевых исследований, результаты которых излагаются в настоящей работе, и осуществившим обработку собранных материалов.

Хочется с признательностью отметить большую помощь в проведении полевых работ со стороны В. Н. Виппер, А. И. Уткина, Е. С. Петренко, В. И. Зюбиной, В. М. Яновского.

Автор благодарен И. П. Щербакову и Г. В. Крылову за советы и замечания, сделанные при подготовке рукописи к печати, и А. Б. Жукову, взявшему на себя труд редактирования работы.

К Центральной Якутии относят часть территории Якутской АССР, расположенную в среднем течении Лены на Лено-Вилюйском и Лено-Алданском междуречьях (рис. 1).

Эта область характеризуется приблизительно однородными природными условиями и довольно четко выделяется в экономическом отношении. Центральная Якутия — основная сельскохозяйственная база республики.

В геоморфологическом отношении она в основных чертах совпадает с областью Центрально-Якутской низменности (Каманин, 1947). В. Г. Зольников (1954а) выделяет территориально более обширную

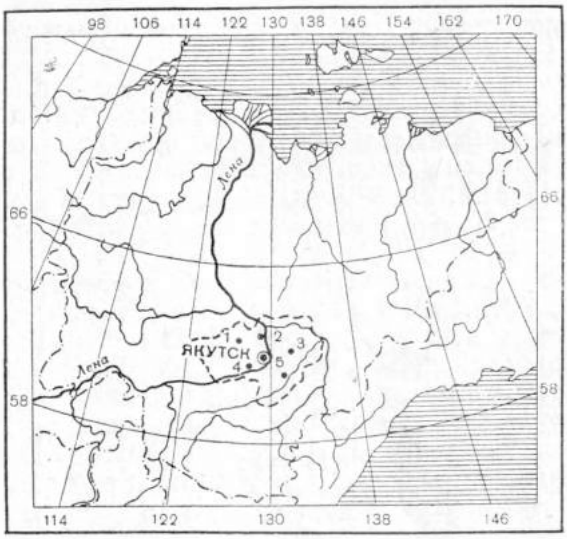

Рис. 1. Схематическое расположение районов Центральной Якутии.

1 — Бердигестях, *2* — Намцы, *3* — Чурапча, *4* — Покровск, *5* — Амгэ

геоморфологическую единицу — равнину Центральной Якутии, ограниченную на севере северо-восточной плоской возвышенностью, на северо-востоке — предгорьями Верхоянского хребта, на востоке и юго-востоке — предгорьями Джугджурского хребта и Алданским нагорьем, на юге — Патомо-Момским нагорьем и на западе — Приленской плоской возвышенностью. В пределах этой равнины он намечает три геоморфологические области, генетически связанные между собой: древнюю денудационную равнину, древнюю аллювиальную равнину и современные долины рек.

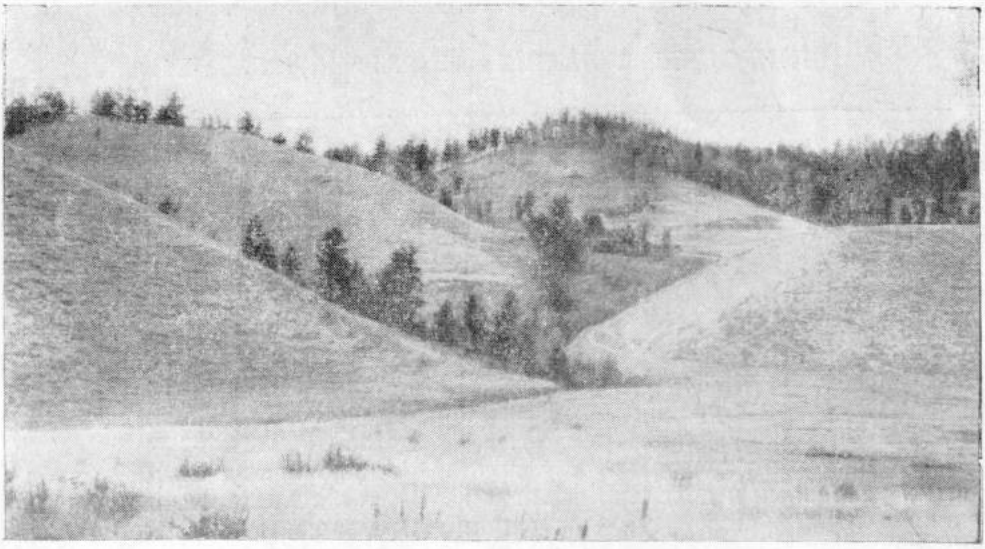

Рис. 2. Коренной берег р. Лены, образованный уступом древнеаллювиальной равнины верхнего уровня

Древняя аллювиальная равнина, занимающая бо́льшую часть территории Центральной Якутии, располагается между абсолютными отметками приблизительно 260—270 и 90—100 *м*. Разновозрастные районы этой равнины В. Г. Зольников в зависимости от их высотного положения относит к верхнему, среднему и нижнему уровням. В Центральной Якутии долина Лены на большом протяжении врезана в древнеаллювиальную равнину верхнего уровня, абсолютная высота которой колеблется в пределах 200—270 *м*. На западе она граничит с более высокой (абс. высоты 260—450 *м*) областью древней денудационной равнины.

Бо́льшая часть хозяйственно освоенной территории Центральной Якутии, особенно ее левобережных районов, расположена в пределах упомянутой равнины верхнего уровня. Район равнины верхнего уровня делится на ряд подрайонов.

Наши исследования велись в пределах одного из таких подрайонов — на левобережной приленской эрозионно-аккумулятивной равнине верхнего уровня, протянувшейся широкой полосой по левому берегу Лены примерно на 40 *км* к северу и на 80 *км* к югу от Якутска.

Приленская часть равнины крутым уступом высотой до 100 *м* обрывается в долину Лены (рис. 2). Здесь она сильно расчленена короткими и глубокими распадками [1]. В западной, слабее расчлененной части приленской равнины распространены грядовые аккумулятивные формы рельефа.

Почвообразующие породы в западной части представлены древнеаллювиальными песками и супесями и в восточной — маломощными древнеаллювиальными легкими суглинками и супесями. Местами встречаются отложения суглинков, подстилаемых на небольшой глубине слоистыми суглино-супесями и песками.

---

[1] «Распадками в Сибири называют остродонные ложбины, обычно рассекающие коренные склоны и цокольные террасы речных долин и напоминающие своим видом овраги. Распадки формируются небольшими речками, ручьями и временными водостоками с большими уклонами» (Коржуев, 1959, стр. 44).

Рис. 3. Зарастающее озеро на аласе; вдали усадьба стационара

Нижние горизонты галечниковых песков лежат на размытой поверхности мезозойских пород.

На территории древнеаллювиальной равнины верхнего уровня, как указывает В. Г. Зольников (1954а), почти полностью отсутствуют грунтовые льды и не выражены процессы термокарста. Эти явления отмечаются лишь в долинах таежных речек и в некоторых бессточных понижениях.

Немногочисленные речки, дренирующие приленскую полосу, глубоко врезаны в устьевой части. Они заполняются водой лишь весной, летом почти пересыхают.

Распространены плоские, слабо углубленные бессточные депрессии. В зависимости от величины и характера водосборной площади и водно-физических свойств почвогрунтов в депрессиях могут образоваться болота или озера, уровень воды которых зависит от условий увлажнения (рис. 3).

В засушливые годы болота и озера могут сильно пересыхать, а при часто повторяющихся засухах — высыхать совсем.

В приленской части равнины верхнего уровня, по В. Г. Зольникову (1954б), распространены сочетания и комплексы дерново-лесных осолоделых суглинистых и супесчаных почв с черноземно-луговыми, черноземно-луговыми солонцеватыми и лугово-болотными почвами. Почвы лугового типа распространены преимущественно на наиболее плоских и слабо расчлененных участках поверхности. На песчаных гривах развиты слабооподзоленные или слабоосолоделые песчаные почвы, занятые сосновыми лесами.

В геоботаническом отношении равнина Центральной Якутии почти целиком относится к области распространения центрально-сибирских среднетаежных лесов из даурской лиственницы в сочетании с гипново-травяными болотами, ерниками и лугами (Сочава, 1956; Геоботаническая карта СССР, 1956).

Уточняя закономерности распределения растительного покрова Якутии, М. Н. Караваев (1955, 1957) выделяет Центрально-Якутскую равнину в особую Приленскую ботанико-географическую подпровинцию. На левобережье Лены он выделил район лиственничной тайги с участками

лугово-степной растительности и березовыми колками, который по площади больше, чем приленский подрайон равнины верхнего уровня, упоминавшийся выше. В этом районе «преобладают лиственничные травяно-брусничные, местами травяные леса (сухая тайга) с незначительным участием мохово-багульниковой тайги. Сосняки редки. Большую площадь занимают луга, ерники и травяные болота. На участках лугостепей сухие лиственничные травяные и травяно-брусничные лиственничные и березовые колки сочетаются с луговыми степями, остепненными и солончаковатыми лугами и травяными болотами» (Караваев, 1957, стр. 44).

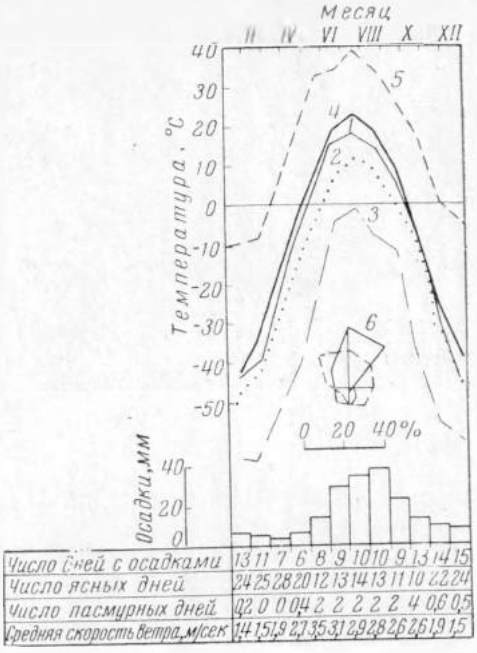

Рис. 4. Годовой ход основных метеорологических элементов в Якутске (по Е. Я. Щербаковой).

Температура: *1* — средняя месячная, *2* — средний минимум, *3* — абсолютный минимум, *4* — средняя в 13 часов, *5* — средний максимум; роза ветров: *6* — в январе; прерывистая линия — в июле

Якутский лесхоз, на территории которого мы вели исследования, целиком относится к упомянутому геоботаническому району.

Климат Якутии достаточно подробно освещен в работах В. В. Шостаковича (1927), В. Ю. Визе (1927), Г. Д. Мямлина (1940), Е. Я. Щербаковой (1961), а ее центральной части — в монографии Д. И. Шашко (1961). Поэтому мы ограничимся лишь самыми краткими замечаниями.

Общее представление о годовом ходе основных метеорологических элементов дает график (рис. 4), заимствованный из работы Е. Я. Щербаковой (1961).

Для растительности наиболее важное значение имеют ресурсы тепла и влаги. По С. А. Сапожниковой (1958), территория Центральной Якутии в агроклиматическом отношении относится к прохладному термическому поясу и засушливой зоне. Д. И. Шашко (1958) дает количественные показатели обеспеченности растений теплом и влагой, на основе которых построено предлагаемое им агроклиматическое районирование. В качестве объективного показателя обеспеченности теплом он принял сумму среднесуточных температур более 10°, а влагой — показатель увлажнения, представляющий отношение количества годовых осадков к суммарному дефициту влажности. В зависимости от величины этого отношения выделяются следующие типы увлажнения: избыточно влажный — показатель увлажнения более 0,60; влажный — 0,45—0,60; умеренно влажный — 0,35—0,45; полузасушливый —0,25—0,35; засушливый —0,15—0,25 и сухой — менее 0,15. В соответствии с этим по обеспеченности теплом Центральная Якутия относится к прохладной зоне (сумма температур более 10° — 1200—1800), по обеспеченности влагой — к засушливой (показатель увлажнения 0,18).

Для лесного и сельского хозяйства наибольший интерес представляют условия увлажнения в течение вегетационного периода. Они могут быть иллюстрированы показателями увлажнения, вычисленными Д. И. Шашко (1961) для отдельных месяцев по различным районам

Якутии, из которых мы остановимся лишь на нескольких, характерных для Центральной Якутии.

Станция	V	VI	VII	VIII	IX	За год
Якутск	0,10	0,11	0,12	0,23	0,23	0,18
Покровск	0,15	0,14	0,19	0,21	0,32	0,22
Амга	0,11	0,11	0,14	0,18	0,33	0,22

Большую часть вегетационного периода в районе Якутска можно назвать сухой. Засушливый тип увлажнения наблюдается и в конце периода. Несколько выше показатели увлажнения к югу от Якутска (Покровск) и частично, главным образом осенью, на восток от него (Амга). Для сравнения укажем, что полупустынные районы Волго-Уральского междуречья также относятся к сухим, с показателем увлажнения менее 0,15.

Мы остановились несколько подробнее на характеристике увлажнения потому, что они в основном определяют условия существования растений, а наиболее важные сельскохозяйственные районы Центральной Якутии расположены в пределах засушливой зоны. При этом среднее многолетнее распределение летних осадков таково, что в начале вегетации их выпадает мало, а наибольшее количество приходится на конец этого периода, когда потребность растений во влаге и интенсивность испарения снижаются.

Особенности увлажнения сказываются и на микробиологических процессах в почве, от которых в свою очередь зависит разложение органического вещества: в первой, наиболее теплой половине лета они лимитируются недостатком влаги, во второй, влажной — недостатком тепла.

Обратимся к некоторым характеризующим обеспеченность теплом показателям, заимствованным из работы Д. И. Шашко (1961).

Сумма прямой солнечной радиации на горизонтальную поверхность за год в Якутске составляет 53 *ккал/см*^{2}, в Иркутске, расположенном на 10° южнее,— 60 *ккал/см*^{2}, а под Ленинградом — всего 42 *ккал/см*^{2}. За период с мая по октябрь соответствующие цифры будут 37,2; 37,6 и 33,2 *ккал/см*^{2}. Напряжение прямой солнечной радиации в полдень на перпендикулярную поверхность в Якутске составляет 1,14, в Иркутске —1,20 и в Ташкенте —1,30 *ккал/см*^{2} · *мин*. Таким образом, в Якутске поверхность получает почти столько же тепла, сколько в Иркутске, и немного больше, чем под Ленинградом.

За год в Якутске бывает 234 ясных дня, в том числе в мае 13, в июне —13, в июле и в августе — по 15 и в сентябре —12. При этом число часов солнечного сияния в процентах от возможного в мае составляет 56, в июне —60, в июле —61, в августе —55 и в сентябре —49.

Некоторые данные, характеризующие температурный режим вегетационного периода на станции Якутск, приведены в табл. 1.

Сумма среднесуточных температур выше 10° составляет 1550, т. е. по обеспеченности теплом Центральная Якутия находится примерно в тех же условиях, что и Ленинград, Вологда, Петрозаводск.

Таким образом, высокое напряжение солнечной радиации, быстрое нарастание температуры от весны к лету, большая длительность дня, обусловливаемая широтой местности, и преобладание летом ясной и теплой погоды — факторы, благоприятствующие произрастанию растительности при условии достаточной обеспеченности влагой.

Общеизвестны исключительная суровость якутской зимы, длящейся почти семь месяцев, резкая континентальность климата, характеризу-

Таблица 1

Время устойчивого перехода температуры воздуха через 0,5 и 10° и продолжительность соответствующих периодов, дни

Пределы температуры					
			весна	лето	осень
0°	5°	10°	5—15°	15—15°	15—5°
1.V 3.X	14.V 25.IX	28.V 4.IX	14.V 13.VI	13.VI 16.VIII	16.VIII 19.IX
Продолжительность периодов					
154	127	98	29	63	33

ющаяся абсолютной амплитудой температуры 102°, а также значительные колебания температуры в течение суток в летнее время, при которых возможны заморозки даже в июле. Эти факторы не благоприятны для растительности и зачастую определяют видовой состав и структуру естественного растительного покрова, в частности лесной растительности. При этом решающее значение во многих случаях имеют ресурсы тепла и влаги и их перераспределение под влиянием топографических условий и особенно самой растительности.

КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОПЫТНОГО УЧАСТКА

Стационарные исследования, результаты которых излагаются в настоящей работе, проводились на участке площадью 440 *га*, расположенном на плоской поверхности левого коренного берега Лены (древняя аллювиальная равнина верхнего уровня) в 2—3 *км* от его верхней кромки. Абсолютная высота местности приблизительно 220 *м*, а по отношению к надпойменной террасе Лены —120 *м*.

Глубоко врезанные, остродонные пади, густой сетью расчленяющие склоны коренного берега, не идут далеко вглубь и обычно оканчиваются в 2—3 *км* от подошвы склона. Они выклиниваются на расстоянии 1—1,5 *км* от опытного участка, на территории которого эрозионная сеть не развита. Отвершки падей в виде плоских кочковатых ложбин с едва заметным уклоном проникают только в восточную часть участка. Уклон настолько мал, что поверхностный сток по этим ложбинам практически отсутствует даже при снеготаянии.

Сеть ложбин расчленяет поверхность, образуя слегка выпуклые возвышенности округлой или вытянутой формы, но колебания относительных высот, за редким исключением, не превышают 2—4 *м*.

В целом же территория участка представляет собой довольно ровную или местами немного покатую поверхность со слабо вдавленными депрессиями в виде округлых по форме аласов (лугов), или нешироких плоских, слабо выраженных понижений вытянутой формы, иногда с четкообразными расширениями. Эти понижения или расходятся от более крупных аласов, теряясь среди тайги, или соединяют отдельные аласные системы. Однако такие понижения не являются гидрографической сетью и стока по ним нет даже в весеннее время, хотя в наиболее низких местах могут скапливаться талые воды, образуя временные болотца.

Почвообразующие породы представлены древнеаллювиальными песчаниками и супесчаными отложениями, перекрывающими мезозойские породы.

На территории стационара преобладают супесчаные и суглинисто-супесчаные разновидности дерново-лесных осолоделых почв, занимающих ровные участки поверхности или пологие склоны. Они сочетаются со слабооподзоленными песчаными и супесчаными почвами упомянутых всхолмлений и грив эрозионного происхождения в восточной части участка и с комплексом черноземно-луговых, черноземно-луговых солонцеватых и лугово-болотных почв, приуроченных к различным депрессиям.

Лиственничники обычно занимают дерново-лесные осолоделые почвы, сосняки — песчаные и супесчаные слабооподзоленные. Березняки, кроме вторичных, чаще связаны с почвами, переходными от дерново-лесных осолоделых к черноземно-луговым.

Леса, произрастающие на территории опытного участка, по составу, производительности и особенностям возрастной структуры мало отличаются от лесов Центральной Якутии.

На долю покрытой лесом площади приходится 71%, что близко к лесистости Якутского лесхоза (77%) и группы левобережных районов Центральной Якутии (Якутского, Горного, Намского и Орджоникидзевского) и совпадает с лесистостью группы правобережных районов, расположенных на междуречье Лена — Алдан (Усть-Алданский, Таттинский, Чурапчинский, Амгинский, Мегино-Кангаласский районы).

В лесах преобладает лиственница. Соотношение площадей с преобладанием этой породы, сосны и березы на опытном участке близко к тому, которое наблюдается в целом по Центральной Якутии. Так, на территории участка лиственница занимает 89, сосна — 2 и береза — 9% площади[1]. Соответствующие цифры для группы левобережных районов будут 90; 8 и 2% и для правобережных — 95; 3 и 2%.

Особенностью возрастной структуры лиственничных лесов участка является преобладание спелых и перестойных древостоев, на долю которых приходится 65% площади, что очень близко к цифрам, характеризующим левобережные (67%) и правобережные (59%) районы. Но на участке отсутствуют молодняки, которые в целом по Центральной Якутии занимают около 13% площади, и высок удельный вес приспевающих древостоев — 34%. В соответствии с этим и средний возраст древостоев выше, чем по Якутскому лесхозу в целом: у лиственницы он равен 144 годам против 104 лет по лесхозу и у сосны — 160 против 102 лет. Это же обстоятельство отражается и на повышении среднего запаса древесины на 1 *га*, величина которого для Центральной Якутии составляет 113 *м*³/*га* (Щербаков и Уртаев, 1961), а на участке — 170 *м*³/*га*.

Средний класс бонитета лиственничных древостоев участка —IV,8, т. е. почти такой же, как и по лесхозу в целом (IV, 7), сосны — Va против V, 1 по лесхозу. Некоторое снижение производительности лиственничных древостоев по сравнению с лесами лесхоза идет вследствие возрастания удельного веса лиственничников V класса бонитета до 73% против 54% по лесхозу. В то же время площадь, занятая лесами Va класса бонитета, на опытном участке составляет 4%, а по лесхозу в целом —9%.

Средняя полнота лиственничников участка 0,52, а по лесхозу в целом —0,48.

Типы леса опытного участка описала в 1957 г. В. Н. Виппер. Растущие здесь лиственничные леса относятся к группам брусничных, багульниковых и толокнянковых, которые распространены в Центральной Якутии на Лено-Вилюйском и Лено-Алданском междуречьях (Уткин, 1959). Бо́льшая часть площади занята брусничными лиственничниками, которые преобладают и во всей Центральной Якутии. Общее представление о наиболее распространенных и характерных типах леса дает эдафофитоценотическая схема (рис. 5), составленная в основном по данным описания постоянных пробных площадей.

Таким образом, древостои опытного участка по типологическому составу и ряду таксационных признаков, определяющих влияние леса на гидроклиматический режим местности, типичны для равнинных лесов Центральной Якутии. На территории участка почти отсутствуют средне- и тяжелосуглинистые почвы, встречающиеся в Центральной Якутии. Поэтому некоторые данные о водном режиме почв могут быть распространены лишь на площади с почвами, сходными по механическому составу. В то же время во многих случаях водный режим легких почв оказывается более жестким, чем суглинистых, и выяснение некоторых особенностей режима влажности лесных почв облегчается контрастностью условий.

---

[1] Таксация участка проведена в 1954 г. А. И. Уткиным.

Гидрологические и микроклиматические наблюдения осуществлялись в следующих типах леса, не считая безлесных участков.

Брусничные лиственничники (лимнасово-брусничный, арктоусово-брусничный, грушанково-брусничный, бруснично-злаковый, бруснично-разнотравный с березой, ольховниково-бруснично-багульниковый).

Толокнянковые лиственничники (бруснично-толокнянковый).

Сосняк толокнянковый.

Березняк грушанково-разнотравный.

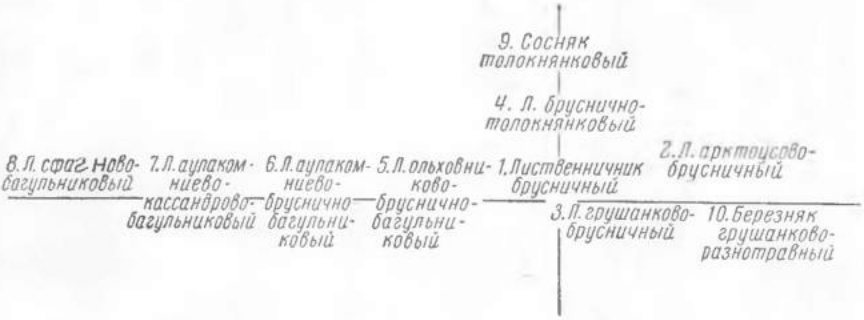

Рис. 5. Эдафо-фитоценотическая схема типов леса опытного участка

Почти все гидроклиматические исследования в лесу проводились на постоянных пробных площадях, размещение которых обозначено на схематическом плане опытного участка (рис. 6).

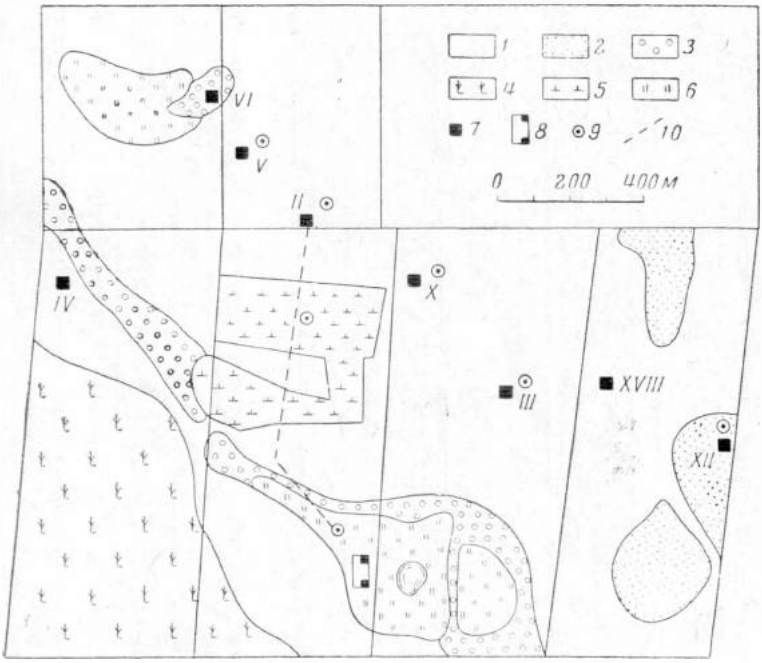

Рис. 6. Схематический план части опытного участка.

1 — лиственничник, *2* — сосняки, *3* — березняки, *4* — старые гари, *5* — вырубки, *6* — луга (аласы), *7* — постоянные пробные площади (римские цифры — номера площадей), *8* — усадьба стационара, *9* — метеорологические площадки, *10* — микроклиматический профиль

Размеры пробных площадей выбирались с тем, чтобы на них сохранялась однородность типа леса. В тех случаях, когда это требование было легко осуществимо, площадь составляла от 0,5 до 0,25 *га*, при невозможности этого — снижалась. Независимо от размеров пробной площади число деревьев на каждой из них в подавляющем большинстве превышало 150—200.

На каждой пробной площади деревья пронумерованы, и проекции их крон нанесены на план. У стволов измерялись диаметр по двум взаимно перпендикулярным направлениям, высота дерева и высота прикрепления крон. По модельным деревьям определялся общий вес крон и вес хвои или листьев. Производилось детальное описание подлеска и травяно-кустарничкового покрова. Определялся общий вес растений живого покрова и отдельных видов, образующих его, а также вес подстилки. Описывалась почва и брались образцы для последующего физико-химического анализа.

Приводим краткое описание тех постоянных пробных площадей и других участков, на которых изучался гидрологический и климатический режим. Таксационная характеристика древостоев приведена в сводной таблице. Почвенные разрезы описаны кратко, главным образом с учетом водно-физических свойств почвы. Механический состав почв характеризует табл. 2.

Таблица 2

Механический состав почв, % на абсолютно сухую навеску
(по Н. А. Качинскому)

Горизонт и глубина взятия образца, *см*		Размер фракций, *мм*					
		1—0,25	0,25—0,05	0,05—0,01	0,01—0,005	0,005—0,001	<0,001
Лиственничник 50 лет							
A_d	2—10	41,4	19,6	19,6	5,3	8,0	6,1
B_1	30—40	13,4	23,8	29,6	5,6	9,4	18,2
B_2	80—90	15,5	12,9	36,9	8,4	13,8	12,5
Лиственничник 130 лет							
A_1	1,5—5	56,4	23,3	8,2	3,3	4,1	4,7
A_2	5—15	63,6	18,3	7,1	1,8	2,7	6,5
B	20—30	60,7	19,0	8,6	4,2	0,7	6,8
BC	40—50	64,3	21,5	6,9	1,2	0,8	5,3
C	100—110	27,7	16,3	28,3	5,6	10,4	11,7
Вырубка 1953 г.							
A_2	5—15	58,7	27,4	6,6	1,4	3,0	2,9
B	20—25	69,4	13,6	7,4	2,5	3,0	4,1
B	30—40	56,3	22,2	5,8	1,0	2,1	12,6
C	100—110	29,2	15,2	26,3	6,3	8,8	14,2
Сосняк 115 лет							
A_2	5—15	42,8	16,5	23,4	4,8	6,2	6,3
B	20—30	30,7	10,8	30,6	6,5	8,1	13,3
BC	50—60	69,4	16,5	6,4	0,5	1,4	5,8
C	120—130	70,9	21,0	3,5	0,4	0,7	3,5
Березняк 30 лет							
A_d	2—7	57,7	22,4	10,3	2,9	2,7	4,0
A_1	10—20	36,2	16,8	22,5	5,3	7,1	12,1
B_1	50—60	45,8	23,1	15,5	2,4	4,5	8,7
B_2	100—110	60,0	26,3	6,7	0,8	1,2	5,0

Пробная площадь II. Лиственничник лимнасово-брусничный, 130 лет (рис. 7). Заложена в 1954 г., площадь 0,25 *га*.

Поверхность ровная, с едва заметным уклоном к северу. Микрорельеф выражен сравнительно слабо.

Почва дерново-лесная, среднеосолоделая, супесчаная [1].

A_0	0— 2 *см*	Рыхлая, слабо разложившаяся подстилка.
A	2— 5 »	Торфянистая дернина, густо переплетенная корешками, примесь песка.
A_2	5— 15 »	Желтоватая бесструктурная супесь. Много корней лиственницы.
B	15— 35 »	Светло-бурая бесструктурная супесь плотноватого сложения.
BC	34— 90 »	Пестроокрашенный супесчаный горизонт с прослойками, более тяжелыми по механическому составу.
C	90—120 »	Желтовато-серый среднезернистый песок с тонкими прослойками легкого суглинка.

Подлесок, сомкнутостью в среднем 0,3, состоит преимущественно из угнетенной поросли березы плосколистной с примесью ив сухолюбивой, Радде и Флодерусса, шиповника иглистого и смородины мелкоцветковой.

Живой покров (проективное покрытие 80%) образован брусникой с примесью арктоуса и лимнаса. Другие виды встречаются в меньшем количестве. Обилие основных видов живого покрова следующее: Vaccinium vitis idaea—Cop[3], Arctous erythrocarpa — Cop [1], Limnas Stelleri — Sp, Pyrola incarnata — Sp, Ramischia obtusata — Sp, Lathyrus humilis — Sp, Vicia amoena — Sp, Calamagrostis neglecta— Sp, Festuca jacutica — Sp, Linnaea borealis—Sp, Vaccinium uliginosum — Sol.

Общий вес надземных частей живого покрова 1060 *кг/га*[2], из которых на долю брусники приходится 82, лимнаса — 6, чины низкой — 3, грушанки и рамишии — 3%.

Пробная площадь IV. Лиственничник лимнасово-брусничный, 100 лет. Заложена в 1954 г., площадь 0,0625 *га*. Участок леса ровный, едва приподнятый над

Рис. 7. Лиственничник лимнасово-брусничный 130 лет. Близ пробной площади II

[1] Описания почвенных разрезов были любезно просмотрены В. Г. Зольниковым и Л. Г. Еловской, которым автор выражает искреннюю признательность.

[2] Во всех случаях вес живого покрова дается в пересчете на вес абсолютно сухого вещества.

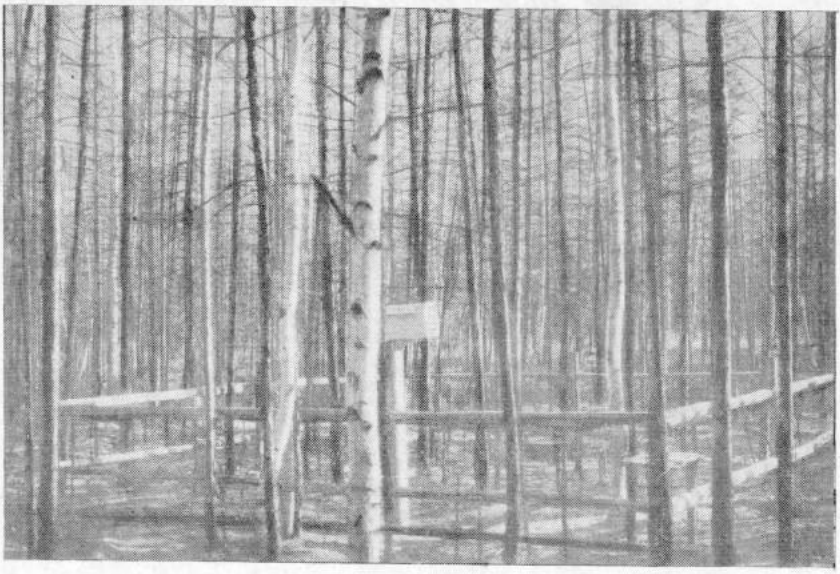

Рис. 8. Лиственничник грушанково-брусничный 50 лет. Пробная площадь V

расположенным неподалеку вытянутым аласным понижением с кочковатым болотом. Микрорельеф выражен слабо.

Почва дерново-лесная, среднеосолоделая, легкосуглинистая.

A_0	0— 4 *см.*	Подстилка из опада лиственницы. Сверху рыхлая, внизу более уплотненная.
A	4— 13 »	Дернина из полуразложившихся торфянистых остатков, переплетенная корнями. Небольшая примесь песчаных частиц.
A_2	13— 25 »	Белесовато-серая, бесструктурная, легкая супесь с кремнеземистой присыпкой. Слабо прокрашена гумусом.
B_1	25— 94 »	Пестроокрашенный, неоднородный по механическому составу горизонт. На фоне супеси прослойки легкого песчанистого суглинка. Сложение довольно плотное. Встречаются бледно-охристые пятна и пятна оглеенной почвы.
B_2	94—118 »	Сизовато-серый легкий пылеватый суглинок с охристыми пятнами. Сложение мелкоплитчатое, плотноватое.

Подлеска нет. Встречаются лишь единичные кустики шиповника иглистого и ивы Радде.

Живой покров редкий, в виде пятен. Проективное покрытие 40%. Преобладает брусника, к которой примешиваются лимнас, грушанка, рамишия, арктоус, чина и ряд других, единично встречающихся растений, в том числе из представителей луговой флоры. Наиболее распространены следующие виды:

Vaccinium vitis idaea — Cop[1], Limnas Stelleri — Sp, Pyrola incarnata — Sp, Ramischia obtusata — sp, Arctous erythrocarpa — Sp, Lathyrus humilis — Sp, Bromus sibiricus — Sp, Equisetum silvaticum — Sp, Calamagrostis neglecta—Sol, Agropyrum repens—Sol, Aulacomnium turgidum—Sol.

Общий вес надземных частей живого покрова 290 *кг/га*. Вес брусники составляет 56% от общего веса, различных злаков — 30%, арктоуса — 4%, грушанки и рамишии — 2%.

Пробная площадь V. Лиственничник грушанково-брусничный, 50 лет (рис. 8). Заложена в 1954 г., площадь 0,058 *га*. Участок, занимаемый этим типом леса, слабо вдавлен по отношению к окружающей местности. Микрорельеф полого-волнистый.

Рис. 9. Лиственничник арктоусово-брусничный 170 лет. Пробная площадь XVIII

Почва дерново-лесная, слабоосолоделая, слабооторфованная, легкосуглинистая.

A_0	0— 3 *см.*	Рыхлая пружинистая подстилка, преимущественно из хвои лиственницы. Верхний слой неразложившийся, нижний — слабо разложившийся.
A_d	3— 10 »	Торфянистый, рыхлый, пронизанный корешками и грибным мицелием горизонт с примесью промытого песка.
B_1	10— 67 »	Пестроокрашенный, неоднородный по механическому составу: местами супесчаный, местами легкосуглинистый. Развито оглеение. Встречаются охристые пятна. Сложение мелкослоистое, средней плотности.
B_2	67—100 »	Серовато-светло-коричневый легкий пылевато-мелкопесчанистый суглинок с пятнами супеси. Сложение мелкоплитчатое, довольно плотное. Структура крупнокомковатая.

Подлеска нет. Встречаются единичные побеги ив сухолюбивой и Радде и шиповника иглистого.

Живой покров очень редкий, небольшими пятнами. Преобладает грушанка и рамишия. В небольшом количестве встречаются кустики брусники, арктоуса, костяники. В понижениях отмечен аулякомниум. Видовой состав живого покрова следующий:

Pyrola incarnata — Sp, Ramischia obtusata — Sp, Rubus saxatilis — Sp. Sol: Rubus arcticus, Vaccinium vitis idaea, Arctous erythrocarpa, Calamagrostis neglecta, Lathyrus humilis, Silene repens, Anemone dichotoma, Sanguisorba officinalis, Equisetum scirpoides.

Общий вес живого покрова всего 80 *кг/га*, из которых третья часть приходится на долю грушанки и рамишии.

Постоянная пробная площадь XVIII[1]. Лиственничник арктоусово-брусничный, 170 лет (рис. 9). Заложена в 1957 г., площадь 0,25 *га*.

Ровный участок с едва заметным уклоном к востоку. Микрорельеф мелко-плоскобугристый.

---

[1] В связи с ограниченным количеством опытов, проводившихся на пробной площади XVIII, описание ее дается кратко.

Почва дерново-лесная, осолоделая, супесчано-суглинистая. Подстилка слоем до 3 *см*, рыхлая, слабо разложившаяся.

Подлесок редкий, состоит из поросли березы плосколистной, ив, шиповника и спиреи.

Живой покров почти сплошной, очень пышный и разнообразный. Преобладают брусника, лимнас, арктоус с примесью чины низкой, костра сибирского, подмаренника, овсяницы якутской, костяники и ряда других растений.

Общий вес надземных частей живого покрова 1520 *кг/га*, в том числе брусники — 51%, арктоуса — 32%, лимнаса—8%, чины низкой—2%.

Пробная площадь X. Лиственничник ольховниково-брусничнобагульниковый, 110 лет. Заложена в 1957 г., площадь 0,1875 *га*. Пробная площадь расположена вдоль нижней части пологого северного склона невысокого песчаного увала, занятого сосняком. Она имеет вид вытянутого прямоугольника, длиной 75 *м* и шириной 25 *м*.

Почва дерново-лесная, слабоосолоделая, супесчаная.

A_0	0— 3 *см*.	Рыхлая двухслойная подстилка, преимущественно из хвои лиственницы и листьев ольховника. Нижний слой полуразложившийся.
A_1	3— 6 »	Темно-бурый, гумифицированный, супесчаный, густо переплетенный корнями.
A_2	6— 11 »	Серый, супесчаный, языками заходит в следующий горизонт, много корней.
B_1	11— 44 »	Светло-охристый, бесструктурный, супесчаный (почти песчаный).
B_2	44— 90 »	Буровато-охристый, супесчаный, бесструктурный, с пятнами и тяжами легкого суглинка.
BC	90—128 »	Темно-бурый супесчано-суглинистый, бесструктурный.

Подлесок состоит из ольховника (Alnaster fruticosus), растущего в осветленных местах. Сомкнутость неравномерная, в среднем 0,3. Кроме ольховника высотой 2—3 *м* встречаются единичные кусты ив сухолюбивой и Радде, шиповника иглистого и угнетенной поросли березы плосколистной.

Живой покров почти сплошной. Основной фон создают брусника и багульник, причем последний больше приурочен к осветленным местам. В небольшом количестве в микропонижениях встречаются мхи. Видовой состав и обилие живого покрова следующие:

Vaccinium vitis idaea — Cop^3, Ledum palustre — Cop^1, Calamagrostis neglecta — Cop^1, Vaccinium uliginosum — Sp. Linnea borealis—Sol, Equisetum silvaticum — Sol, Pyrola incarnata — Sol, Aulacomnium palustre—Sol, Polytrichum juniperinum—Sol.

Общий вес надземных частей живого покрова 1930 *кг/га*, из которых 78% приходится на долю брусники, 11 — багульника, 7 — голубики и менее 2% — на долю злаков.

Пробная площадь XIV. Лиственничник бруснично-толокнянковый. Заложена в 1957 г., площадь 0,0625 *га*. Плоская невысокая грива, тянущаяся вдоль кочковатой болотистой ложбины.

Почва дерново-лесная, сильноосолоделая, песчаная.

A_0	0— 2 *см*.	Рыхлая, почти неразложившаяся подстилка из опада лиственницы.
A_1	2— 6 »	Темно-бурый торфянистый горизонт с незначительной примесью торфянистых частиц. Густо переплетен корнями полукустарничков, которые почти не проникают глубже.
A_2	6— 10 »	Белесый, песчаный, бесструктурный, почти аморфный кремнезем.
B	20— 76 »	Светло-охристый песок. Корни лиственницы проникают до 30 *см*.
BC	76—171 »	Охристый, с горизонтальными темными полосами, песчаный, внизу супесчаный.

Подлесок не развит. Встречаются единичные кустики поросли березы плосколистной, шиповника иглистого и ивы сухолюбивой.

Живой покров развит хорошо. Толокнянка и брусника, среди которых вкраплены стебли лимнаса, сплошным ковром застилают почву. Лишайники растут небольшими куртинками, разбросанными среди бруснично-толокнянкового покрова. Видовой состав и обилие основных представителей живого покрова следующие:

Arctostaphylos uva ursi — Cop^3, Vaccinium vitis idaea — Cop^2, Limnas Stelleri — Sp. Calamagrostis neglecta — Sp, Scorzonera radiata — Sp, Festuca jacutica — Sol, Lathyrus humilis — Sol, Carex acrescens — Sol, Silene repens — Sol, Aquilegia parviflora — Sol, Sol: Cladonia rangiferina, C. sylvatica, C. alpestris, Cetraria cucullata.

Общий вес живого покрова 3000 *кг/га*, из которых на толокнянку приходится 53%, на бруснику — 21%, и на лишайники — 21%.

Пробная площадь III. Сосняк толокнянковый, 115 лет. Заложена в 1954 г., площадь 0,0625 *га*.

Это верхняя часть плоского приподнятого участка, сложенного песчаными отложениями, постепенно сливающегося с окружающими его пониженными элементами рельефа.

Почва дерново-лесная, слабооподзоленная, песчаная.

A_0	0— 1 *см*.	Рыхлая подстилка из опада сосны.
A	1— 4 »	Торфянистый, с незначительной примесью песка, густо переплетенный корнями.
A_2	4— 17 »	Белесого цвета, супесчаный, много аморфной кремнекислоты. Структура слабо выраженная, пластинчатая.
B	17— 39 »	Светло-бурый, супесчаный, структура комковатая, слабо выраженная, сложение плотноватое. Мелкие древесные корни.
BC	39— 91 »	Окраска более светлая. Горизонт почти песчаный, бесструктурный. Сложение средней плотности.
C	91—180 »	Желтовато-серый, среднезернистый песок.

Подлеска нет.

Живой покров состоит главным образом из толокнянки, образующей плотные куртинки, пронизанные отдельными экземплярами брусники, лимнаса и кустиками лишайников. Куртинки толокнянки располагаются чаще всего под «окнами» в лесном пологе. Проективное покрытие 80%. Важнейшие виды, образующие покров, следующие:

Arctostaphylos uva ursi — Cop^1, Vaccinium vitis idaea — Sp, Limnas Stelleri — Sp, Festuca jacutica — Sol, Phlox sibirica — Sol, Scorzonera radiata—Sol, Pulsatilla flavescens—Sol. Sol: Cladonia sylvatica, C. alpestris, C. rangiferina, Cetraria cucullata, C. islandica, Peltigera aphtosa.

Общий вес живого покрова 990 *кг/га*, который распределяется так: толокнянки — 40, брусники — 21, лишайников — 25, злаков — 5%.

Пробная площадь XII. Сосняк толокнянковый, 155 лет (рис. 10). Заложена в 1957 г., площадь 0,0625 *га*. Верхняя часть плоского возвышенного участка, сложенного песчаными отложениями.

Почва дерново-лесная, слабооподзоленная, песчаная.

A_0	0— 1 *см*.	Подстилка из неразложившегося опада сосны.
A_1	1— 6 »	Темно-бурый, супесчаный.
A_2B	6— 26 »	Охристо-сероватый с белесыми пятнами, супесчаный с включением гальки кристаллических пород, образующей на глубине 20—26 *см* сплошную прослойку.
B	26— 43 »	Ржаво-сероватый, почти песчаный. Галька единично.
BC	43—130 »	Серовато-палевый, песчаный, с единичными включениями гальки. Живые корни до 135 *см*.
C	130—170 »	Светло-серый песок, подстилаемый почти сплошным слоем гальки.

Подлеска нет. Встречаются лишь одиночные побеги шиповника иглистого.

Рис. 10. Сосняк толокнянковый 155 лет. Пробная площадь XII

Живой покров развит неравномерно. Проективное покрытие 30—35%. Преобладают толокнянка, растущая куртинками вместе с брусникой и лишайниками.

Лишайники образуют небольшие подушки среди куртин толокнянки или рассеяны среди нее в виде отдельных кустиков. Наиболее распространены следующие виды живого покрова:

Arctostaphylos uva ursi — Cop[1], Vaccinium vitis idaea—Sp, Scorzonera radiata — Sp, Pulsatilla flavescens — Sp, Saxifraga bronchialis — un. Cladonia sylvatica—Sp, C. alpestris—Sol, C. rangiferina—Sol, C. coccifera — Sol, Cetraria islandica — Sol, C. cucullata — Sol, Peltigera aphtosa — Sol, Polytrichum juniperinum — Sp.

Общий вес живого покрова 810 *кг/га*. На долю толокнянки приходится 32, брусники — 13 и лишайников — 35% общего веса.

Пробная площадь VI. Березняк грушанково-разнотравный, 30 лет (рис. 11). Заложена в 1954 г., площадь 0,03 га.

Западная окраина луга (аласа), неширокой полосой примыкающая к кочковатому аласу и отделяющая его от лиственничного леса.

Почва черноземно-луговая, глееватая.

A_0	0— 2 *см*.	Рыхлая подстилка из березового опада.
A_0	2— 7 »	Почти черная рыхлая торфянистая масса с незначительной примесью песка, сплошь переплетенная корнями.
A_1	7— 26 »	Черный, супесчаный, бесструктурный. Содержит много сильно разложившегося органического вещества. Много корней.
B_1	26— 81 »	Пестроокрашенный (черные и охристые пятна на сизоватом фоне), супесчаный с прослойками легкого суглинка. Сложение плотноватое, структура мелкокомковатая. Встречаются оглеенные пятна.
B_2	81—154 »	Коричневато-серый легкий пылевато-мелкопесчанистый суглинок. Сложение довольно плотное, плитчатое.

Подлесок редкий, сомкнутость 0,2. Состоит из невысоких кустиков ивы сибирской и спиреи средней.

Травяной покров многоярусный, разнообразен по видовому составу. Преобладают грушанка, различные злаки и осоки.

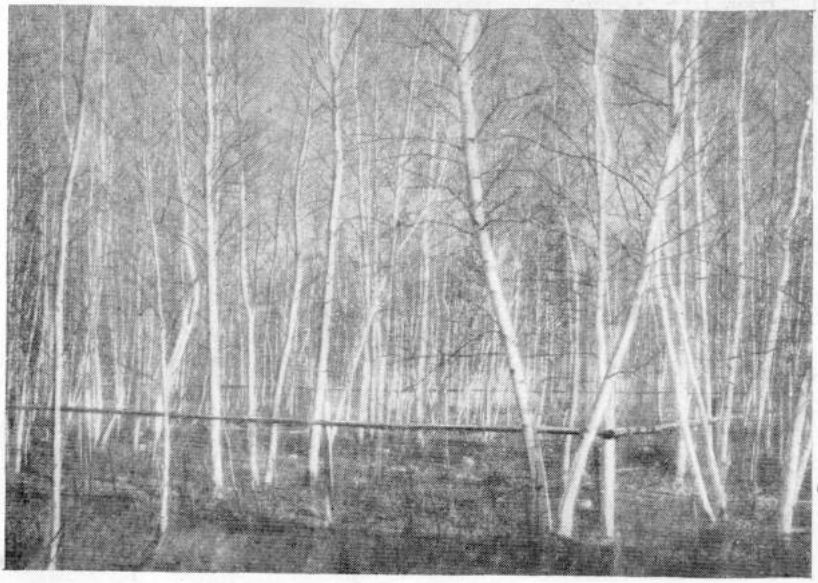

Рис. 11. Березняк грушанково-разнотравный 30 лет. Пробная площадь VI

Важнейшие виды травяного покрова:

Pyrola incarnata — Cop^2, Ramischia obtusata — Sp, Arctagrostis arundinaceae — Cop^1, Agrostis trinii — Sp, Trisetum sibiricum — Sp, Galium verum — Sp, Sanguisorba officinalis — Sp, Carex accrescens, — Sp, Potentilla stipularis — Sp, Artemisea tanacetifolia — Sp, Chamaenerium angustifolium — Sp, Linum komarovii — Sol, Iris setosa — Sol.

Общий вес травяного покрова 330 *кг/га*, из которых на злаки приходится 23, на осоки — 23 и на грушанку — 24%.

Кроме перечисленных постоянных пробных площадей, гидрологические и микроклиматические наблюдения велись на сплошных вырубках 1953 и 1948 гг. и на лесных участках (которые в дальнейшем для краткости именуются кулисами), разделяющих соответственно эти вырубки, а также вырубку 1948 г. и длинную неширокую поляну.

Сплошная вырубка 1953 г. произведена в лиственничнике лимнасово-брусничном и имеет размер 200×500 *м* (рис. 12). На ней вырублены все деревья, кроме 50 семенников; они растут одиночно или группами от 2 до 4 и оставлены с целью изучения плодоношения отдельно стоящих лиственниц. К 1961 г. вырубка покрылась порослью березы и разросшимися кустами ивы. Поросль регулярно вырубалась на полосе шириной 100—120 *м*, пересекающей среднюю часть вырубки с юга на север. На этой полосе, которая довольно сильно задернела, проводились метеорологические и иные наблюдения.

Среди кустарников преобладают ивы Флодерусса, Радде и сухолюбивая. В меньшем количестве встречаются шиповник иглистый и спирея средняя.

На вырубке, приблизительно в ее середине, намечается слабый уклон к северу. Микрорельеф неровный, мелкобугристый, местами трещиноватый. Подстилка сухая, сильно разложившаяся.

Травяной покров почти сплошной. Преобладают злаки. Лесные виды приурочены к затененным местам, под кустами, около пней. Наиболее распространены следующие виды:

Limnas Stelleri — Cop^3, Festuca jacutica — Cop^2, Lathyrus humilis — Cop^2, Vaccinium vitis idaea — Cop^1, Carex macraura — Cop^1, Vicia

Рис. 12. Вырубка 1953 г.

amoena—Sp, V. cracca—Sp, V. multicaulus — Sol, Arctous erythrocarpa — Sp, Calamagrostis sp.— Sp, Bromus sibiricus — Sp, Sanguisorba officinalis — Sp, Galium boreale—Sp, Viola alpestris—Sp, Aquilegia parviflora—Sp.

Общий вес живого покрова 2100 *кг/га,* в том числе брусники — 32, толокнянки — 26, арктоуса — 13, лимнаса — 10, осоки — 4, овсяницы — 4, прочих злаков — 3, кровохлебки — 3%.

Вырубка 1948 г., имеющая прямоугольную форму, расположена почти параллельно вырубке 1953 г. и отделена от нее кулисой шириной 100 *м.* Ширина вырубки в средней части также около 100 *м.*

Микрорельеф неровный, мелкобугристый.

Подстилка рыхлая, сильно разложившаяся, сухая. В ее состав входит старая хвоя, листья березы и остатки трав.

Восточная часть вырубки занята почти сомкнувшеися порослевой березой, западная — березой и ивняком. В средней части порослевая береза растет редко разбросанными отдельными гнездами, а большую часть площади занимают открытые задернелые прогалины.

На вырубке встречается единичный и групповой подрост лиственницы, высота его обычно не превышает 2 *м.*

Травяной покров мозаичный. Основной фон образует лимнас с примесью овсяницы, среди которого разбросаны пятна арктоуса, брусники Преобладают следующие виды:

Limnas Stelleri — Cop^3, Vaccinium vitis idaea — Cop^1, Festuca jacutica — Cop^1, Chamaenerium angustifolium — Cop^1, Lathyrus humilis — Cop^1, Arctous erythrocarpa — Sp, Carex macroura — Sp, Vicia amoena — Sp, Lychnis sibirica — Sp, Aquilegia parviflora — Sp, Gentiana barbata—Sp, Equisetum silvaticum — Sp, Sanguisorba officinalis — Sp.

Кулиса, разделяющая вырубки 1953 и 1948 гг., изреженный пожарами и беспорядочными рубками участок — представляет собой вариант лимнасово-брусничникового лиственничника — лиственничник бруснично-злаковый. Сомкнутость древостоя неравномерная; встречаются большие окна в пологе. В связи с этим хорошо выражена мозаичность в распределении подлеска и живого покрова, которые лучше развиты там, где изрежен древостой.

В подлеске сомкнутостью 0,3—0,6 доминирует угнетенная порослевая береза плосколистная и ивы, к которым примешиваются спирея и шиповник иглистый.

Травяной покров разнообразен по видовому составу, и в нем наряду с лесными имеются опушечные и луговые виды. Преобладают брусника и лимнас. Наиболее распространены виды:

Vaccinium vitis idaea — Cop[1], Limnas Stelleri — Cop[1], Pyrola incarnata — Sp, Ramischia obtusata — Sp, Lathyrus humilis — Sp, Vicia amoena — Sp, V. cracca — Sp, Bromus sibiricus — Sp, Fragaria orientalis — Sp, Thalictrum minus — Sp, Arctous erythrocarpa — Sp, Festuca jacutica — Sp, Calamagrostis Langsdorffii — Sp, Carex macroura — Sp, Rubus saxatilis — Sp, Vaccinium uliginosum — Sol, Saussurea elongata — Sol, Galium boreale — Sol, Artemisia commutata — Sol, Aquilegia parviflora — Sol.

Вторая кулиса — изреженный лес, отделяющий вырубку 1948 г. от злаково-разнотравной поляны — аласа. Этот тип леса — лиственничник с березой бруснично-разнотравный — представляет собой дальнейшую стадию эволюции брусничных лиственничников, происходящей под влиянием деятельности человека, так как он примыкает к обжитым аласам. Древостой разновозрастной, с неравномерной сомкнутостью и большими прогалинами. Кроме лиственницы, здесь много березы, растет осина.

Подлесок средней сомкнутостью 0,6 образован порослью березы плосколистной, ивами, спиреей, шиповником. Он гуще на прогалинах и опушках.

Травяной покров очень разнообразен. Здесь более 45 видов, представляющих лесную и луговую растительность и растительность сухих остепненных участков. Проективное покрытие 90%. Наиболее распространены:

Vaccinium vitis idaea — Sp, Arctous erythrocarpa — Sp, Pirola incarnata — Sp, Ramischia obtusata — Sp, Limnas Stelleri — Sp, Arctostaphylos uva ursi — Sp, Lathyrus humilis — Sp,Vicia amoena — Sp, V. cracca — Sol, Linnaea borealis — Sp, Galium boreale — Sp, G. verum — Sp, Geranium pratense — Sp, G. pseudosibiricum — Sp, Bromus sibiricus — Sp, Poa pratensis — Sp, Carex macroura—Sp, Thalictrum minus—Sp, T. simplex — Sp, Artemisia tanacetifolia — Sol, Aster alpinus — Sp, Castillea rubra — Sp, Dianthus versicolor — Sp, Pulsatilla flavescens — Sp.

На злаково-разнотравном лугу, неширокой полосой отходящем от аласа (см. рис. 6), находится метеорологическая площадка («поляна»). Здесь в течение двух лет изучалась влажность почвы.

Поверхность луга ровная, со слабо выраженным микрорельефом. Она несколько понижена по сравнению с окружающими лесными участками, хотя это понижение едва заметно.

Почва переходная от черноземно-луговой к дерново-лесной.

A	0— 10 *см.*	Почти черный, супесчаный, бесструктурный. Густо пронизан корешками.
A_1	10— 30 »	Темно-серый, супесчаный, бесструктурный. Много корней.
B	30— 50 »	Охристо-серый, почти чистый песок. Корней мало.
BC	50— 80 »	Серый песок слоистого сложения с прослойками суглинка.
C	80—180 »	Серый, супесчано-суглинистый, с прослойками супеси.

В равномерно развитом травостое преобладают пырей, полыни, мятлик, подмаренник, герань, осоки, соссюрея и другие виды.

Кроме описанных постоянных пробных площадей, лесных и безлесных участков, ряд наблюдений главным образом спорадических проводился на других пробных площадях и участках, детальное описание которых излишне. Краткую характеристику таких объектов мы дадим при описании соответствующих опытов.

Сводная таксационная характеристика постоянных пробных площадей приведена в табл. 3. Все таксационные признаки даны в пересчете на 1 *га*. Полнота рассчитана по стандартным таблицам (Третьяков, Горский, Самойлович, 1952). Средний возраст древостоев приведен тот,

Таблица 3

Таксационная характеристика пробных площадей

Таксационный признак	Лиственничники													Сосняки		Березняки	
	V		IV	II	XVIII	X		XIV		Кулиса 1		Кулиса 2		III	XII		VI
	Л	Б	Л	Л	Л	Л	Б	Л	С	Л	Б	Л	Б	С	С	Л	Б
Класс бонитета	IV	—	IV	IV	V	V.	—	Va	—	IV	—	V		Va	Va	—	IV
Состав	9	1	10	10	10	10	Ед.	10	Ед.	10	Ед.	9	1	10	10	Ед.	10
Средний возраст, лет	50	—	100	130	170			210	120	100—180		120—250		115	155	—	30
Средняя высота, *м*	12,1	10,6	17,4	18,4	17,0	14,0	9,0	12,2	9,4	19,0	—	17,9	—	11,4	6,8	—	10,3
Средний диаметр, *см*	7,0	9,4	11,5	16,3	19,4	17,2	11,0	18,4	13,8	25,6	—	20,4	—	14,4	9,5	8,0	5,8
Число стволов	4127	311	2704	976	708	485	21	448	48	326	29	248	47	1024	3472	80	4770
Сумма площадей сечения, $м^2$	15,77	2,16	28,31	20,29	20,86	11,21	0,20	12,02	0,72	16,80	0,60	8,12	1,35	16,79	24,53	0,31	12,57
Запас, $м^3$	110	12	264	168	171	84	—	85	3	146	4	76	13	105	112	2	
Средняя высота прикрепления крон, *м*	6,4	5,3	11,7	12,0	7,7	5,8	4,4	3,5	5,8	—	—	—	—	6,2	4,2	—	2,9
Сумма площадей проекций крон отдельных деревьев, $м^2$	7196	901	10803	7836	5253	3132	—	3186	210	—	—	—	—	4603	5779	102	11 888
Площадь проекции древесного полога, $м^2$	6587	—	6997	6108	4682	2911	—	3266	—	—	—	—	—	3970	4958	—	7 552
Полнота	0,62	—	0,86	0,67	0,64	0,38	—	0,36	—	0,50	—	0,24	—	0,60	0,90	—	0,45
Сомкнутость крон	0,66	—	0,70	0,61	0,47	0,29	—	0,33	—	—	—	—	—	0,40	0,50	—	0,75
Средняя площадь, занимаемая деревом, $м^2$	2,4	—	3,7	10,2	14,1	19,7	—	20,1	—	—	—	—	—	9,7	2,8	—	2,1
Средняя площадь проекции кроны, $м^2$	1,8	—	3,8	8,0	7,4	6,2	—	7,1	4,4	—	—	—	—	4,4	1,6	—	2,5
Среднее расстояние между деревьями, *м*	1,6	—	1,9	3,2	3,8	4,4	—	4,4	—	—	—	—	—	3,0	1,7	—	1,4
Вес крон, *т*	15,6	—	24,1	20,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	23,8	19,5	—	17,5
Вес хвои (листьев), *т*	2,2	—	2,0	2,7	2,5	—	—	2,9	—	—	—	—	—	—	—	—	2,4
Вес подстилки, *т*	30,0	—	21,6	17,5	9,1	10,5	—	13,3	—	—	—	—	—	12,3	9,4	—	10,8
Вес живого покрова, *т*	80	—	290	1060	1520	1930	—	3000	—	—	—	—	—	990	810	—	330

который был определен в год закладки пробной площади. Вес хвои, листьев, живого покрова и подстилки во всех случаях дается в пересчете на абсолютно сухое вещество. В заголовке таблицы даны номера пробных площадей, обозначенные римскими цифрами[1], и название древесной породы, обозначенное первой буквой (Л — лиственница, С — сосна, Б — береза). Полнота, сомкнутость крон, площадь проекции крон и другие признаки даны для всего древостоя в целом и в смешанных древостоях помещены в графу господствующей породы. Кулиса 1 разделяет вырубки 1953 и 1948 гг., кулиса 2 — вырубку 1948 г. и поляну (алас).

---

[1] В дальнейшем изложении во избежание длинных названий типов леса и невыразительного упоминания номера пробной площади эти площади именуются по названию древесной породы и возрасту древостоя. Так, пробные площади XVIII, II, IV и V называются соответственно лиственничниками 170, 130, 100 и 50 лет, X — лиственничником с ольховником, XIV — лиственничником толокнянковым, XII и III — сосняками 155 и 135 лет и VI — березняком 30 лет.

ПРОНИКНОВЕНИЕ ДОЖДЕВЫХ ОСАДКОВ СКВОЗЬ ПОЛОГ ЛЕСА

Часть дождевых осадков, выпадающих над лесом, задерживается кронами деревьев, кустарниками и травяным покровом и испаряется, не достигая поверхности почвы. В лесах Центральной Якутии, где подлесок развит слабо и обычно приурочен к определенным типам леса, роль его в задержании осадков невелика и практически может не приниматься во внимание. Травяно-кустарничковый покров, обычно хорошо развитый в лиственничных лесах, задерживает часть осадков. Однако и на вырубках, с которыми сравнивается поступление осадков в почву под лесом, также имеется травяная растительность, задерживающая, как и в лесу, часть осадков. В порядке первого приближения эту величину можно считать постоянной и не учитывать при сопоставлении водного режима леса и вырубок.

Главное внимание уделялось изучению влияния древостоев различного породного состава, возраста и сомкнутости на проникновение осадков под полог леса. Основными объектами исследования были лиственничники разного возраста, принадлежащие к группе брусничных. Наблюдения проводились также в березняке и сосняках.

Все работы осуществлялись на постоянных пробных площадях, характеристика которых была приведена ранее. На каждой пробной площади в определенном и одинаковом порядке располагалось на уровне почвы по 10 дождемеров диаметром 10 *см*. Их положение в течение всего периода наблюдений не менялось. На открытом месте осадки учитывались осадкомером Третьякова и плювиографом, установленными на высоте 2 *м*. Один пункт находился на поляне около 250 *м* в поперечнике (рис. 13), другой — на сплошной вырубке шириной 200 *м*.

Осадки учитывались после каждого дождя. Количество воды, проникшей под полог леса (среднее из показаний 10 дождемеров), выражалось в процентах к осадкам, выпавшим на открытом месте.

Ошибки вычисления средних величин по показаниям 10 дождемеров в подавляющем большинстве не превышает 2—4%. По данным А. А. Молчанова (1952), детально изучавшего проникновение осадков сквозь полог сосновых лесов в различных районах Европейской части СССР, средняя точность учета осадков под пологом леса составляет от 2,4 до 4,9%. Таким образом, удовлетворительную степень точности учета осадков под пологом одноярусных лесов Центральной Якутии обеспечивает применение 10 дождемеров.

Необходимо остановиться на проникновении осадков сквозь полог леса при дождях различной силы, подразумевая под словом «сила» количество осадков, выпавших от одного дождя независимо от его продолжительности (табл. 4).

Строгой зависимости между силой осадков и задержанием их кронами отдельных древостоев обнаружить не удалось. Можно только отметить небольшое увеличение доли осадков, улавливаемых под пологом

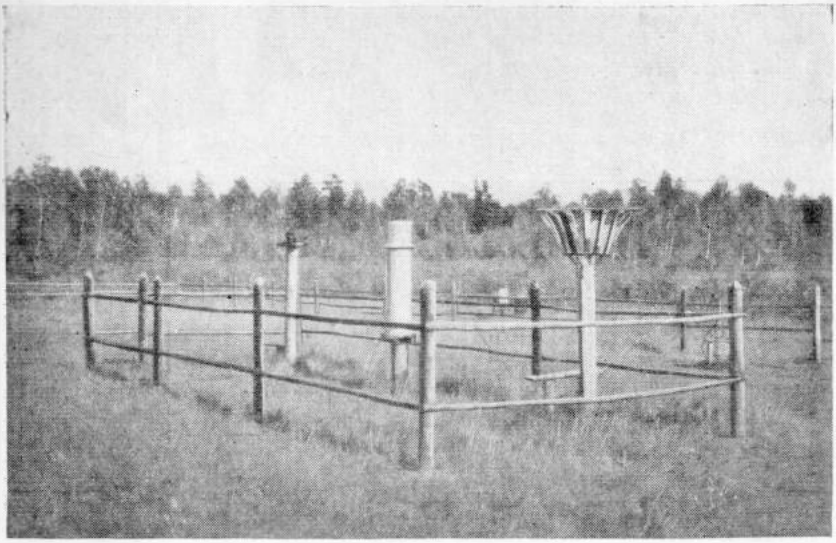

Рис. 13. Дождемерный пункт на поляне

леса при очень сильных дождях, и довольно заметное — при очень слабых. При дождях силой 1—2 *мм* под пологом леса может быть учтено осадков больше, чем на открытом месте, как это происходит в 50- и 130-летних лиственничниках и отчасти в березняке. Подобное явление отмечали К. Рубнер (Rubner, 1932) и А. А. Молчанов (1952). А. А. Молчанов

Таблица 4

Количество осадков, проникших сквозь полог леса, % к учтенным на открытом месте
(среднее за 1954—1960 гг.)

Порода	Возраст, лет	Осадки на открытом месте по градациям, *мм*					
		<3	3—5	5—10	10—15	15—20	>20
Лиственница	50	106	81	87	72	80	87
То же	100	86	79	83	73	91	88
» »	130	118	79	88	84	82	89
Сосна	115	89	71	77	84	91	91
Береза	30	100	86	85	81	80	85
Число дождей	—	55	18	31	9	4	9

указывает, что увеличение осадков под пологом леса при слабых дождях объясняется конденсацией водяных паров. Она тем больше, чем выше сомкнутость крон. В нашем случае увеличение осадков под пологом леса при мелких моросящих дождях наблюдалось в лиственничниках 50- и 130-летнего возраста и в березняке, отличающихся сравнительно высокой сомкнутостью крон, и не было отмечено в изреженном 115-летнем сосняке. Нужно сказать, что в сомкнутом 100-летнем лиственничнике случаи прибавки осадков под пологом леса хотя и были, но реже, чем в других лиственничниках. Причины этого неясны.

Большое значение увеличению осадков за счет туманной капели при моросящих дождях придает Д. Китредж (1951). По-видимому, это обстоятельство нужно учитывать и в Центральной Якутии, где преобладают мелкие, моросящие дожди силой до 3 *мм*.

Обратимся к средним многолетним величинам проникновения осадков сквозь полог леса и в первую очередь к тем, которые выведены на основании 7—8-летних наблюдений (табл. 5).

Таблица 5

Количество дождевых осадков, проникших сквозь полог леса, по годам, % к осадкам на открытом месте

Порода	Возраст, лет	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	Среднее
Лиственница . . .	50	81	76	84	91	87	86	86	90	85
То же	100	85	81	82	86	86	84	—	86	83
» »	130	85	73	86	92	92	89	91	—	88
» »	170	—	—	—	—	—	93	95	93	93
Сосна	115	76	68	82	80	94	86	92	92	88
То же	155	—	—	—	84	98	92	96	84	93
Береза	30	85	76	84	82	88	83	87	90	86

Лиственничники задерживают в среднем 12—17% выпадающих над ними осадков (в изреженных древостоях, например в лиственничнике 170 лет, это количество может составлять и менее 10%), сосняк — около 10% и березняк— в пределах 15%. В Европейской части СССР сосновые древостои задерживают в зависимости от полноты и возраста от 35 до 11% осадков (Молчанов, 1952). Этот исследователь, обобщая многочисленные отечественные и зарубежные данные о проникновении осадков сквозь полог леса, приходит к выводу, что в среднем сосновые древостои задерживают 24—27% осадков, а березовые — 24%. Величины, близкие к приведенным, приводит Д. Китредж (1951) для различных видов американских сосен. Таким образом, лиственничные и сосновые леса Центральной Якутии задерживают своим пологом в 1,5—2 раза меньше осадков, чем сосновые леса, простирающиеся к западу от Урала. Разница в степени задержания осадков лиственничниками разного возраста невелика. Связи этого явления с возрастом леса, отмечаемой А. А. Молчановым (1952) для сомкнутых сосняков, в изучавшихся древостоях не замечено, что объясняется, по-видимому, различной их сомкнутостью.

В лиственничниках выражена тенденция к возрастанию доли осадков, достигающих почвы, с уменьшением степени сомкнутости крон (рисунки 14, 15). При этом характер связи меняется в зависимости от того, сравнивается ли проникновение осадков с сомкнутостью, т. е. с отношением площади проекции древесного полога к площади, занимаемой древостоем, или с суммой площадей проекции крон отдельных деревьев, которая может быть больше площади, занимаемой древостоем. Во втором случае учитывается возможное увеличение водоудерживающей способности древостоя вследствие перекрытия одних крон другими, т. е. в известной степени вследствие возрастания глубины полога. Такое явление может наблюдаться в густых древостоях с хорошо выраженной дифференциацией деревьев, а также и в менее сомкнутых, но с куртинно-групповым расположением деревьев.

По-видимому, в равномерно сомкнутых древостоях достаточно объективным признаком степени задержания осадков может быть общий вес крон вместе с хвоей или листьями, поскольку именно на долю крон приходится наибольшая часть задерживаемых осадков. Перечисленные зависимости графически изображены на рис. 16.

Зависимость количества осадков, проникших сквозь полог леса, от суммы площадей проекций крон отдельных деревьев выражается слабовогнутой кривой, близкой к прямой, причем влияние возраста в пределах от 50 до 170 лет компенсируется степенью развитости полога древостоя

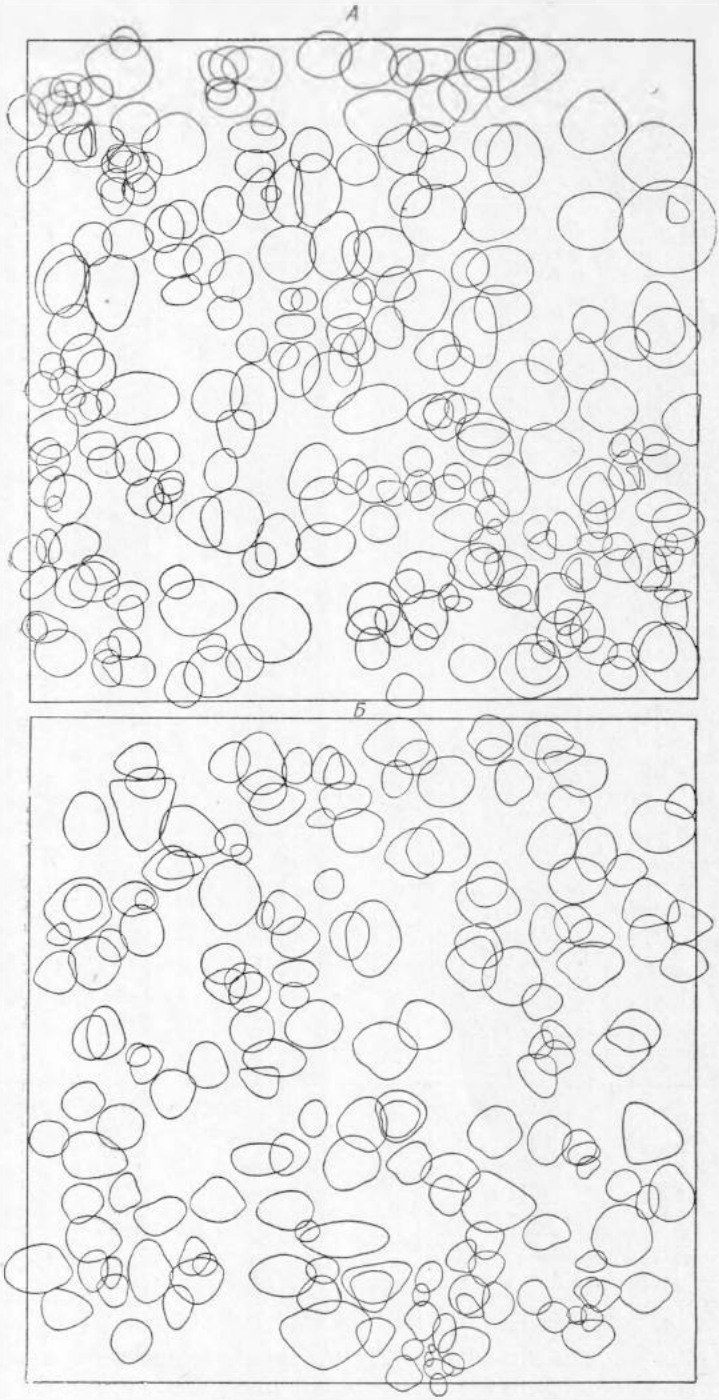

Рис. 14. Проекции крон в 130-летнем лиственничнике на пробной площади II (*А*) и в 170-летнем — на пробной площади XVIII (*Б*)

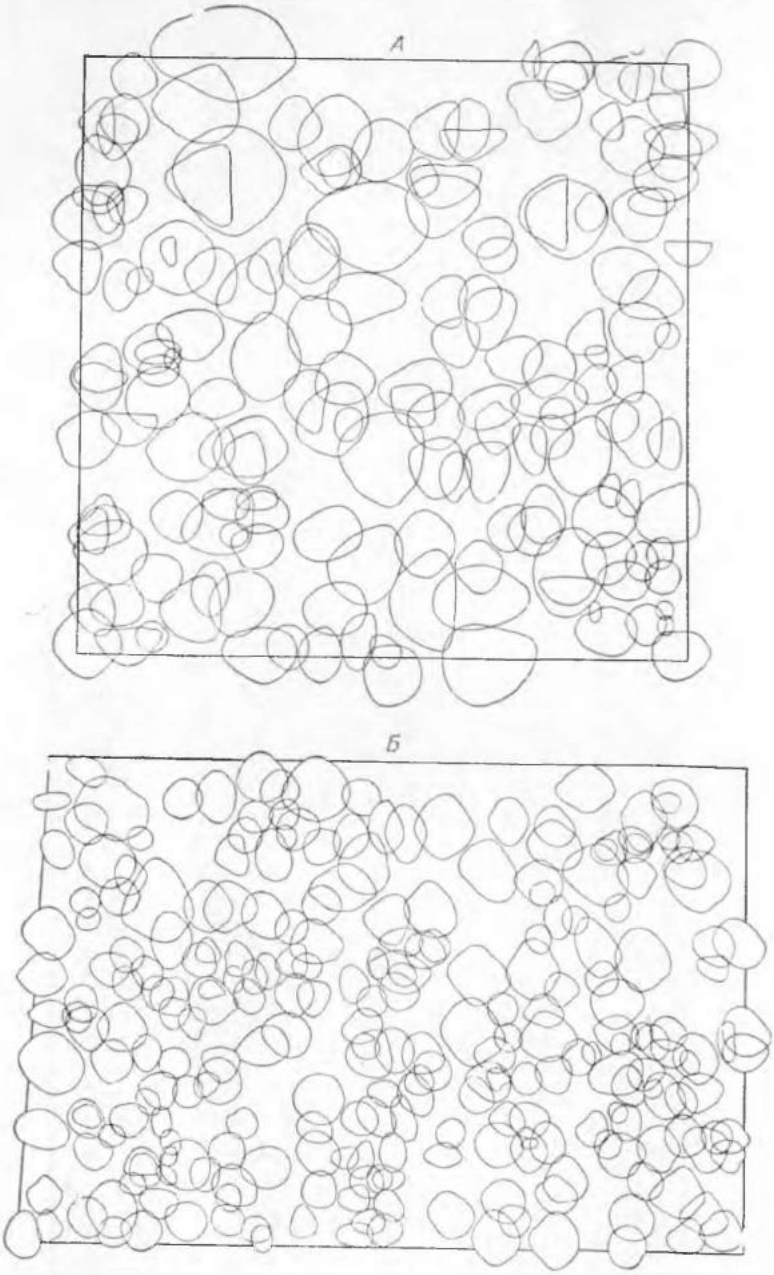

Рис. 15. Проекции крон в 100-летнем лиственничнике на пробной площади IV (*А*) и в 50-летнем — на пробной площади V (*Б*)

как в плоскости, так и в глубину. Это хорошо видно на примере 100-летнего лиственничника, в котором общая площадь крон превышает площадь, занятую древостоем. Уменьшение этой площади влечет за собой довольно резкое возрастание доли осадков, достигающих поверхности почвы. Несколько иной характер имеет зависимость проникновения осадков от сомкнутости крон. Она выражается слабовыпуклой параболой, а тот отрезок кривой, который отвечает многолетним наблюдениям (лиственничники 50, 100 и 130 лет), приближается к прямой.

Прямолинейная зависимость между осадками и сомкнутостью крон была получена А. А. Молчановым (1952) для сосняков. По-видимому, типичной будет связь, близкая к прямолинейной.

Можно принять, что лиственничные леса Центральной Якутии в среднем задерживают около 15% выпадающих над ними осадков. Подобными показателями характеризуются и сравнительно мало распространенные чистые молодые березняки, а сосняки задерживают около 10% осадков.

Возвратимся к рассмотрению табл. 5. Цифры показывают, что проникновение осадков под полог даже одного и того же древостоя в отдельные годы подвержено большим колебаниям. Они значительно превосходят средние многолетние различия в проникновении осадков сквозь полог древостоев разного породного и возрастного состава. Можно заметить, что увеличение или уменьшение доли осадков, достигающих поверхности почвы, обычно наблюдается в одни и те же годы во всех изучавшихся древостоях. Отмеченное явление отражено на рис. 17.

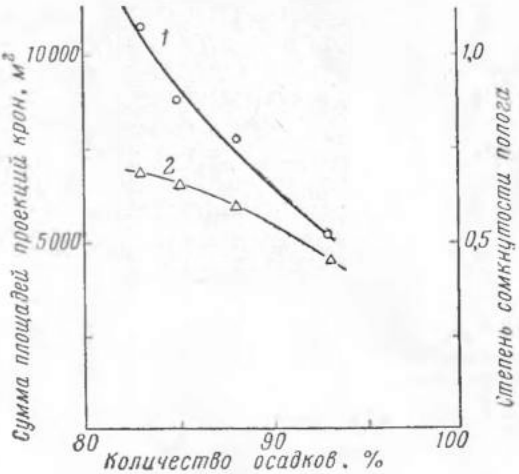

Рис. 16. Количество осадков, проникающих под полог леса (в % к выпавшим на открытом месте), в зависимости от суммы площадей проекций крон отдельных деревьев (*1*) и от степени сомкнутости полога (*2*)

Характер кривых проникновения осадков сквозь полог лиственничников, сосняков и березняка в общих чертах сходен в течение всего периода наблюдений. Однако в годы с относительно бо́льшим количеством осадков разница в степени проникновения их сквозь полог различных типов леса несколько уменьшается, а в более сухие — увеличивается.

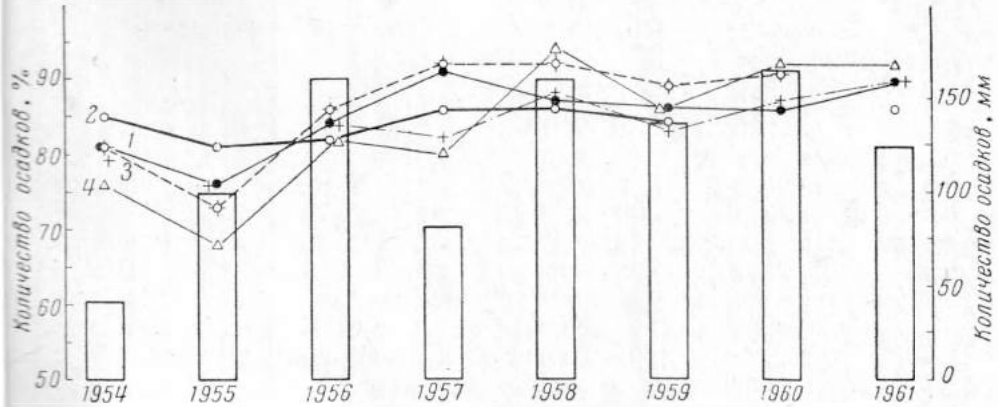

Рис. 17. Количество осадков, проникающих под полог леса (в % к выпавшим на открытом месте), в разные годы.

1 — лиственничник 50 лет, *2* — то же, 100 лет, *3* — то же, 130 лет, *4* — сосняк 115 лет, *5* — березняк 30 лет (пунктирная линия с крестиком)

В то же время нет определенной зависимости между суммой осадков и их задержанием кронами. Например, в 1957 г. при осадках 82 *мм* поверхности почвы достигла почти такая же доля их, как в 1958 и 1960 гг., когда дождей выпало вдвое больше. То же можно сказать и о влиянии осадков разной интенсивности, что видно из сопоставления наблюдений 1957 г., когда при малом количестве дождей интенсивность их не превышала 15 *мм*, и 1958—1960 гг., когда почти половину влаги дали дожди, сила которых была больше 25 *мм*.

Интересно, что колебания степени задержания осадков в различные годы наименьшие в 100-летнем лиственничнике — типе леса, имеющем самую большую сомкнутость и массу крон, а резче всего амплитуда выражена в слабосомкнутом сосняке.

Несколько отчетливее выявляется зависимость суммарного задержания осадков лесной растительностью при сопоставлении его с количеством дождливых дней и распределением осадков по месяцам (табл. 6).

Таблица 6

Распределение осадков, учтенных на открытом месте в периоды наблюдений, и количество дождливых дней по месяцам

Год	Период наблюдений	VI	VII	VIII	IX	Итого
1954	3.VIII—27.IX	—	—	56* / 4	44 / 6	100 / 10
1955	27.VI—9.IX	13 / 3	49 / 6	27 / 3	11 / 4	100 / 16
1956	3.VI—8.X	14 / 5	10 / 3	44 / 8	32 / 7	100 / 23
1957	30.V—22.IX	24 / 8	17 / 7	29 / 8	30 / 5	100 / 28
1958	23.V—24.IX	48 / 16	44 / 14	6 / 3	2 / 1	100 / 34
1959	8.VI—6.IX	3 / 5	29 / 16	37 / 5	31 / 4	100 / 30
1960	2.VI—5.IX	8 / 3	22 / 6	60 / 7	10 / 2	100 / 18

* В числителе — осадки за месяц, % к учтенным; в знаменателе — число дней с дождем.

Больше всего осадков было задержано лесной растительностью в 1955 г. и меньше всего в 1958 и 1960 гг. В 1955 г. основная часть осадков выпала в июле-августе за девять дней, т. е. в среднем один дождь приходился на семь дней. В 1958 г. почти все дожди учтенного периода выпали в июне-июле, причем дождливым был почти каждый второй день. В 1956 и 1957 гг. бо́льшая часть осадков приходилась на август-сентябрь, когда дожди повторялись примерно через два дня. При этом около трети выпавших осадков приходилось на первую неделю сентября, когда испаряемость резко снижается по сравнению с летним периодом. Приблизительно такой же характер распределения осадков был и в 1959 и 1960 гг., только в первом случае основные дожди прошли в июле-августе — начале сентября, а во втором — в августе.

Уже отмечалось, что существует некоторая разница в проникновении под полог леса осадков различной силы. Однако эта разница не настолько велика, чтобы ею можно было объяснить отмеченные колебания в задержании дождя кронами одного и того же древостоя. Вероятно, более правильным будет предположение, что изменение степени задер-

жания осадков лесной растительностью в различные годы может быть поставлено в известную связь с числом дождливых дней в период выпадения основного количества осадков. Одно количество дождливых дней не может, разумеется, определять количество той части осадков, которая проникает под полог леса, но, по-видимому, частота повторяемости может иметь существенное значение. Чем короче бездождный период, тем при прочих равных условиях меньше испарится влаги с поверхности растительности и тем больше осадков проникнет под полог леса при следующем дожде.

Чтобы ближе подойти к причинам больших различий в проникновении осадков сквозь полог одного и того же древостоя, необходимо остановиться на самом процессе задержания дождя.

Влага, попадающая на поверхность листьев и веток, частично может впитываться живыми и мертвыми тканями растения, а частично смачивает их или удерживается в виде капелек. Когда количество воды, попадающей на поверхность растительности, превышает то, которое она может удержать, происходит выпадение капельно-жидкой влаги, составляющей основную часть осадков, достигающих поверхности почвы под пологом леса. Другую часть составляют дождевые капли, проникающие в просветы между кронами. В сомкнутом древостое она невелика. Во всяком случае эта часть более или менее постоянна и при осадках различной силы сравнительно мало изменяется.

То количество влаги, которое может удерживаться пологом леса, будет характеризовать его предельную влагоудерживающую способность. Для одного участка леса в период, когда поверхность его полога практически не изменяется, например от полного распускания листьев до начала листопада, предельная влагоудерживающая способность без большой погрешности может быть принята за постоянную величину. Однако количество влаги, фактически удерживаемой древостоем, в каждом отдельном случае будет изменяться в зависимости от того, насколько была увлажнена поверхность растительности перед дождем. Очевидно, что чем более влажной она была, тем меньше воды потребуется для достижения влажности, отвечающей предельной водоудерживающей способности, и тем меньше осадков при одной и той же их силе будет задержано.

Таким образом, степень задержания осадков пологом древостоя будет определяться его фактической влагоудерживающей способностью, которая представляет собой разность между предельной влагоудерживающей способностью и тем количеством влаги, которое удерживалось поверхностью растительности до дождя. Чем чаще повторяются дожди и чем меньше испарение в промежутках между ними, тем меньше осадков будет задерживать древесный полог. При длительных бездождных периодах, особенно жарких и засушливых, степень задержания осадков при их выпадении будет наибольшей.

Улавливается довольно определенная зависимость суммарного задержания осадков древостоем за год от числа дождливых дней в периоды выпадения основного количества дождя.

Если исходить из того, что степень задержания осадков в основном определяется фактической влагоудерживающей способностью древесного полога, то такая зависимость вполне закономерна. Правильнее было бы говорить не о промежутке между дождями, а об условиях испарения влаги с поверхности растительности в это время. Но при анализе наблюдений за длительный срок учесть условия, предшествующие каждому дождю, невозможно. Поэтому приходится ограничиваться следующими показателями: повторяемостью дождливых дней в тот период, когда выпадают основные осадки, и временем года, к которому этот период относится. При этом надо иметь в виду, что в сентябре и августе испарение за один и тот же промежуток времени будет меньшим, чем в июле и июне.

Д. Китредж (1951) указывает, что задержание осадков лесом определяется тем количеством воды, которое может удержать поверхность растительности, скоростью испарения во время дождя и его интенсивностью. Следует заметить, что испарение с поверхности растительности во время дождя вряд ли достигает таких величин, которые могли бы существенно отразиться на задержании осадков лесом.

Можно полагать, что в результате более длительных и широких по числу объектов наблюдений представится возможность выявить коррелятивную зависимость степени задержания осадков кронами от продолжительности бездождных периодов в течение определенного времени, например месяца, и условиями испарения за это же время, о которых можно судить, например, по дефициту влажности. Это даст возможность судить о вероятном задержании осадков пологом леса по данным об осадках и условиях испарения.

Влагоудерживающая способность крон возрастает по мере развития листьев, а у лиственницы — хвои. Это можно иллюстрировать опытами по искусственному дождеванию срубленных ветвей. Опыты производились начиная с ранней весны до полного распускания хвои или листьев. С этой целью в различное время рубились деревья, типичные для древостоя. Сучья обрубались и взвешивались отдельно для верхней, средней и нижней части кроны. Затем от каждой части отбиралось по пяти средних ветвей, которые подвергались 5-минутному дождеванию[1] при помощи опрыскивателя, и через 15 минут после прекращения стекания воды взвешивались. Опыты проводились с лиственницей (древостой 150 лет), березой (древостой около 35 лет) и с кустарниками — ольховником и кустарниковой березой.

Количество задержанной ветвями влаги приведено в табл. 7.

Таблица 7

Среднее количество влаги, задержанной ветвями, % от их веса

Дата	Лиственница	Береза	Ольховник	Кустарниковая береза	Примечание
21.V	21	8	4	15	Хвои (листьев) нет
29.V	24	—	—	—	
13.VI	31	23	19	53	
19.VII	36	28	29	54	Хвоя (листья) развита полностью

Гладкие ветви березы и ольховника без листьев задерживают незначительное количество воды, которое возрастает по мере развития листьев и достигает почти 30% при их полном развертывании. Кустарниковая береза, побеги которой густо покрыты мелкими железками, увеличивающими поверхность, задерживает много влаги и в обезлиствленном состоянии. При полном развитии мелких листочков ветви удерживают воду в количестве, превышающем половину их веса. У лиственницы бо́льшая часть воды удерживается ветвями, имеющими шероховатую поверхность с отслаивающимися чешуйками коры и обильно покрытыми укороченными побегами. Полное развитие хвои не сказывается так резко на возрастании водоудерживающей способности, как у березы или ольховника.

Очевидно, что если известен общий вес крон древостоя, можно приблизительно рассчитать, какое количество воды удержит полог, если осадки превышают его влагоудерживающую способность. При этом при-

[1] При применении ранцевого опрыскивателя, дающего тонкое распыление воды, увеличение длительности опрыскивания сверх 5 минут практически не отражается на степени поглощения влаги ветвями.

дется исходить из предположения, что величина влагоудерживающей способности полога данного участка леса условно постоянна. При допущении, что сила всех дождей достаточна для избыточного смачивания полога древостоя, общее задержание осадков кронами можно определить, умножая величины влагоудерживающей способности полога древостоя на число дождей за то или иное время.

Иллюстрируем это примерами. Влагоудерживающая способность полога лиственничника 50 лет составила 62%, 100 лет — 50%, 130 лет — 44% и сосняка 155 лет — 27%. Вероятное задержание осадков за один дождь будет соответственно 1,0; 1,2; 0,9 и 0,5 *мм*. За период наблюдений представляется возможным сравнить осадки на поляне и под пологом леса за следующее число дождей.

Лиственничник 50 лет. Осадки на поляне 985 *мм*, под пологом леса — 149 *мм*, или 15%, число дождей 138. Расчетное задержание осадков 138 *мм*, или 14%.

Лиственничник 100 лет. Осадки на поляне 802 *мм*, под пологом леса — 138 *мм*, или 17%. Расчетное задержание осадков 149 *мм*, или 19%.

Лиственничник 130 лет. Осадки на поляне 931 *мм*, под пологом леса — 109 *мм*, или 12%, число дождей 139. Расчетное задержание осадков 124 *мм*, или 13%.

Сосняк 155 лет. Осадки на поляне 649 *мм*, под пологом леса — 43 *мм*, или 7%; число дождей 83. Расчетное задержание 42 *мм*, или 6%.

Таким образом, степень задержания осадков пологом леса, вычисленная по величине наибольшей влагоудерживающей способности, практически совпадает с фактической.

Это дает основание полагать, что в тех случаях, когда не требуется большей точности, среднее задержание осадков пологом достаточно равномерно сомкнутых лиственничников и сосняков может быть получено расчетным путем. В то же время необходимо подчеркнуть, что надежные результаты могут быть получены лишь для длительных периодов, когда возможна взаимная компенсация отклонений, однако этот метод неприменим для небольшого числа наблюдений.

Действительно, все расчеты делались в предположении, что влагоудерживающая способность не зависит от интенсивности дождя, ветра и т. д. На самом деле такой однородности условий не бывает.

Степень задержания осадков может значительно снизиться под влиянием ветра, стряхивающего с поверхности растительности капли воды. В том же направлении будут действовать увеличение размеров дождевых капель и скорости их падения, наблюдающиеся при возрастании силы дождя. Так, по данным Лоуса (Laus, 1941), средний диаметр дождевых капель изменяется от 0,96 *мм* при моросящем дожде (0,3 *мм*) до 2,40 *мм* при сильном дожде (15,2 *мм*), а скорость падения возрастает соответственно от 4 до 7,3 *м/сек*. Естественно, что крупные капли, падающие с большой скоростью, будут не только хуже задерживаться поверхностью растительности, но и способствовать стряхиванию той влаги, которая удерживается последней. Но в отдельных случаях отрицательное влияние на степень задержания осадков ветра или сильного дождя может компенсироваться, например, тем, что поверхность растительности была сильно иссушена в предшествующий бездождный период. Поэтому при сопоставлении задержания осадков кронами в течение продолжительного времени можно ожидать известной нивелировки имеющихся отклонений и приближения условий задержания к некоторым средним, характеризуемым наибольшей влагоудерживающей способностью древесного полога.

Аналогичным образом может быть определена влагоудерживающая способность подлеска и живого покрова, если они достаточно хорошо развиты. Влагоудерживающая способность, определенная на сырой вес растений, может быть пересчитана на воздушной-сухой или абсолютно

сухой вес, если соответствующим образом учитывалась масса живого покрова. Она определяется для основных преобладающих видов или групп видов со сходным строением надземных органов. Например, средняя влагоудерживающая способность некоторых видов живого покрова была такова: у брусники — 60% от веса надземной части, багульника — 56, толокнянки — 51, у узколистных лесных злаков лимнаса — 115 и овсяницы — 122% от сырого веса. Умножение полученных величин на общую массу живого покрова или на соответствующую группу видов, слагающих его, с последующим суммированием дает вероятное количество влаги, задерживаемой живым покровом за один дождь. В описываемых условиях эта величина была в лиственничнике 100 лет 0,03, 140 лет — 0,11 и в сосняке 155 лет — 0,06 *мм* за один дождь. Подлесок из ольховника при общем весе 4,9 *т/га* и влагоудерживающей способности 29% мог удержать 0,14 *мм*, а заросли из кустарниковой березы (вес 6,8 *т/га*, задержание влаги 54%) — 0,38 *мм* за один дождь. В среднем за лето живой покров в лиственничниках может задерживать от 2 до 5% общего количества дождевых осадков. Таким образом полная влагоудерживающая способность того или иного участка леса будет состоять из сумм влаги, которую может удержать древостой, подлесок и травяно-кустарничковый покров.

Из описанного можно сделать следующие основные выводы.

Задержание дождевых осадков пологом леса зависит от его предельной влагоудерживающей способности, от повторяемости дождей и условий суммарного испарения влаги с поверхности растительности в бездождные периоды, а также от интенсивности осадков и условий их выпадения.

Средневозрастные, приспевающие и спелые лиственничники и молодой березняк в среднем задерживают своими кронами около 15% выпадающих над ними дождевых осадков, сосняки — около 10%.

Колебания степени задержания осадков пологом одного и того же древостоя в отдельные годы превосходят различия, наблюдающиеся между древостоями разного породного и возрастного состава.

Среднее количество осадков, проникающих сквозь полог лиственничного леса, зависит от степени развития и сомкнутости крон.

Можно сделать предположение, нуждающееся в дальнейшей проверке, что среднее задержание дождевых осадков кронами равномерно сомкнутого лиственничного древостоя за длительный период может быть вычислено по данным о количестве дождливых дней за изучаемый период и влагоудерживающей способности древесного полога. Последняя величина определяется методом дождевания ветвей с последующим пересчетом результатов на общий вес крон древостоя.

Вероятная величина задержания дождевых осадков травяно-кустарничковым покровом в тех типах лиственничников, где он достаточно хорошо развит, может достигать 2—5% выпадающих жидких осадков.

В Центральной Якутии в среднем выпадает около 140 *мм* жидких осадков. Учитывая высокую лесистость территории, можно считать, что около 20—25 *мм* осадков не достигает почвы и испаряется с поверхности крон деревьев, кустарников и травяного покрова. Это обстоятельство надо учитывать при всех расчетах, связанных с балансом почвенной влаги.

СТЕКАНИЕ ДОЖДЕВЫХ ОСАДКОВ ПО СТВОЛАМ ДЕРЕВЬЕВ

Поступление влаги в почву под пологом леса увеличивается вследствие стекания части осадков по стволам.

Д. Китредж (1951), обобщая имеющиеся в зарубежной литературе сведения, указывает, что количество воды, стекающей по стволам деревьев, выраженное в процентах к осадкам, различно в насаждениях от-

дельных древесных пород и в зависимости от гладкости коры деревьев и силы осадков может изменяться в пределах от 0,6 до 15%. По данным Риглера, приведенным в работе А. А. Молчанова (1952), по стволам бука стекает 12,8, дуба — 5.7, клена — 5,9 и ели — 1,3% осадков. Для хвойных пород величина стока по стволам, по-видимому, будет колебаться в зависимости от конкретных условий от 1 до 5%. Эта поправка невелика, но она должна учитываться при расчете баланса почвенной влаги в лесу. По исследованиям А. А. Молчанова (1952), на долю внутрипочвенного стока, которая во многом определяет водоохранное

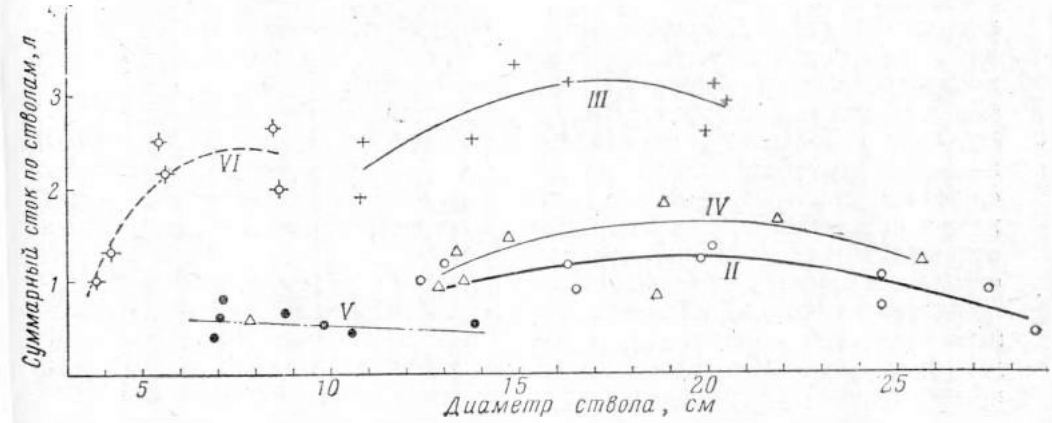

Рис. 18. Суммарный сток дождевых осадков по стволам в зависимости от диаметра стволов.

Римские цифры около кривых — номера пробных площадей

значение леса, приходится в сосняке-брусничнике немногим более 1, в ельнике-черничнике — 13 и в ельнике-брусничнике 9% осадков. Таким образом, количество осадков, стекающих по стволам, в отдельных случаях может быть даже равно той доле их, которая остается на внутрипочвенный сток.

Осадки, стекающие по стволам, учитывались на тех же пробных площадях, где изучалось проникновение дождя сквозь полог леса. Для этой цели на деревьях укреплялись специальные манжеты, улавливающие воду, которая стекает по поверхности стволов (Поздняков, 1957).

На каждой пробной площади устанавливалось 7—10 приемников на деревьях различных ступеней толщины. Влага, стекающая по стволам, учитывалась после каждого дождя одновременно с измерением осадков, проникших под полог леса. Количество воды, стекавшей по каждому дереву, суммировалось за все время наблюдения, так же как и осадки на открытом месте, отвечающие каждому случаю регистрации стока по стволам на той или иной пробной площади.

Чтобы лучше сравнивать материалы, суммарный сток по стволам учтенных деревьев за 7 лет был приведен к осадкам на открытом месте (140 *мм*), т. е. к средней многолетней сумме жидких осадков (условно с мая по сентябрь включительно).

Сток по стволам, выраженный в литрах, нами пересчитан на миллиметры водного слоя.

Анализ показал, что в древостоях существует зависимость между количеством воды, стекающей по стволам, и их толщиной. Для большинства изученных древостоев графически она выражается слабо выпуклой кривой (рис. 18). Зависимость такого рода довольно отчетливо выражена в лиственничниках 100- и 130-летнего возраста, в сосняке и частично в

березняке. В 50-летнем лиственничнике можно лишь уловить тенденцию к уменьшению стока с возрастанием диаметра стволов.

Во всех случаях отмечается плавное возрастание стока по стволам с увеличением их диаметра, которое затем сменяется таким же плавным уменьшением. Даже на пробных площадях, где, по-видимому, недостаточно число учетных деревьев (березняк, лиственничник 50 лет) проявляется тенденция к уменьшению стока после известного максимума.

Общее количество воды, стекающей по стволу, зависит от величины поверхности самого ствола, воспринимающей дождевые осадки, и поверхности той части кроны (ветви, листья или хвоя), с которой вода может попадать на ствол. Очевидно, что чем меньше угол между стволом и прикрепленными к нему ветвями, тем с больших частей кроны вода может попадать на ствол и стекать по его поверхности. В тех случаях, когда большинство ветвей образуют со стволом прямой угол или близкий к нему, лишь небольшая часть осадков, улавливаемых кронами, может стекать по поверхности стволов. Кроме того, густая сеть перекрещивающихся ветвей, увеличивающаяся с возрастанием диаметра дерева и степенью развития его кроны, уменьшает доступ дождевых капель к поверхности ствола и тем самым снижает сток по стволу. Увеличение поверхности ствола сказывается на величине стока двояким образом: с одной стороны, как уже отмечалось, возрастает количество воды, попадающей на ствол и по нему стекающей, а с другой — вследствие повышения расхода воды на смачивание сокращается общее поступление ее в почву. У древесных пород с трещиноватой корой эти потери наибольшие.

На снижение величины стока по стволам существенное влияние оказывает шероховатость и трещиноватость коры, которые также увеличиваются как с возрастом, так и с толщиной деревьев, хотя у лиственницы эти особенности строения коры выражены во всех возрастах, за исключением молодняков.

Таким образом, можно полагать, что плавное возрастание количества воды, стекающей по стволам, сменяющееся снижением ее объема с увеличением толщины деревьев, будет типичным для приспевающих и спелых лиственничных и сосновых лесов Центральной Якутии. Прямолинейная зависимость между объемом воды, стекающей за год по стволам, и толщиной последних, отмечаемая Д. Китреджем (1951) у тополя, растущего в местах с большим количеством осадков, в описываемых лесах не выражена.

Таблица 8

Объем воды, стекающей по стволам

Порода	Возраст, лет	*л/га*	*мм*	% к осадкам
Лиственница	50	2290	0,23	0,16
То же	100	2700	0,27	0,19
» »	130	1170	0,12	0,09
Сосна	115	2970	0,30	0,21
Береза	30	10380	1,04	0,74

При помощи упомянутого графика был вычислен объем стока для всех деревьев, суммирование которого дало общий объем воды, стекающей по стволам деревьев за условный теплый период, в течение которого выпадает в среднем 140 *мм* осадков[1] (табл. 8).

[1] Как показал последующий опыт, целесообразно выбирать учетные деревья по методу классов с одинаковым числом деревьев (известным в таксации под названием метода Уриха), позволяющему легко переходить от стока с учетных деревьев

Абсолютная и относительная величина стока возрастает от лиственничников к сосняку и березняку. В пределах лиственничников больше всего стекает по стволам 100-летнего древостоя.

Если сравнить древостой одной породы, в котором характер ветвления крон более или менее одинаков, объем воды, стекающей по стволам, в общих чертах будет определяться суммарной поверхностью стволов, которая одновременно воспринимает осадки и задерживает некоторую их часть. О величине поверхности стволов косвенно можно судить по сумме длин окружностей всех деревьев, вычислить которые очень просто. Некоторая неточность таких расчетов, основывающихся на допущении равенства коэффициентов формы и высот в сравниваемых древостоях, не столь существенна, учитывая большое варьирование крон и шероховатости коры.

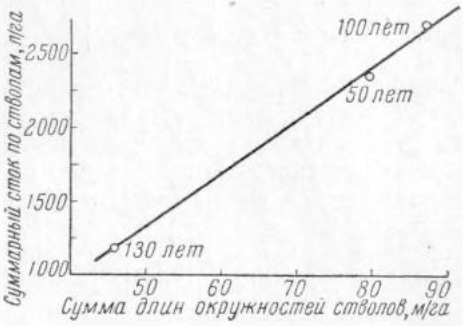

Рис. 19. Суммарный сток по стволам в лиственничниках разного возраста в зависимости от суммы длин окружностей стволов на высоте груди

Графически связь между объемом воды, стекающей по стволам, и суммой окружностей всех деревьев в лиственничниках отчетливо выражается прямой линией (рис. 19). Эта зависимость при проверке ее на более обширном материале в лесах разного породного состава, возможно, позволит находить вероятную величину стока для ряда древостоев на основании наблюдений, проведенных на 2—3 участках.

О варьировании стока по стволам в различные годы легче судить по суммарному объему воды, стекшей с учетных деревьев за каждый год. Такое сравнение сделано за период с 1955 по 1959 г., когда наблюдения велись на всех пробных площадях, на которых учитывалось стекание воды по стволам.

Сравнение абсолютных величин стока за разные годы, отличающиеся и по осадкам, и по продолжительности наблюдений, не дает представления о характере этого процесса. Поэтому были вычислены условные величины, представляющие отношение объема воды в литрах, стекшей по стволам только учетных деревьев к сумме осадков в миллиметрах на открытом месте за период наблюдения. Чтобы избежать дробных величин, это отношение увеличено в 100 раз, т. е. представляет объем стока, приходящийся на 100 *мм* осадков. Далее, для возможности сравнения величин стока на отдельных пробных площадях, на которых и число, и размеры учетных деревьев различны, указанная величина относительного стока была перечислена на 10 *м* длины окружностей стволов. Таким образом, относительный сток в конечном счете выражает объем воды, стекающей со стволов, общая длина окружностей которых равна 10 *м*, при дождях, в сумме дающих 100 *мм* осадков. Несмотря на некоторую сложность вычисления, эти величины достаточно хорошо характеризуют и варьирование стока по годам, и специфику этого процесса в различных древостоях, не нарушая тех отношений, которые были получены в результате наблюдений в природе (табл. 9).

Средние величины относительного стока достаточно четко характеризуют условия стекания воды по стволам в древостоях разного породного состава и разного возраста. До известной степени они являются интегральным показателем, учитывающим всю сумму факторов, которые опре-

к стоку со всего древостоя. Можно рекомендовать выделять в каждом древостое по пять классов, представленных не менее чем двумя учетными деревьями каждый.

Таблица 9

Относительная величина стока по стволам деревьев, *л* на 100 *мм* осадков

Порода	Возраст, лет	1955	1956	1957	1958	1959	Среднее
Лиственница	50	12	20	11	15	14	14
То же	100	14	18	16	19	18	17
» »	130	9	14	7	13	12	11
Сосна	115	27	44	28	43	40	36
Береза	30	106	96	99	134	73	102

деляют поступление влаги на поверхность стволов и стекание ее вниз.

Обратимся к цифрам, характеризующим сток по каждой пробной площади в разные годы. Если сопоставить их с рис. 17, изображающим изменения задержания осадков пологом леса, окажется, что колебания величин стока почти точно повторяют колебания степени задержания осадков. Это дает основание полагать, что изменение по годам доли осадков, проникающих под полог леса и стекающих по стволам, обусловливается в основном одними причинами. Как уже отмечалось, наиболее отчетливо прослеживается связь степени проникновения осадков сквозь полог леса с частотой их повторяемости и временем выпадения основной части дождей.

Стекание воды по стволам деревьев начинается после того, как выпадает часть осадков, уходящая на смачивание коры и тех частей крон, с которых вода попадает на поверхность ствола. Практически можно считать, что в изученных древостоях при осадках до 1,5 *мм* стекания воды по стволам не наблюдается или оно ничтожно мало.

Приблизительное представление о влиянии силы осадков на сток по стволам можно получить путем сопоставления отношения объема воды (в *мл*), стекшей по стволам учетных деревьев при осадках данной интенсивности, к сумме последних (в *мм*). Иначе говоря, это отношение показывает, сколько миллилитров воды стекает в среднем по стволам из 1 *мм* осадков той или иной интенсивности. Такие подсчеты приведены в табл. 10.

Таблица 10

Влияние силы осадков на величину стока их по стволам

Количество осадков на открытом месте, *мм*	Лиственничник, лет			Сосняк	Березняк
	50	100	130	115	30
<5	16	45	40	61	119
5—10	18	47	40	109	121
>10	36	98	94	200	126

Во всех случаях можно констатировать резкое возрастание величины стока при осадках, интенсивность которых больше 10 *мм* за один дождь. Исключение составляет березняк, в котором это явление выражено слабо, вероятно потому, что по гладкой коре берез вода хорошо стекает и при слабых дождях.

С увеличением интенсивности осадков возрастает и абсолютное количество воды, стекающей по стволам. Так, в 130-летнем лиственничнике сток по учетным деревьям при осадках до 5 *мм* составил 8% от общего за весь период наблюдений, от 5 до 10 *мм*—17% и выше 10 *мм*—75%. Для сосняка эти цифры будут соответственно 6,19 и 75% и для бе-

резняка — 13,34 и 53%. Следовательно, основной объем стока приходится на сильные дожди, случающиеся сравнительно редко.

Приблизительно половина общего числа дождей, выпадающих за лето, настолько слаба, что практически стекания осадков по стволам в такие дни нет. Основной сток относится к дождям более 10 *мм*, число и повторяемость которых на всей территории Центральной Якутии очень малы. В южных и юго-западных районах Якутии, где возрастают сумма и сила дождевых осадков, доля их, приходящаяся на сток по стволам, будет большей.

Выводы, которые можно сделать на основании проведенных наблюдений, сводятся к следующему.

В Центральной Якутии общее количество осадков, стекающих по стволам деревьев, невелико и практически может не приниматься во внимание при изучении водного баланса лесных почв. Наименьший сток наблюдается в лиственничниках. Он повышается в сосняках и достигает максимума в березняке.

В лиственничниках прослеживается связь, близкая к прямолинейной зависимости между общим объемом воды, стекающей со стволов за длительный период, и суммой длин окружностей всех деревьев на высоте груди на единицу площади.

В пределах одного, чистого по составу древостоя зависимость между суммарным объемом воды, стекающей по стволам, и диаметрам последних графически выражается слабовыпуклой кривой. Наибольший сток наблюдается у деревьев, диаметр которых несколько больше среднего.

Выбор учетных деревьев при изучении стока по стволам целесообразно производить по классам с равным числом деревьев методом Уриха, позволяющим легко переходить от стока на учетных деревьях к стоку со всего древостоя.

Абсолютная величина стока по стволам зависит от силы осадков. При дождях менее 1,5 *мм* стока практически нет. Основной объем воды, стекающей по стволам, приходится на дожди более 10 *мм*, которые в Центральной Якутии редки.

СНЕЖНЫЙ ПОКРОВ В ЛЕСУ

Зима в Центральной Якутии отличается суровыми устойчивыми морозами, незначительным количеством осадков и относительным спокойствием воздуха. В этих условиях снежный покров важен не только как источник влаги в весеннее время, но и как своего рода теплоизолирующий экран, который предохраняет почву от чрезмерного охлаждения. Защитная роль снежного покрова весьма существенна для жизни леса, как и для другой растительности и почвенной фауны. Поэтому важное значение приобретает изучение не только запасов воды в снежном покрове, но и его высоты и плотности, определяющих в общих чертах термическое влияние покрова на почву.

Снег держится около семи месяцев. Средняя дата появления снежного покрова в Якутске — 4 октября, образования устойчивого покрова — 11 октября, разрушения его — 1 мая и схода снега — 5 мая. Самое раннее появление снега отмечено 12 сентября, самое позднее — 27 октября. Сход снежного покрова самый ранний наблюдался 21 апреля, самый поздний — 30 мая.

Высота снежного покрова в Центральной Якутии незначительна. Средняя максимальная высота его в Якутске 30, Бердигестяхе — 37, Покровске — 25, Намцах — 33, Амге — 32, Чурапче — 31 *см*.

Общее количество осадков, выпадающих в виде снега, если к последнему условно отнести все осадки с октября по апрель включительно, в

Якутске составляет в среднем 52 *мм*, или 27% годового количества. Если учесть испарение с поверхности снега, запасы воды в нем ко времени таяния, по-видимому, составляет всего около 0,2 осадков, выпадающих за год. При этом представляет практический интерес изучение условий накопления снега в лесах разного породного и возрастного состава и влияние леса на формирование снежного покрова на прилегающих безлесных пространствах.

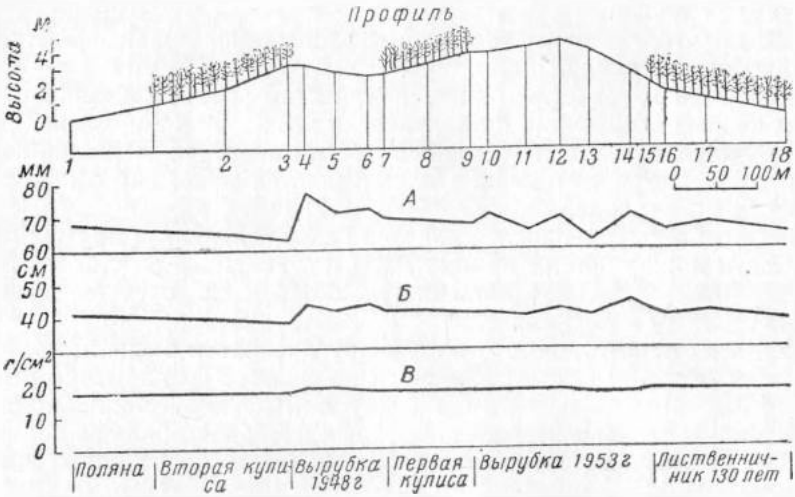

Рис. 20. Распределение запаса воды в снеге (*А*), высоты снежного покрова (*Б*) и плотности снега (*В*) по профилю.

Цифры на профиле — постоянные точки микроклиматических наблюдений

Работы такого рода проводились в различных районах Европейской части Союза (Рутковский и Кузнецова, 1940; Рихтер, 1951, 1955; Галахов, 1955; Молчанов, 1952, 1960 и др.), но в специфических условиях Якутии подобных исследований не было.

Мы не имели возможности вести регулярные наблюдения за формированием снежного покрова и были вынуждены ограничиться лишь разовыми снегомерными съемками перед началом снеготаяния. Тем не менее проведенные наблюдения могут представить интерес, поскольку они повторялись несколько лет и охватывают различные типы леса и граничащие с лесом открытые пространства.

Наблюдения проводились на постоянных пробных площадях и по профилю, пересекающему лесные участки и вырубки (рис. 20). На профиле установлены в определенном порядке постоянные снегомерные рейки, вблизи которых производилось определение запаса воды в снеге с трехкратной, а с 1960 г.— с пятикратной повторностью. На пробных площадях замеры проводились в 20 или 25 точках. До 1957 г. запас воды в снеге определялся путем взятия проб металлическим цилиндром диаметром 8 *см* с последующим растапливанием собранного снега. Начиная с 1958 г., все определения производились при помощи весового снегомера.

Обратимся к высоте снежного покрова. В табл. 11 приведены результаты замеров глубины снега в различных постоянных точках профиля, начинающегося на открытой поляне и заканчивающегося в лесу [1].

---

[1] Все работы по снегомерным съемкам, начиная с 1958 г., выполнены А. М. Машуковым.

Таблица 11

Высота снежного покрова на профиле, *см*

Дата замера	Поляна	Лес		Вырубка (100 м)			Лес			Вырубка (200 м)					Лес			
	1*	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
2.IV 1955	40	40	36	43	42	39	38	40	40	40	38	40	41	42	43	39	42	36
4.IV 1957	39	39	38	40	39	41	40	39	39	40	38	40	36	41	38	38	40	36
11.IV 1958	36	32	34	37	34	39	38	37	36	38	34	36	34	37	36	35	37	34
13.IV 1959	50	47	46	53	54	53	48	51	46	45	51	50	50	53	51	48	47	47
1.IV 1960	38	40	39	42	39	41	40	39	40	39	37	38	—	38	38	38	36	37
28.III 1961	39	38	34	43	40	43	40	37	36	41	35	40	36	45	36	35	39	38
Средняя высота	40	39	38	43	41	43	41	41	40	40	39	41	39	43	40	39	40	38
Максимальная »	54	47	46	53	54	53	48	51	46	45	51	50	50	53	51	48	47	47
Минимальная »	34	32	34	37	34	39	38	37	36	38	34	36	34	37	36	35	36	3

* Номера точек на профиле.

Глубина слежавшегося снега перед началом весеннего таяния на вырубках различной ширины, под пологом леса различной сомкнутости и на поляне довольно однообразна и в среднем составляет около 40 *см*. Сравнительно мало изменяется высота снежного покрова и в разные годы, и только в 1954 г. она была заметно выше, чем в остальные.

Максимальная глубина снежного покрова в Центральной Якутии обычно приходится на конец марта. Следовательно, наши замеры, проводившиеся в конце марта — начале апреля, дают величины, близкие к наибольшим.

Высота снежного покрова под пологом древостоев, относящихся к различным типам леса и отличающихся по составу, возрасту и полноте, характеризуется цифрами табл. 12. В ней же приведена высота снега на открытых местах, представляющая среднюю из всех замеров, сделанных на полянах и вырубках, и отношение высоты снега в различных лесных участках к высоте на открытом месте, выраженное в процентах.

Таблица 12

Высота снежного покрова в различных типах леса, *см*

Участок леса	1957	1958	1959	1960	1961	Среднее	
						см	%
Открытое место	39	36	51	39	40	41	100
Лиственничник							
50 лет	39	34	49	37	38	39	95
100 »	38	34	46	36	37	38	93
130 »	36	33	47	37	37	38	93
170 »	—	—	48	36	37	40	93
с ольховником	—	—	47	37	39	41	95
толокнянковый	—	—	45	36	38	39	91
Сосняк							
115 лет	35	31	42	36	34	36	88
155 »	—	33	45	37	35	38	91
Березняк 30 лет	39	36	48	37	37	39	95
Ерник на опушке . . .	—	38	45	43	—	42	100

Высота снежного покрова под пологом изучавшихся лиственничников, сосняков и березняка почти одинакова. В отдельные годы высота его в сосняках может быть заметно меньше, чем в лиственничниках. В среднем же она под пологом лиственничников составляет 94% от наблюдаемой на открытых местах, в сосняках — 90% и в березняке, растущем вблизи

от опушки, — 95%. В зарослях кустарниковой березы (ернике), занимающем периферийные участки сухой поляны, глубина снега почти такая же, как и на открытых местах. В отдельные годы в ернике наблюдались надувы снега.

В плоских, неглубоких лощинах можно заметить некоторое возрастание высоты снежного покрова в их пониженных частях. Подобное явление хорошо выражено на пробной площади XIII, которая в виде ленты длиной 150 *м* и шириной 10 *м* пересекает лощину в направлении с юго-запада на северо-восток (рис. 21). Наибольшая глубина снега отмечена

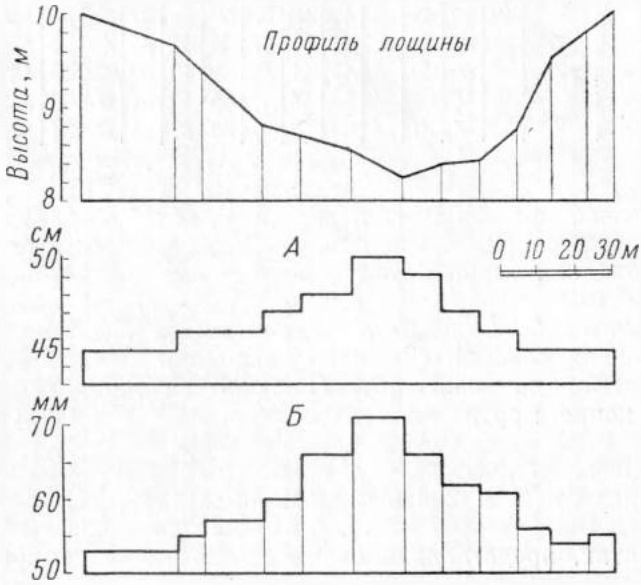

Рис. 21. Распределение высоты снежного покрова (*А*) и запаса воды в снеге (*Б*) по профилю, пересекающему плоскую лощину

в тальвеге, занятом густым лиственничным молодняком 12 лет. По-видимому, в таких случаях происходит небольшое сдувание снега со склонов лощины.

В падях, расчленяющих кромку древнеаллювиальной террасы р. Лены, со сравнительно крутыми склонами отмечены большие различия в высоте снежного покрова в зависимости от экспозиции склонов. Так, на юго-западном склоне крутизной 32° средняя глубина снега в конце марта 1961 г. была 25 *см*, на днище пади — 40 *см* и на северо-восточном склоне крутизной 31° — 37 *см*. Здесь сказывается повышенное испарение с поверхности снега на инсолируемом склоне.

Сопоставляя глубину снега в лощине и в пади (северный склон и днище пади) с мощностью снежного покрова на открытых местах и под пологом леса на равнинных участках, можно заметить, что эти величины близки между собой.

Таким образом, характерная черта распределения снежного покрова в лесах Центральной Якутии — более или менее однородная мощность его под пологом разного состава, возраста и полноты и на открытых местах (поляны, вырубки), окруженных лесом. Высота снега под пологом леса лишь немного меньше, чем на открытых местах. Не выделяется ощутимо и увеличение высоты снега на опушках небольших полян и вырубок.

В сосновых и березовых лесах Подмосковья (Молчанов, 1960) влияние состава древостоев на мощность снежного покрова выражено гораздо резче. Однако и здесь глубина снега на небольших прогалинах сравнительно мало отличается от глубины под пологом соснового или березового леса. То же явление отмечено В. И. Рутковским и З. И. Кузнецовой (1940) в Раифском лесхозе (Татарская АССР).

Высота снежного покрова на поляне и вырубках среди леса значительно больше средних многолетних величин, полученных метеорологическими станциями Центральной Якутии. Это объясняется главным образом тем, что метеорологические станции расположены или в долинах рек, или на обширных открытых пространствах. Но при этом нужно учитывать и разницу в продолжительности и разновременности наблюдений в обоих случаях.

Данные о запасе воды в снеге приведены в табл. 13.

Таблица 13

Запас воды в снежном покрове в различных типах леса, *мм*

Участок леса	1957	1958	1959	1960	1961	Среднее	
						см	%
Открытое место	62	62	68	76	76	67	100
Лиственничник							
50 лет	62	57	65	71	70	65	97
100 »	66	61	66	66	61	64	95
130 »	66	37	64	66	65	60	89
170 »	—	—	68	68	67	68	93
с ольховником	—	—	67	66	71	68	93
толокнянковый	—	58	58	65	70	63	89
Сосняк							
115 лет	—	54	54	68	63	60	85
155 »	56	57	55	70	67	61	91
Березняк 30 лет	56	64	66	71	69	65	97
Ерник на опушке	—	73	61	78	—	71	103

Запас воды в снеге, как и высота снежного покрова, под пологом лиственничников более или менее однороден и сравнительно немногим меньше, чем на открытых местах. Результаты сравнения отношения количества воды в снеге в лиственничниках и запасов воды на открытых местах показывает, что в отдельные годы оно может заметно изменяться. В 1957 г. запас снеговой воды в лиственничниках был больше, чем на открытых местах, в 1961 г. заметно меньше. Под пологом сосняков эти колебания выражены менее резко.

В среднем запас воды в снеге под пологом лиственничников приблизительно на 7% меньше, чем на открытых местах, в сосняках — на 12%. Березняк задерживает своим пологом примерно такое же количество зимних осадков, как и лиственничник, а в зарослях кустарниковой березы запас снеговой воды, как и высота снега, подвержены сильным колебаниям из-за возможных надувов снега.

Распределение запасов снеговой воды на упомянутом профиле приведено в табл. 14. Колебания запасов воды в снеге в различных точках профиля больше, чем средние величины, характеризующие те или иные древостои (см. табл. 13). Однако если сравнить средние запасы снеговой воды на лесных участках профиля с величинами, полученными на пробных площадях среди леса, разница будет незначительной: в первом случае средний запас воды будет 66 *мм*, т. е. примерно такой же, как и на пробных площадях в лесу.

Таблица 14

Запас воды в снеге на профиле, *мм*

Дата замера	Поляна	Лес		Вырубка (100*м*)			Лес			Вырубка (200*м*)					Лес			
	1*	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
2.IV 1955 . .	67	67	60	72	69	66	63	67	67	67	62	67	52	70	71	66	70	66
4.IV 1957 . .	54	64	54	72	66	70	70	68	58	58	46	72	58	68	70	64	64	68
11.IV 1958 . .	58	54	59	66	63	72	69	71	72	72	51	57	53	68	64	61	66	57
1.IV 1959 . .	71	56	52	73	72	71	57	71	56	53	69	69	71	58	71	65	63	64
1.IV 1960 . .	71	78	81	86	73	75	85	66	79	84	79	75	—	68	67	67	66	66
28.III 1961 . .	74	71	61	87	77	74	72	66	62	75	62	79	70	88	65	63	69	66
Средний запас	66	65	61	76	70	71	70	68	66	68	61	70	61	70	68	65	66	65
Максимальный »	74	78	81	87	77	75	85	71	79	84	79	75	71	88	71	67	70	68
Минимальный »	54	54	52	66	63	66	57	66	56	53	51	57	52	58	64	61	63	57

* Номера точек на профиле.

Распределение запаса снега по поперечному профилю плоской лощины сходно с изменением его глубины. Средний запас воды в снеге (68 *мм* в 1959 г.) в лощине такой же, как и на открытых местах (68 *мм*), немногим больше, чем в лиственничниках (64—68 *мм*), но заметно больше, чем в окружающих пробную площадь сосняках (54—55 *мм*), по-видимому, вследствие повышенного скопления снега на дне лощины. По склонам упоминавшейся пади запас воды в снеге характеризуется следующими цифрами: юго-западный склон (крутизна 32°)—48 *мм*, дниже пади—74 *мм*, северо-восточный склон (31°)—66 *мм*, т. е. приблизительно пропорционально высоте снежного покрова.

В Подмосковье (Молчанов, 1960) наибольший запас воды в снеге наблюдался на прогалине среди леса; на полях он был на 18—38% меньше. Повышенные запасы воды на небольших полянах наблюдались в Башкирии и в Татарии (Рутковский и Кузнецова, 1940), причем в Татарской республике отмечено уменьшение запасов воды с возрастанием площади полян. Приблизительно такой же характер распределения снега в лесу и на сравнительно небольших открытых местах в изучавшихся лиственничных и сосновых лесах Якутии.

Возвращаясь к цифрам табл. 11, 12, 13 и 14, можно заметить, что запас воды в снеге в общих чертах повторяет высоту снежного покрова, хотя изменчивость его больше, чем у последней. Это обусловливается главным образом незначительными скоростями ветра зимой (табл. 15).

Таблица 15

Скорость и вероятность повторения ветра различной силы зимой в долине Лены (Якутск)

Показатель	Месяц						
	X	XI	XII	I	II	III	IV
Средняя скорость, *м/сек* . . .	2,6	1,9	1,5	1,4	1,5	1,9	2,7
Среднее число штилей, % . .	18	18	20	24	22	21	14
Вероятность ветра различной скорости (*м/сек*), %							
0—1	46,4	57,4	65,5	69,5	68,8	57,6	45,8
2—5	42,6	38,9	32,4	29,1	29,4	36,3	43,8
6—10	9,9	3,6	2,1	1,4	1,8	5,3	9,4
11—15	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,9
>15	0,4	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0.1

Даже в широкой долине Лены, открытой господствующим зимой северным и северо-восточным ветрам, преобладает тихая погода или очень слабые ветры. Вероятность ветра, скорость которого более 5 *м/сек*, очень мала в октябре, марте и апреле и ничтожна в другие месяцы. Очевидно, что на сравнительно небольших открытых пространствах, окруженных лесом, скорость ветра будет еще меньше и перевевание снега затрудняется.

Г. Д. Рихтер (1945) указывает, что сметание снега в зависимости от его состояния начинается при скорости ветра от 4 до 6 *м/сек*, причем при возрастании его скорости число метелей снижается. Уменьшается число метелей и при температурах ниже —10°.

Следовательно, даже в долине Лены условия для перевевания снега неблагоприятны почти всю зиму. Осенью, когда вероятность свежих ветров сравнительно велика, мощность снежного покрова крайне незначительна, поэтому возникновение перевевания снега мало скажется на перераспределении его запасов к концу зимы. Ветер заметно усиливается в марте-апреле, но и в это время условия не всегда благоприятствуют сдуванию и переотложению снега. Изучение высоты снежного покрова и запасов содержащейся в ней воды, проводившееся в течение семи лет на упомянутом профиле, показало, что в равнинных лесах Центральной Якутии мощность снежного покрова как под пологом леса, так и на вырубках и полянах довольно однородна.

Абсолютные запасы воды в снеге к концу марта — середине апреля за изучавшийся период колебались от 50 до 70 *мм*. Эти величины довольно близки к зимним осадкам, учитывавшимся осадкомером Третьякова. Так, по осадкомеру в 1957—1958 гг. учтено 60 *мм* осадков, в 1958—1959 гг. — 71 *мм* и в 1960—1961 гг. — 70 *мм*. Соответствующие величины запаса воды в снеге на той же поляне были 58, 71 и 74 *мм*.

Таблица 16

Плотность снега в различных типах леса, *г/см³*

Участок леса	1957	1958	1959	1960	1961	Средняя
Открытое место	0,16	0,17	0,13	0,19	0,19	0,17
Лиственничник						
50 лет	0,16	0,17	0,13	0,19	0,18	0,17
100 »	0,18	0,18	0,14	0,18	0,17	0,17
130 »	0,18	0,17	0,14	0,18	0,17	0,17
170 »	—	—	0,14	0,19	0,18	0,17
с ольховником . . .	—	—	0,14	0,18	0,18	0,17
толокнянковый . . .	—	0,17	0,13	0,18	0,18	0,17
Сосняк						
115 лет	0,16	0,17	0,13	0,19	0,19	0,17
155 »	0,14	0,18	0,12	0,19	0,19	0,16
Березняк 30 лет	—	0,18	0,14	0,19	0,19	0,18
Ерник на опушке . . .	—	0,16	0,14	0,18	—	0,16

Плотность снежного покрова как под пологом различных участков леса, так и на открытых пространствах, меняется также сравнительно мало. По существу отмеченная довольно тесная зависимость между высотой снежного покрова и запасом в нем воды — следствие известной однородности плотности снега. В табл. 16 приведены величины плотности снега на пробных площадях и средняя плотность его на открытых местах.

Таблица 17

Плотность снега на профиле перед началом таяния, г/см³

Год	Поляна	Лес		Вырубка (100 м)			Лес			Вырубка (200 м)				Лес			
	1*	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1957	0,14	0,16	0,14	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,14	0,14	0,12	0,18	0,16	0,16	0,18	0,16	0,16	0,18
1958	0,17	0,18	0,17	0,18	0,19	0,19	0,18	0,19	0,20	0,19	0,15	0,16	0,16	0,18	0,18	0,17	0,18	0,17
1959	0,18	0,12	0,11	0,14	0,13	0,13	0,12	0,14	0,12	0,12	0,13	0,14	0,14	0,11	0,14	0,14	0,13	0,14
1960	0,18	0,19	0,21	0,20	0,19	0,18	0,21	0,17	0,20	0,21	0,21	0,20	—	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
1961	0,19	0,19	0,18	0,20	0,19	0,17	0,18	0,18	0,17	0,18	0,18	0,20	0,19	0,19	0,18	0,18	0,18	0,17
Среднее	0,16	0,17	0,16	0,18	0,18	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,16	0,18	0,16	0,16	0,17	0,17	0,17	0,17

* Номера точек на профиле.

Плотность снега под пологом древостоев различного состава, полноты и возраста изменяется в очень малых пределах, хотя величина ее в отдельные годы иногда довольно сильно колеблется. Только в 1961 г. можно уловить тенденцию к возрастанию плотности снега с уменьшением полноты древостоя в лиственничниках, а также в сосняках, березняке и на открытом месте.

Представляет интерес сопоставление плотности снега на профиле, пересекающем вырубки и лесные участки (табл. 17)

Существенной разницы в плотности снега в различных точках на вырубках и под пологом леса в зависимости от их удаленности от опушек выявить не удается. В общем же можно заметить, что в среднем плотность снега менее изменчива, чем высота снежного покрова и запас воды в снеге. Последний, таким образом, больше связан с различиями в высоте снега, чем с его плотностью, что хорошо иллюстрируется приведенным ранее графиком (см. рис. 20). Поэтому при сравнении запаса воды в снеге под пологом отдельных участков леса в равнинных лесах Центральной Якутии относительная оценка его в порядке первого приближения может быть сделана по высоте снежного покрова, измерение которого значительно проще.

Сравнив приведенные цифры с средней плотностью снега в конце третьей декады марта в различных пунктах Центральной Якутии, можно убедиться, что эти величины друг от друга почти не отличаются. Так, плотность снега на защищенных участках в Якутске составляет 0,18, Бердигестяхе — 0,17, Покровске — 0,17, Намцах — 0,17, Амге — 0,17 и Чурапче — 0,16 *г/см*³.

Заметим при этом, что разницы в плотности снега на защищенных и открытых участках в упомянутых пунктах нет или она составляет всего +0,01 (Амга).

Таким образом, плотность снега в лесу и на окруженных лесом сравнительно небольших полянах, выявленная нашими исследованиями, характерна для обширной территории Центральной Якутии.

Абсолютная величина плотности снега, даже в те годы, когда она была максимальной, намного меньше, чем в Европейской части Союза. Так, в Подмосковье она перед началом таяния в различные годы колеблется в зависимости от состава, возраста, полноты леса и величины безлесных пространств от 0,21 до 0,36 (Молчанов, 1960). Близкие к этим величины наблюдались в середине марта в Саратове, Свердловске, Боровом, Сыктывкаре: 0,25—0,30 (Вейнберг, по Рихтеру, 1945).

Относительно малая плотность снега в лесах Центральной Якутии объясняется низкими зимними температурами без оттепелей, незначительной абсолютной влажностью воздуха и преобладанием штилей или очень слабых ветров, при которых переотложение и уплотнение снега выражено слабо. По степени плотности снежный покров под пологом леса, на полянах и вырубках, по классификации Г. Д. Рихтера (1945), может быть отнесен к рыхлому. Рыхлый снег хуже проводит тепло, чем плотный.

Коэффициент теплопроводности снега пропорционален квадрату его плотности и может быть вычислен по формуле Абельса (Рихтер, 1945):

$$K = 0{,}0067\, d^2,\ кал/см^2\, сек,$$

где K — коэффициент теплопроводности, d — плотность снега. Рыхлый снег, имеющий низкую плотность, замедляет теплообмен между почвой и атмосферой и предохраняет почву от чрезмерного переохлаждения зимой. Значительное уменьшение теплопроводности рыхлого снежного покрова — важный экологический фактор, определяющий условия зимовки всходов и подроста древесных пород, травяно-кустарничковой растительности, а также микроорганизмов и животных, населяющих верхние слои почвы.

Правда, высота снежного покрова невелика, и, как указывает С. В. Шимановский (1955), он не предохраняет почву от потерь тепла на излучение, так как почва продолжает охлаждаться и под снегом. Но все же температура снега от поверхности вглубь резко повышается, и абсолютную величину этого повышения нельзя не учитывать при оценке экологического значения снежного покрова. Это хорошо иллюстрируется графиком хода температур в снежном покрове под Якутском (рис. 22). Даже в самые холодные месяцы температура снега на глубине 30 *см* была почти на 20° выше, чем на поверхности. Суточная амплитуда температуры, по данным того же исследователя, была на глубине 1 *см* 11°, 13 *см* — 2,5°, а на поверхности почвы под слоем снега 25 *см* — 0,25°. Не менее показательна и разница минимальных температур (7. II): на поверхности снега — 53,2°, на глубине 1 *см* — 45,9°, на глубине 13 *см* —37,6° и на поверхности почвы под слоем снега 25 *см* — 24,7°.

Минимальная температура на поверхности почвы под снегом, наблюдавшаяся зимой 1960/61 г., в лесу и на вырубке довольно близка в той, которую приводит С. В. Шимановский. В лиственничнике 130 лет она была — 18,4°, а на вырубке 1953 г.—22,3°.

В течение зимы наблюдается небольшой приток тепла, проникающего сквозь снежный покров и достигающего поверхности почвы. Он составляет около 100 *кал/см*² из 22 247 *кал/см*² суммарной радиации за время с октября по апрель при средней величине альбедо поверхности снега 65% (Шимановский, 1955) и не может компенсировать зимнего охлаждения почвы и влияния мерзлоты. Однако этот приток тепла значительно снижает и, по-видимому, в какой-то мере стабилизирует уровень минимальной температуры на поверхности почвы под снежным покровом. Таким образом, небольшая плотность снежного покрова — положительный фактор, снижающий его теплопроводность и улучшающий условия зимовки растений и других организмов, населяющих верхние слои почвы.

На долю зимних осадков приходится немногим более четверти их годового количества. Поступление осадков в почву зависит от условий их таяния и испарения с поверхности снега, которое, как указывает А. К. Дюнин (1961), в зимний период может быть довольно большим.

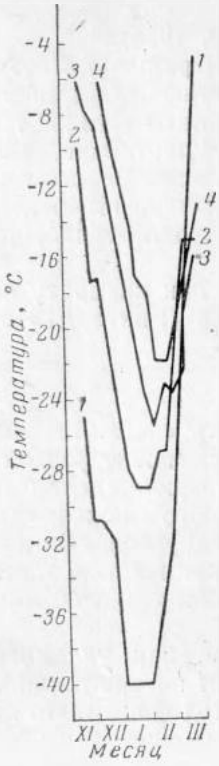

Рис. 22. Ход температуры в снежном покрове на различной глубине от поверхности снега (по С. В. Шимановскому).

1 — поверхность снега; глубина: 2—10 *см*, *3* — 20 *см*, *4* — 30 *см*

В Якутске испарение с поверхности снега изучал В. В. Салазанов (1957) в период с 7.III по 24.IV с диапазоном температур от —35 до —5°. Средняя величина испарения за все время наблюдений была 0,18 *мм* с колебаниями от 0,03 до 0,34 *мм*. В марте она составила 0,06 *мм*, в апреле — 0,21 *мм*. Суммарное испарение за эти два месяца, по-видимому, составит около 8 *мм*, т. е. несколько больше 10% среднего запаса воды в снеге.

В. В. Салазанов предложил эмпирическую формулу для вычисления суточного испарения (E) по среднесуточному дефициту влажности воздуха (d) при условии, что скорость ветра не превышает 2 *м/сек:*

$$E = 0{,}2\, d^{0{,}94}.$$

Если принять, что эта зависимость сохранит свое значение и в зимние месяцы, то, пользуясь средними величинами дефицита влажности за ноябрь—февраль, можно приблизительно рассчитать вероятную величину испарения за этот период. Испарение в сутки составит около 0,02 *мм*, а за четыре зимних месяца — около 3 *мм*. По-видимому, эта величина близка к фактической.

Таким образом, испарение с поверхности снега за весь зимний период составит в порядке первого приближения около 10 *мм*. Эта величина небольшая, но учитывая, что она составляет около 5% годовой суммы осадков и до 15% количества осадков, выпавших зимой, ее при балансовых расчетах приходится принимать во внимание. В лесу и на открытых пространствах среди леса величина испарения, очевидно, будет меньше, но и тут, по-видимому, на его долю придется не менее 10% зимних осадков.

В отдельные годы испарение с поверхности снега в период его таяния может быть очень большим. Яркий пример — весна 1958 г., отличавшаяся сухой, сильно ветреной погодой, когда к 6 мая снег везде исчез, почти не оставив после себя воды, а с 8 мая начались лесные пожары, которые охватили не только ранее освободившиеся от снега вырубки и аласы, но и большие площади леса.

В лесу таяние снега начинается позднее, чем на вырубках и лугах, причем разница во времени окончательного схода снежного покрова может быть довольно большой. Если на плотности, высоте снежного покрова и на запасе воды в нем влияние возраста, полноты и состава древостоя сказывается сравнительно мало, то начало таяния и его интенсивность обнаруживают определенную связь с этими признаками древостоев. Об этом дают представление результаты наблюдений за сходом снежного покрова в 1961 г., хотя наблюдения были начаты поздно (8.V), когда на открытых местах и в изреженных древостоях снег уже частично растаял. На постоянных пробных площадях, вырубках и лугах еже-

дневно определялась площадь покрытия снегом (в процентах к общей), по уменьшению которой можно судить об интенсивности таяния снега. При этом нужно иметь в виду, что запасы воды в снеге при равных площадях, занятых им, могут быть весьма различны, но учесть их не представилось возможным. Обратимся к рис. 23. На нем графически представлено изменение площади, покрытой снегом, на лесных и безлесных участках.

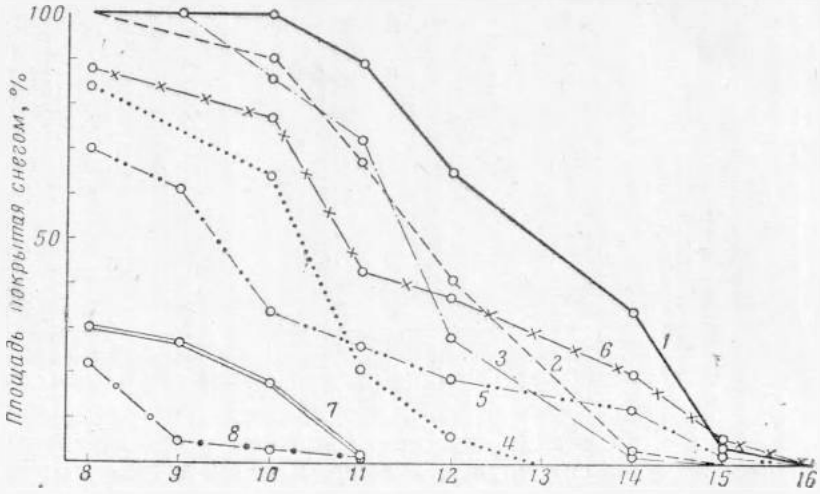

Рис. 23. Ход таяния снега в мае 1961 г.

1 — лиственничник 50 лет; *2* — то же, 100 лет; *3* — то же, 130 лет; *4* — то же, 170 лет; *5* — сосняк 115 лет; *6* — то же, 155 лет; *7* — березняк 30 лет; *8* — кочковатый луг (алас) шириной около 200 *м*

На кочковатом лугу шириной около 200 *м* к началу наблюдений снег сохранился только полосой вдоль северной стены леса и полностью исчез к 11.V (рис. 24). В то же время под пологом лиственничников 50-, 100- и 130-летнего возраста снег 8.V сплошь покрывал почву, и только в последних двух древостоях были отмечены кольцевые воронки, не протаявшие до земли. Наиболее долго держался и медленнее всего сходил снежный покров в 50-летнем лиственничнике. В древостоях 100-, 130- и 170-летнего возраста довольно отчетливо выражено возрастание интенсивности снеготаяния с уменьшением полноты, сомкнутости и общего веса крон. Так же хорошо выражена эта зависимость и в сосняках 155-летнего (полнота 0,9) и 115-летнего (полнота 0,4) возраста. В березняке, расположенном на опушке упомянутого аласа, снег сошел раньше, чем в других древостоях.

Представляет интерес ход таяния снега на профиле, пересекающем вырубки и лесные участки (рис. 25).

Площадь, занятая снегом, на вырубке шириной 100 *м* была больше, а интенсивность таяния меньше, чем на вырубке шириной 200 *м*. Чтобы не загромождать графика, на нем приведены результаты измерения только 8, 10 и 12 мая.

Можно также отметить некоторое замедление таяния снега у северных стен леса, что особенно хорошо заметно на узкой вырубке. Под пологом леса, как и в описанных ранее случаях, отмечена зависимость интенсивности таяния снега от полноты. К началу наблюдений больше всего снега сохранилось в 130-летнем лиственничнике (полнота 0,67), затем идет кулиса шириной 100 *м* (полнота 0,50) и, наконец, изреженный приопушечный лиственничник с полнотой 0,24. Но если на вырубке

Рис. 24. Снег в лесу 8 мая 1961 г. на северной опушке кочковатого луга

шириной 200 *м* и на поляне снег почти целиком исчез за два дня, то под пологом леса он сохранялся дольше, а в 130-летнем лиственничнике (пункт 18) полностью растаял только к 15 мая, т. е. через неделю после начала наблюдений.

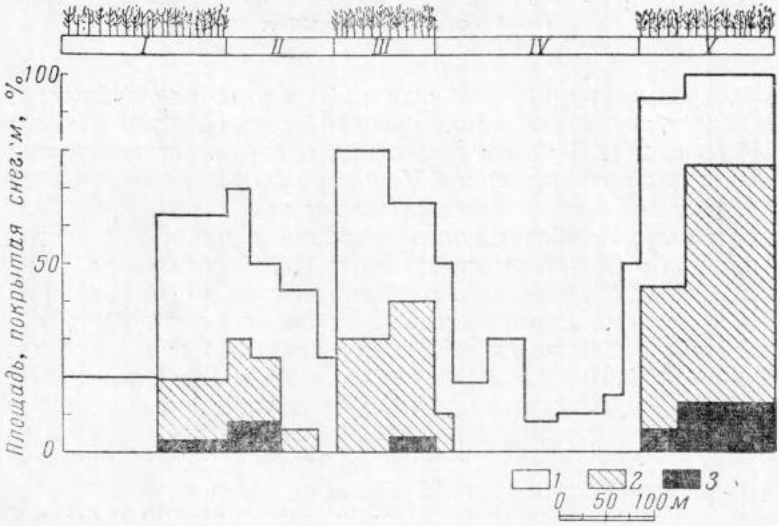

Рис. 25. Ход таяния снега на профиле.

Площадь, покрытая снегом (в %): *1* — 8.V, *2* — 10.V, *3* — 12.V; *I* — вторая кулиса, *II* — вырубка 1948 г., *III* — первая кулиса, *IV* — вырубка 1953 г., *V* — лиственничник 130 лет

Таким образом, в лесу снег тает медленнее, чем на открытых местах, как это наблюдается и вообще (Рутковский и Кузнецова, 1940; Галахов, 1955; Молчанов, 1960). Однако разница во времени схода снежного покрова на открытых местах и под пологом леса, по-видимому, не превышает 5—7 дней. Это обстоятельство необходимо учитывать при определении сроков выжигания лугов, так как вскоре после таяния снега верх-

Рис. 26. Остатки снега в лесу

ние слои подстилки, ветошь и другой органический материал очень быстро высыхают и создается реальная угроза проникновения огня под полог леса с выжигаемых лугов. Примером может служить весна 1937 г., когда во второй половине мая, вскоре после схода снега, леса Центральной Якутии охватили опустошительные пожары, возникшие главным образом при выжигании лугов.

Сроки выжигания лугов должны устанавливаться в зависимости от характера таяния снежного покрова, с расчетом, чтобы под пологом леса еще сохранялась высокая влажность или оставались бы пятна снега (рис. 26). Сухая трава на лугах в это время горит очень хорошо, а опасности захода огня в лес нет.

Краткие выводы из наблюдений за режимом снежного покрова в лесах сводятся к следующему.

Снежный покров, покрывающий в течение семи месяцев поверхность почвы, является, с одной стороны, источником пополнения запасов почвенной влаги, а с другой — теплоизолирующим экраном, который предохраняет поверхность почвы от чрезмерного охлаждения во время суровых зимних холодов.

На долю осадков, выпадающих в виде снега, к которому условно отнесены все осадки с октября по апрель включительно, приходится немногим более $^1/_4$ годовой нормы. Это определяет небольшую высоту снежного покрова.

Средняя высота снежного покрова в различных частях Центральной Якутии колеблется от 25 до 33 *см*. Согласно наблюдениям, под пологом леса и на небольших открытых пространствах, окруженных лесом, она несколько больше — около 40 *см*.

Высота снежного покрова под пологом леса лишь немногим меньше, чем на поляне и вырубках. В лиственничниках и березняке она в среднем составляет 94% и в сосняках — 90% от высоты покрова на открытых местах. Существенного перевеивания снега ветром в изучавшихся условиях выявлено не было.

Запас воды в снеге под пологом леса и на открытых местах также довольно однороден: в лиственничниках он равен 94% и в сосняках составляет 89% запаса, учтенного на открытых местах.

Плотность снежного покрова в лесу и на открытых местах почти одинакова и невелика по абсолютной величине (0,13—0,18 *г/см*³). Она практически не отличается от средних многолетних величин в различных пунктах Центральной Якутии. Рыхлость снежного покрова — экологически положительный фактор, усиливающий его теплоизоляционные свойства.

В изученных лиственничниках не выявлено какой-либо закономерности изменения высоты, плотности снежного покрова и запаса воды в нем в зависимости от возраста, полноты и сомкнутости крон древостоя. Некоторые различия улавливаются лишь при сравнении лиственничников с сосняками.

Таяние снежного покрова в лесу начинается позднее, чем на открытых пространствах. Интенсивность таяния возрастает с уменьшением полноты и сомкнутости крон древостоев. Разница во времени схода снежного покрова на открытых местах и под пологом леса составляет 5—7 дней. Весеннее выжигание лугов должно проводиться с учетом конкретных сроков схода снежного покрова в лесу.

ЛЕСНАЯ ПОДСТИЛКА И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА РЕЖИМ ВЛАГИ В ЛЕСУ

В таежной зоне, как правило, бывает хорошо выражена лесная подстилка. Образование устойчивого, постоянно существующего слоя подстилки возможно лишь в том случае, если ежегодный опад растительных остатков превышает количество разлагающегося органического вещества. Однако растительные остатки накопляются до определенного предела. На известной стадии поступление опада и его разложение в какой-то мере уравновешиваются, но это продолжается до тех пор, пока в силу развития лесного биогеоценоза не нарушится установившийся режим поступления и разрушения органического вещества.

Таким образом, количество подстилки в каждом конкретном участке леса будет определяться степенью развития тех органов растений, которые дают наибольшую массу ежегодного опада, и комплексом условий, способствующих их разложению (свет, тепло, влага, деятельность микроорганизмов, почвенной фауны и т. д.). Об условиях разложения подстилки косвенно можно судить по отношению общего веса подстилки на единице площади к весу ежегодного опада. Чем меньше абсолютное значение отношения, тем интенсивнее идет разложение подстилки. Этот показатель может служить критерием для сравнения условий накопления и разложения подстилки не только в лесах из одной породы, различающихся по возрасту, полноте, производительности, но и в лесах, состоящих из разных пород.

Климатические условия Якутии не благоприятны для разложения органического вещества. Первая половина лета, когда преобладает теплая и даже жаркая погода, крайне бедна осадками и процессы минерализации подстилки замедляются из-за недостатка влаги. Во второй половине лета и в начале осени выпадает бóльшая часть дождей, но разложение органического вещества тормозится быстрым понижением температуры.

В лиственничниках, где ежегодный опад довольно велик, подстилка приобретает вид плотного войлокообразного слоя мощностью в 2—4 *см*, состоящего в основном из хвои лиственницы.

Как правило, в подстилке лиственничных лесов хорошо выделяется верхний слой, образованный опадом, и нижний, характеризующийся различной степенью разложения. Иногда в подстилке отчетливо выделяются три слоя, из которых нижний — сильно разложившийся с почти не различимой структурой растительных остатков. В сосняках подстилка

незначительной толщины (до 1—1,5 *см*), рыхлая, слабо разложившаяся. Дифференциация на слои часто не выражена. Иногда тонкий слой сухой хвои залегает прямо на поверхности песчаной почвы. В березняке запас подстилки по сравнению с ежегодным опадом невелик.

Подстилка играет очень важную роль в жизни леса. Создающаяся в процессе взаимодействия различных компонентов лесного биогеоценоза, она является наиболее активной частью почвы. При этом подстилка сама оказывает существенное влияние на направление и интенсивность жизненных процессов в лесу. Почти все взаимоотношения между надземными компонентами биогеоценоза и почвой протекают в непосредственной связи с лесной подстилкой. Это относится к круговороту органических и зольных веществ в лесу, специфическим условиям аэрации, термическому и водному режиму лесных почв и к ряду других явлений. Не вдаваясь в подробности, следует только подчеркнуть, что прорастание семян, укоренение и развитие всходов древесных пород теснейшим образом связаны с подстилкой и влиянием ее на верхние горизонты почвы, растительный покров в лесу и климат приземного слоя воздуха.

Рассмотрим только вопрос о влиянии подстилки на водный режим лесных почв. Лесная подстилка, обладающая высокой водоудерживающей способностью, поглощает часть осадков и препятствует проникновению их в почву. С другой стороны, наличие рыхлой подстилки, внутри которой нарушены капиллярные связи, способствует уменьшению испарения с поверхности почвы и сохранению запасов влаги. Соотношение положительного влияния подстилки на режим влажности лесных почв, которое сводится к увеличению запасов влаги, и отрицательного для засушливых условий Центральной Якутии, когда осадки, задерживаемые подстилкой, не попадают в почву, будет различным в зависимости от ряда факторов. В первую очередь к ним можно отнести количество и интенсивность осадков, условия испарения под пологом леса, на которые большое влияние оказывают состав, возраст, сомкнутость древостоя и подлеска, степень развития травяно-мохового покрова и другие факторы, трансформирующие и перераспределяющие общеклиматические ресурсы тепла и влаги. Также важное значение имеют, разумеется, запасы и особенности строения и водные свойства подстилки.

Дальнейшая судьба осадков, проникших под полог леса и достигших поверхности почвы, будет определяться прежде всего влагоудерживающей способностью подстилки, которая зависит как от водно-физических свойств последней, так и от общего количества ее под пологом леса.

О накоплении подстилки в лиственничниках, сосняках и березняках, в которых велись наблюдения за просачиванием воды сквозь мертвый покров, можно судить по данным табл. 18

Таблица 18

Вес подстилки и опада в различных типах леса, *т/га**

Показатель	Лиственничник, лет						Сосняк, лет		Березняк, лет
	50	100	130	170	с ольховником	толокнянковый	115	155	
Вес подстилки, *т/га*	30,0	21,6	17,5	9,1	10,5	13,3	12,3	9,4	10,8
Вес опада, *т/га*	3,1	2,8	2,3	2,3**	—	2,3**	1,3	1,3**	2,2
В том числе хвоя, %	68	71	67	80	—	71	58	62	86
Отношение веса подстилки к весу опада	9,7	7,7	7,6	3,9	—	5,8	9,5	7,2	4,9

* Вес подстилки и опада дан в пересчете на абсолютно сухой вес.

** Средние за 3 года, по всем остальным пробным площадям—за 6 лет.

В лиственничниках с увеличением возраста древостоя запас подстилки уменьшается. Наибольшее количество ее отмечено в 50-летнем лиственничнике. Эти наблюдения не совпадают с данными А. А. Молчанова (1952), который указывает, что запасы подстилки в пределах одного типа соснового леса увеличиваются с возрастом. Повышенное накопление подстилки в более молодых древостоях по сравнению со старыми объясняется не только относительно большим поступлением опада, но и условиями его разложения. В сомкнутых молодняках, под полог которых попадает мало тепла, постепенно скапливается мертвый опад. Опад, являющийся теплоизолирующим экраном, препятствует прогреванию почвы, вследствие чего повышается уровень вечной мерзлоты, а условия разложения подстилки ухудшаются. Особенно резко это выражено в перегущенных молодняках, часто встречающихся в Якутии. В этих случаях ухудшение тепловых свойств почвы сопровождается падением прироста древостоя, который несколько повышается лишь после довольно медленно идущего изреживания последнего (Тюлина, 1957; Поздняков, 1961а).

В данном случае в 50-летнем лиственничнике начался процесс изреживания, но еще сохранилось поступление опада и остался большой запас подстилки, разложение которой идет замедленно. Это можно проиллюстрировать сопоставлением отношения веса подстилки к весу опада, которое достаточно отчетливо характеризует скорость разложения подстилки в различных типах леса (см. табл. 18). Здесь хорошо прослеживается повышение интенсивности минерализации подстилки от более молодых к более старым древостоям и в лиственничниках, и в сосняках, связанное главным образом с изменением теплового режима под пологом леса.

В общем количество годового опада в лиственничниках разного возраста и в березняке колеблется от 2,3 до 3,1 *т/га*, в сосняках — в пределах 1,3 *т* без учета опада травяно-кустарничкового яруса. Интересно сопоставить эти цифры с количеством опада в других районах СССР.

По данным В. П. Тимофеева (1942), годичный опад в древостое из лиственницы европейской в возрасте около 80 лет составил 2,7 *т/га* (в пересчете на абсолютно сухое вещество около 2,4 *т/га*), причем около 70% опада составляла хвоя.

Под Архангельском опад в различных типах леса изучал И. С. Мелехов (1957). В сосняке лишайниковом величина его была 764 *кг/га*, в брусничнике — 1530 *кг/га*, в березняке разнотравном — 2625 *кг/га*. Сопоставляя эти данные с аналогичными наблюдениями в скандинавских странах, И. С. Мелехов отмечает, что колебания в величине опада в различных географических районах в общем невелики. Так, в горных районах Норвегии опад в сосняках составил 1465 *кг/га*, в Финляндии — 1630 *кг/га*, в Дании — 1624 *кг/га*. В березняках величина опада в Швеции была 1865 *кг/га*, в Норвегии от 799 до 1876 *кг/га*.

В Савальском лесничестве, по данным Л. Н. Быковой (по Молчанову, 1952), опад в сосняках в зависимости от возраста колебался от 2495 (I класс возраста) до 1304 *кг/га* (V класс).

Таким образом, количество опада в лиственничных и сосновых лесах Центральной Якутии приблизительно такое же, как в чистых по составу хвойных лесах Европейской части нашей страны, но оно значительно уступает опаду в смешанных многоярусных лесах. Например, в сосняке со II ярусом из клена количество опада достигает 3,6 *т/га* (В. П. Тимофеев, 1942), а в лещиновом сосняке Брянской области — 6,9 *т/га* (Медведев, 1940).

Количество опада характеризует потенциальные возможности накопления подстилки под пологом леса. Фактические же запасы подстилки при более или менее устойчивом поступлении опада будут опреде-

ляться, как это отмечалось, условиями разложения органического вещества. Надо сказать, что запасы подстилки даже на одном участке леса могут варьировать в значительных пределах, особенно там, где хорошо выражен микрорельеф.

В изучавшихся лиственничниках запасы подстилки, как отмечалось, уменьшаются от средневозрастных к спелым древостоям с 30 до 9 *т/га*. Поскольку варьирование количества опада в этих древостоях относительно невелико, разница в запасах подстилки будет определяться главным образом условиями ее разложения, о которых хорошо судить по отношению веса подстилки к весу опада. На рис. 27 отражена связь между запасами подстилки в древостоях разного возраста и интенсивностью ее разложения, выражаемая отношением веса подстилки к опаду. Здесь довольно отчетливо улавливается зависимость прогрессивного возрастания запаса подстилки по мере ухудшения условий ее разложения.

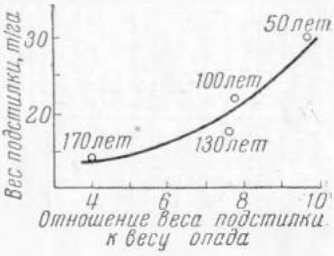

Рис. 27. Запас подстилки в лиственничниках разного возраста в зависимости от интенсивности ее разложения, выражаемого отношением веса подстилки к весу годичного опада

Однако гидрологическая роль подстилки определяется не только ее запасом и соотношением различно разложившихся частей, о котором косвенно можно судить по отношению веса подстилки к опаду. Очень важное значение имеют состав опада, степень развития и видовой состав живого покрова и подлеска, характер распределения корневых систем и т. д. Весь этот комплекс факторов определяется принадлежностью данного участка к тому или иному типу леса или группе типов, если объединяемым последней лесным биогеоценозам свойствен сходный режим обмена веществом и энергией. Поэтому сравнение количественных показателей, характеризующих запасы и динамику накопления подстилки, следует делать в пределах одного типа леса или, если это возможно, в пределах группы типов леса. Вместе с тем было бы неправильно количественные характеристики подстилки связывать только с типом леса или с возрастом, не учитывая сомкнутости древостоев и степени развития слагающих их деревьев, поскольку древесный ярус, как правило, дает основную часть годичного опада.

Интересно сравнение запасов подстилки в сосновых и березовых лесах Центральной Якутии с другими районами Советского Союза.

По исследованиям А. А. Молчанова (1960), вес подстилки (абсолютно сухое вещество) в лишайниково-мшистом сосняке Архангельской области составил 16,58 *т/га*, в сосняке-брусничнике — 21,42 *т/га*; в Московской области в тех же типах леса запасы подстилки были соответственно 14,60 и 18,64 *т/га*.

Л. С. Василевская (1958) изучала подстилку в нескольких типах леса Белоруссии. Воздушно-сухой вес подстилки в сосняке-брусничнике 34-летнего возраста был 22,4 *т/га*, в 100-летнем сосняке-кисличнике — 15,7 *т/га* и в березняке кислично-злаковом 35 лет — 11,0 *т/га*.

Эти небольшие сопоставления показывают, что в низкопроизводительных сосняках и березняках Якутии запасы подстилки значительно меньше, чем в древостоях Европейской части СССР. В то же время запас подстилки в лиственничниках может быть в 3—4 раза больше, чем в высокопроизводительных дубравах, ясеневниках и осинниках Теллермановского лесничества Воронежской области (Молчанов, 1960). Хотя масса опада в последних больше, зато гораздо выше интенсивность разложения (Мина, 1954). В достаточно увлажненных районах запасы подстилки возрастают с увеличением степени заболоченности почвы, как это

хорошо показали исследования А. А. Молчанова (1960) в Архангельской и Московской областях. В данном же случае высокие запасы подстилки наблюдаются в лиственничниках, растущих в зоне недостаточного увлажнения.

Остановимся на некоторых водно-физических свойствах подстилки.

Влагоемкость подстилки разных типов леса изучалась по методу Н. Ф. Созыкина (1939). Образцы подстилки с ненарушенной структурой помещались в круглые сита диаметром 20 *см* и подвергались дождеванию в течение 10 минут, а затем намачиванию в течение 10, 20 и 40 часов. Результаты опытов отражены в табл. 19, в которой приведены средние величины водопоглощения подстилки после дождевания и намачивания.

Таблица 19

Среднее количество воды, поглощенной подстилкой, *мм*

Участок леса	Средняя толщина, *см*	Средний (абс. сух.) вес подстилки, *г/м²*	Общая прибавка влаги после дождевания (минуты) и намачивания (часы)			
			10 *мин*	10 *час*	20 *час*	40 *час*
Лиственничник						
50 лет	4,4	2740	1,5	9,7	11,7	12,1
100 »	4,2	2610	1,3	9,2	12,3	12,6
130 »	2,7	1860	1,7	5,1	7,3	7,2
Сосняк 115 лет	—	1010	1,3	1,7	1,9	1,8
Березняк 30 »	4,2	1080	2,4	6,2	6,9	7,0

В целом влагоемкость подстилки в лиственничниках и березняке больше, чем в сосняке. Однако способность ее удерживать влагу после 10-минутного дождевания приблизительно одинакова во всех типах леса, кроме березняка. Последнее объясняется структурой подстилки, сложенной в основном рыхло лежащими листьями березы, которые быстро поглощают влагу. Количество воды, удерживаемое подстилкой, во всех типах леса, кроме сосняка, возрастает по мере увеличения продолжительности намачивания. Оно, по-видимому, близко к максимуму после 40-часового намачивания. Это количество влаги условно можно признать отвечающим наибольшей влагоемкости подстилки.

В лиственничниках выявляется отчетливо выраженная зависимость величины влагоемкости подстилки после 10-, 20- и 40-часового намачивания от ее общего веса и мощности. Эта зависимость при проверке на большем числе опытов, вероятно, будет близка к прямолинейной.

Влагоемкость подстилки из елового опада при ее весе 2200 *г/м²* составляет, по данным Н. Ф. Созыкина (1939), 2,5 *мм* после 10-минутного дождевания и 3,3 *мм* после 20-часового намачивания. В лишайниково-мшистом сосняке подстилка при весе 1460 *г/м²* после 10-минутного дождевания удерживала 2,1 *мм* воды, после 20-часового намачивания — 2,9 *мм* и после 40-часового — 3,9 *мм* (Молчанов, 1960). Хотя объекты исследования различны, все же можно заметить, что при том же запасе подстилки, влагоемкость ее в ельнике и сосняке Московской области меньше, чем в якутских лиственничниках. Особенность первых — более высокая влагоемкость после 10-минутного дождевания и сравнительно небольшое изменение ее после длительного намачивания, что характерно для сосняка Якутии.

Влагоемкость хорошо развитой подстилки, близкая к наибольшей, в лиственничниках приближается к той, которая приводится в упомянутых работах Н. Ф. Созыкина для мощного зеленомошного покрова в

елово-лиственном насаждении (10,3 *мм*) и в смешанном заболоченном лесу (13,8 *мм*), а также в работах А. А. Молчанова для мохового покрова и подстилки в сосняке-черничнике (13,3 *мм*).

Таким образом, подстилка в лиственничных лесах может удерживать довольно большое количество влаги. В этих условиях инфильтрация воды в почву затрудняется, а при малом количестве осадков может отсутствовать. Наиболее благоприятные условия для инфильтрации создаются при полном насыщении подстилки до величины, близкой к наименьшей влагоемкости. Однако, как видно из предыдущего, процесс насыщения протекает медленно даже при длительном намачивании.

Просачивание осадков сквозь подстилку изучалось на монолитах размером 25×40 *см*, помещенных в противни, которые располагались под пологом леса на одном уровне с поверхностью почвы. Средние результаты этих опытов, охвативших немногим более 30 дождей различной силы, приведены в табл. 20. При этом нужно заметить, что количество просочившихся осадков, возможно, несколько меньше, чем в природе, поскольку в месте соприкосновения подстилки с металлом могут действовать пленочные силы, удерживающие часть влаги.

Просачивание осадков увеличивается с возрастанием их силы и с уменьшением запаса подстилки. Наличие брусничного покрова заметно уменьшает инфильтрацию влаги. В среднем сквозь подстилку в лиственничниках просачивается около половины осадков, поступающих под полог леса.

Таблица 20

Среднее количество воды, просочившейся сквозь подстилку, % к осадкам под пологом леса

Участок леса	Средний (абс. сух.) вес подстилки, *кг/м²*	Осадки по градациям силы, *мм*		
		<5	5—10	>10
Лиственничник				
50 лет	3,9	21	38	39
130 лет	2,4	40	49	59
130 лет, подстилка с брусничным покровом	4 2	24	36	—
То же, с ольховником	2,9	24	36	45

По данным А. А. Молчанова (1960), сквозь подстилку в сосняках в среднем просачивается 26,7% осадков, сквозь лишайники и подстилку — 23,5%, т. е. почти вдвое меньше, чем в лиственничниках Центральной Якутии, хотя при этом надо иметь в виду высказанное предположение о возможном приуменьшении величины просачивания, определяемой в условиях искусственного отделения подстилки от почвы.

Было бы неправильным считать, что влага, задерживаемая подстилкой, расходуется только на физическое испарение и не используется растительностью. Часть влаги поглощается корнями деревьев, располагающимися непосредственно под подстилкой, а также травяно-кустарничковой растительностью, корневые системы которой зачастую пронизывают ее нижние слои. Возможно и постепенное проникновение влаги, в том числе и парообразной, из подстилки в верхние слои почвы. Однако несомненно то, что значительное количество воды расходуется на физическое испарение и, хотя в этом случае в какой-то степени сокращается расход влаги на испарение, а возможно, уменьшается транспирационный расход травяно-кустарничковым ярусом, все же эта влага не

используется непосредственно древостоем. Количественные характеристики этих процессов отсутствуют.

Вероятные запасы влаги в подстилке при разной степени ее влажности приведены в табл. 21.

Таблица 21

Запасы влаги в подстилке в различных типах леса в зависимости от влажности, *мм*

Участок леса	Объемный вес подстилки, *г/см³*	Влажность, % на абсолютно сухую навеску				
		20	40	60	80	100
Лиственничник						
50 лет	0,080	2,0	3,2	4,8	6,4	8,0
100 »	0,108	2,2	4,3	6,5	8,6	10,8
130 »	0,062	1,2	2,5	3,7	5,0	6,2
170 »	0,060	1,2	2,4	3,6	4,8	6,0
Березняк 30 лет	0,062	1,2	2,5	3,7	5,0	6,2

Подстилка в лиственничниках отличается довольно плотным сложением, которое в 2—3 раза превышает объемный вес подстилки в сосновом лесу (0,028), вычисленный по данным, приводимым А. А. Молчановым (1960). К сожалению, нам не удалось определить объемный вес подстилки в сосняке, залегающей в виде очень тонкого слоя.

Приведенные данные позволяют судить о возможных колебаниях запасов влаги в подстилке в течение вегетационного периода. Для этого обратимся к табл. 22. В ней даны средние показатели влажности подстилки по месяцам в различных типах леса за период с 1955 по 1961 г.

Таблица 22

Средняя влажность подстилки по месяцам, % на абсолютно сухую навеску

Участок леса	Месяц					Средний
	V*	VI	VII	VIII	IX	
Лиственничник						
50 лет	140	106	85	70	83	86
100 »	93	31	69	34	57	48
130 »	69	28	44	41	44	39
Лиственничник с ольховником	100	45	57	34	75	53
Сосняк						
115 лет	23	13	11	22	22	17
155 »	33	7	14	13	24	15
Березняк 30 лет	—	45	68	36	50	50

Сопоставление средних величин влажности подстилки с данными табл. 22 показывает, что в приспевающих и спелых лиственничниках в подстилке в среднем содержится от 2 до 5 *мм* влаги, средневозрастных лиственничниках — 5—8 *мм* и в березняке — около 3 *мм*. Влажность подстилки оказывается очень низкой в сосняках, особенно в июне, что при незначительной ее мощности приводит к иссушению поверхностных слоев почвы. Заметим, что самосев сосны в сосняках почти совсем отсутствует, несмотря на частое плодоношение.

Перейдем к капиллярным свойствам подстилки, определяющим степень ее влияния на сокращение расхода почвенной влаги на физическое испарение. Очевидно, что чем труднее передвижение влаги в толще

подстилки от почвы к испаряющей поверхности, тем меньше будет непроизводительный расход воды.

Образцы подстилки, для которых определялись капиллярные свойства по методу Л. В. Попова (1958), были взяты в лиственничниках 50- и 100-летнего возраста, там, где подстилка была лучше всего выражена. Подстилка, помещенная в цилиндрические сосуды с сетчатым дном, увлажнялась снизу в течение 10 суток. После этого она разделялась на три слоя, в которых определялась прибавка влаги в граммах на 1 *г* исходного веса подстилки и вычислялись средние величины для всех повторностей (табл. 23).

Таблица 23

Прибавка влаги в подстилке вследствие капиллярного подъема за 10 суток

Участок леса	Средняя толщина подстилки, *см*	Прибавка влаги на 1 *г* исходного веса каждого слоя подстилки		
		нижний	средний	верхний
Лиственничник				
50 лет	3,9	13,7	12,2	7,0
100 »	2,6	10,4	9,7	3,9

Для опыта была взята подстилка в тех типах леса, где она отличается наибольшей плотностью сложения (характеризуемой объемным весом).

В других типах леса плотность значительно ниже, и следовательно, передвижение влаги от нижних к верхним слоям подстилки еще более медленное.

Влияние подстилки на уменьшение испарения с поверхности почвы иллюстрируют данные табл. 24.

Опыты были проведены в различных типах леса при устойчивой жаркой погоде. Испарение определялось методом малых монолитов, предложенным В. Н. Виткевичем (1949).

Таблица 24

Количество влаги, испаряющейся с поверхности почвы с 8 до 20 час.

Участок леса	Дата	Испарение с поверхности почвы, *мм*			
		с подстилкой	без подстилки	увеличение испарения	
				мм	%
Лиственничник					
50 лет	6.VII	0,39	0,81	0,42	108
50 »	25.VII	0,33	0,51	0,18	55
130 »	6 VII	0,30	0,99	0,69	230
130 »	25.VII	0,39	0,78	0,39	100
Сосняк 115 лет	21.VI	0,36	0,57	0,21	59
Вырубка 1953 г.	21.VI	1,68	2,31	0,63	38

Лесная подстилка значительно уменьшает испарение с поверхности почвы не только в лиственничниках, где она хорошо развита и влияние ее выступает особенно резко, но и в сосняке и на открытой вырубке. Незначительная по мощности подстилка в последних двух случаях почти наполовину снижает расход влаги на испарение.

Основные выводы сводятся к следующему.

Запасы подстилки в лиственничниках в значительной степени определяются условиями ее разложения. Обычно они наибольшие под пологом сравнительно молодых сомкнутых древостоев, где создаются неблагоприятные условия для разложения органического вещества. С изреживанием древостоя запасы подстилки уменьшаются. Об условиях разложения можно судить по отношению веса подстилки к весу годичного опада.

Величина годичного опада в изученных лиственничниках разного возраста и в березняке колеблется в пределах 2,3—3,1 *т/га*, в сосняке — около 1,3 *т/га*.

Влагоемкость подстилки в лиственничниках возрастает с увеличением мощности и запаса подстилки. Наибольшая величина влагоемкости в зависимости от указанных факторов колеблется в пределах 7—13 *мм*, в сосняке меньше 2 *мм*.

Просачивание воды сквозь подстилку зависит от ее влагоемкости и возрастает с увеличением силы осадков.

Запасы влаги в подстилке в течение вегетационного периода в лиственничниках составляют от 2 до 5 *мм* (в средневозрастном — 5—8 *мм*), в березняке — около 3 *мм*. В сосняках влажность подстилки, особенно в начале лета, крайне низка.

В подстилке капиллярный подъем влаги к верхним слоям затруднен. Подстилка хорошо предохраняет почву от испарения с поверхности, снижая его в наиболее жаркие дни в 2—3 раза в лиственничниках и примерно в 1,5 раза в сосняке и на вырубке.

Как мы уже говорили, подстилка — наиболее активная часть почвы, которая определяет режим ее тепла и влаги. Регулирование процессов накопления и разложения подстилки может существенно изменить условия среды в направлении, благоприятствующем повышению продуктивности леса.

РОЛЬ ЖИДКИХ ОСАДКОВ, ПРОНИКАЮЩИХ ПОД ПОЛОГ ЛЕСА, В ПРОЦЕССЕ ОБМЕНА ВЕЩЕСТВОМ МЕЖДУ ЛЕСОМ И ПОЧВОЙ

Изучение обмена органическими зольными элементами между лесом и почвой имеет большое теоретическое и практическое значение. Древостой ежегодно возвращает в почву органические вещества в виде опада веток, частиц коры, хвои и листьев, отмерших корней и корневых выделений. Однако этим не исчерпываются пути возврата органических веществ в почву. Заметное участие в этом процессе принимают осадки, преимущественно жидкие, проникающие под полог леса; они растворяют и смывают различные вещества с поверхности листьев, коры, ветвей и стволов.

Интенсивность растворения и смыва веществ с поверхности крон и стволов деревьев изменяется в зависимости от того, проникают ли осадки сквозь полог леса и в виде капель достигают поверхности почвы, или они стекают по стволам деревьев, концентрируясь у их оснований. В первом случае капли дождя находятся в кратковременном соприкосновении с различными частями дерева, и возможности растворения различных веществ сравнительно ограничены; во втором — капли или струйки воды, прежде чем достигнуть почвы, проходят довольно длинный путь по ветвям и поверхности ствола. Эти обстоятельства благоприятствуют растворению и смыву веществ.

Очевидно, что концентрация растворов будет больше в том случае, когда вода стекает по стволу дерева, чем при проникновении ее сквозь древесный полог. Однако осадки, стекающие по стволам деревьев, со-

ставляют лишь незначительную часть их общего количества, проникающего под полог леса, поэтому роль их в круговороте вещества будет меньше, чем тех, которые проникают сквозь полог леса.

Вещества, смываемые с поверхности древесного полога, участвуют во внутреннем круговороте, поскольку, возвращаясь в почву, они снова поглощаются растениями. Но этим не исчерпывается роль осадков. Они способствуют обмену веществом между различными частями земной поверхности, поглощая мельчайшие частицы, взвешенные в воздухе, которые попадают в виде растворов или суспензий в почву. По данным О. А. Алекина (1953), в среднем в осадках, выпадающих на территории СССР, содержится около 4,8 *мг/л* кальция, 1,7 *мг/л* магния и 1,9 *мг/л* азота.

И. М. Забелин (1959) указывает, что к воздуху в разных местах в разном количестве примешивается пыль, и содержание ее, как и влаги, более или менее однородно в пределах «воздушной массы»— основной объемной единицы климатического природного комплекса, размеры которой соизмеримы с частями океанов и материков. По ряду признаков, в том числе и по содержанию в воздухе пыли, воздушные массы резко отличаются одна от другой. Следовательно, при перемещении над поверхностью Земли воздушные массы переносят на большие расстояния и частицы пыли, которые могут поглощаться и переноситься на землю осадками. Заметим попутно, что эти частицы пыли, обычно имеющие отрицательный электрический заряд, часто являются ядрами конденсации и способствуют выпадению осадков.

Таким образом, осадки участвуют в обмене веществом между отдельными участками земной поверхности[1]. Интенсивность такого обмена невелика. Однако, учитывая необычайную длительность этого процесса, его следует принимать во внимание как источник пополнения запасов минеральной пищи растений там, где почвенные запасы ее незначительны, как, например, в верховых сфагновых болотах.

Мы рассматриваем в круговороте вещества роль дождевых осадков, проникающих под полог, стекающих по стволам и частично выпадающих на открытом месте. Значение в этом процессе осадков в виде снега не изучалось.

Остановимся на осадках, проникающих под полог леса и собираемых расставленными там сосудами.

Важным показателем химических свойств этих осадков является их реакция, которая в изучавшихся условиях, как правило, была кислой.

Кислотность осадков, проникавших под полог леса и стекавших по стволам деревьев, определялась в 1956 г. после каждого дождя посредством титрования щелочью, после того как из собранной воды удалялась углекислота, которая может повлиять на величину кислотности. Результаты анализа графически представлены на рис. 28.

Наиболее кислыми оказываются воды, собранные в сосняке и 100-летнем лиственничнике, и менее всего — в 50-летнем и в березняке. Можно уловить известную связь кислотности осадков с их количеством и продолжительностью бездождных периодов. Когда дожди повторяются часто, кислотность воды под пологом леса снижается, а за время бездождного периода — повышается.

За время с 22.VI по 29.VII, т. е. более чем за месяц, прошел всего один дождь (8.VII). Во всех типах леса за этот период было отмечено резкое повышение кислотности воды, собранной под пологом леса.

---

[1] В данном случае мы не учитываем широко распространенный процесс переноса пыли ветром.

С конца июля, когда осадки стали выпадать чаще, а количество их возросло, наступил период постепенного снижения кислотности воды в 50-летнем лиственничнике и в березняке вплоть до нулевой.

В среднем кислотность воды, проникавшей под полог леса в течение лета 1956 г., в миллиграмм-эквивалентах на 100 *мл* составила в 130-летнем лиственничнике 0,008, в 100-летнем—0,011, в 50-летнем — 0,003, в сосняке — 0,014 и в березняке — 0,003.

Таким образом, почва под пологом леса получает слабокислую воду, реакция которой, по-видимому, обусловливается содержанием растворенных органических кислот, поскольку влияние углекислоты и летучих кислот исключается. Количественные показатели кислотности из года в год меняются. Например, в конце лета и осенью 1955 г. она была в 2—3 раза выше. Обратимся к кислотности воды, стекающей по стволам деревьев, которая в целом значительно выше, чем проникшей сквозь кроны. Прежде всего об этом можно судить по средним величинам актуальной кислотности (pH), определявшейся в конце лета 1955 г. и регулярно в течение вегетационного периода 1956 г. (табл. 25).

Таблица 25

Средние величины актуальной кислотности, pH

Осадки	Лиственничник, лет			Сосняк	Березняк
	50	100	130		
Проникшие сквозь кроны	6,1	5,7	5,9	5,5	6,2
Стекавшие по стволам	4,6	4,4	4,6	3,9	5,1

Возвратимся к рис. 28. Особенно резко выделяется большое содержание кислот в воде, собранной в сосняке. Динамика кислотности имеет приблизительно тот же характер, что и в разобранном выше случае, т. е. сначала величина ее возрастает, затем, достигнув максимума при сильном дожде 8.VIII, довольно быстро уменьшается. Различие лишь в том, что наибольшая кислотность наблюдалась в воде, проникшей сквозь кроны при первом дожде после длительного сухого периода, а в воде, стекавшей по стволам — лишь спустя неделю после первого, когда выпал очень сильный дождь, давший 37 *мм* воды. По-видимому, сдвиг максимума объясняется тем, что первый более или менее сильный дождь почти целиком смывает накопившиеся на кронах выделения, в то время как относительно полное вымывание их с трещиноватой поверхности коры практически бывает лишь при очень сильных дождях. Но и в этом случае наиболее кислые растворы поступают с первыми порциями дождевой воды.

Примером может служить опыт, проделанный во время длительного дождя 6.VIII, когда вода, стекавшая по стволам, собиралась в два приема — приблизительно в середине и в конце дождливого периода (табл. 26).

В среднем кислотность воды во второй период была примерно на 25% ниже, чем в первый, а в сосняке — почти наполовину. Вместе с тем она оставалась достаточно высокой, что свидетельствует о повышенном вымывании растворимых веществ при длительных дождях.

Средняя кислотность воды, стекающей по стволам, такова: в лиственничнике 130 лет — 0,41; 100 лет — 0,19; 50 лет — 0,21; в сосняке — 0,41 и березняке — 0,12 *мг·экв* на 100 *мл*. Эти величины хотя и во много раз больше приведенных для воды, проникающей сквозь кроны, но они также невелики. Однако важно то, что эта вода концентрируется на ограниченном пространстве вблизи ствола.

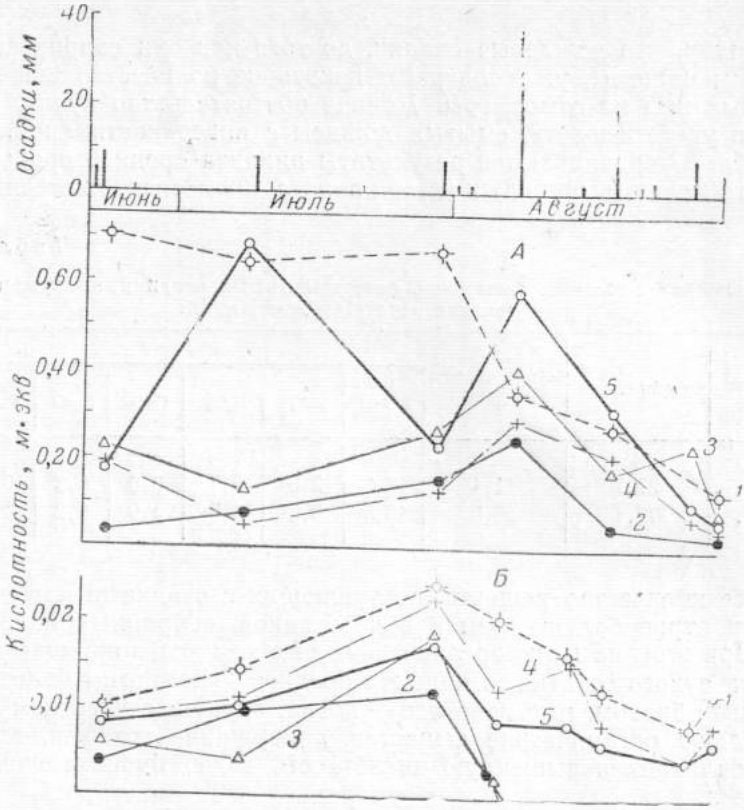

Рис. 28. Динамика кислотности дождевой воды, стекающей по стволам деревьев (*А*) и собранной под пологом леса (*Б*).
1 — сосняк 115 лет, *2* — березняк 30 лет, *3* — лиственничник 50 лет, *4* — то же, 100 лет, *5* — то же, 130 лет

Перейдем к оценке тех количеств минеральных и органических веществ, которые смываются с поверхности древесного полога и переносятся с осадками в почву.

Таблица 26

Кислотность воды, стекавшей по стволам 6.VIII, *мг·экв* на 100 *мл*

Период дождя	Лиственничник, лет			Сосняк
	50	100	130	
Первый	0,52	0,41	0,80	0,57
Второй	0,40	0,29	0,58	0,35

Подвергнуть детальному анализу воду после каждого дождя не представлялось возможным, поэтому пробы брались периодически в течение лета. Собранная вода выпаривалась, и остаток после высушивания сжигался.

В золе определялись основные элементы, количество которых выражалось в миллиграммах на 1 *л* воды. В некоторых случаях для получения средних величин осадки собирались и анализировались после нескольких дождей.

Очевидно, что дождевые осадки, до того как они соприкоснуться с древесным пологом, уже содержат некоторое количество веществ, поглощенных ими из атмосферы. Данное обстоятельство нужно иметь в виду при учете веществ, смытых дождем с поверхности крон.

В табл. 27 сравниваются результаты анализа средней пробы воды с открытого места (вырубка) и из-под полога 130-летнего лиственничника.

Таблица 27

Среднее количество зольных элементов, содержащихся в осадках, которые поступают в течение лета (140 *мм*), *кг/га*

Место сбора осадков	Сухой остаток	Потеря от прокаливания	Зола						
			Всего	SiO_2	R_2O_3	CaO	MgO	P_2O_5	MnO
Вырубка . .	27,7	14,4	13,3	2,0	2,7	3,6	0,2	0,2	0,1
Лес	77,1	58,6	18,5	0,3	1,5	5,0	0,2	0,4	0,2

Общее количество веществ, поступающих с осадками под полог леса, почти втрое больше, чем в воде осадков, собранных на открытом месте. При этом на долю органических веществ здесь приходится более 75% веса сухого остатка, в воде же осадков — немногим более половины. Таким образом, в обмене лес — почва, идущем с участием осадков, преобладают органические вещества, содержание которых, возможно, и обусловливает повышенную кислотность воды, проникающей сквозь полог леса.

Среди зольных элементов преобладает кальций и полуторные окислы, в которых до $^2/_3$ приходится на долю железа. Кремния больше в атмосферных водах, чем в тех, которые прошли сквозь полог леса, а фосфора и марганца больше в последних.

Результаты сравнения цифр, характеризующих поступление атмосферной пыли с осадками в почву Центральной Якутии, с теми, которые приводят Н. И. Пьявченко и З. А. Сибирева (1959) для Вологодской области, показывает, что там с дождями вносится в почву и восемь раз больше сухого вещества и примерно в семь раз больше зольных элементов. Это свидетельствует о значительно большей запыленности атмосферы в Вологодской области по сравнению с Центральной Якутией. Но при этом надо иметь в виду, что в Вологде выпадает осадков втрое больше, чем в Якутске, и атмосфера чаще «промывается» ими от пыли, которая в большем количестве поступает в почву.

С осадками под полог леса попадает много атмосферной пыли. Однако было бы неверным считать, что обогащение их растворимыми веществами происходит в основном за счет этого источника. Исследования, проведенные Аренсом (Arens, 1934, 1936), Лаусбергом (Lausberg, 1953) и другими, показывают, что листья растений во время дождя теряют зольные элементы. Содержание в последних кальция и калия заметно снижается после каждого дождя. Исследования Тамма (Tamm, 1951) в Норвегии показали, что состав дождевых вод на открытом месте и под пологом леса различен. Например, содержание кальция на открытом месте равнялось 0,4—0,5, под пологом же сосны — 4,0, дуба — 9,1 и березы 7,2 *мг/л*. На вымывание различных веществ из листьев обращал внимание Н. П. Ремезов (1959).

Поэтому не будет ошибкой считать, что в условиях относительно менее запыленной атмосферы осадки в основном смывают и переносят в почву вещества, выделяющиеся на поверхности растений.

Остановимся на результатах анализа осадков, собранных под пологом изучавшихся типов леса, после нескольких дождей. В течение мая 1961 г. и последующего периода (до 7 июля) выпало осадков: 4.V — 0,6; 6.V — 0,2; 21.V — 7,4; 30.V — 7,5; 31.V — 2,5; 2.VI — 10,3; 23.VI — 2,1; 27.V — 10,3; 29.VI — 5,1 и 7.VII — 3,8 *мм*.

Во всех случаях анализировалась только вода, собранная в лесу, без контроля на открытом месте (табл. 28).

Таблица 28

Содержание органических и зольных веществ в осадках, проникших под полог леса, *мг/л*

Участок леса	Дата	Сухой остаток	Потеря от прокаливания	Зола					
				Всего	SiO_2	CaO	MgO	P_2O_5	MnO
Лиственничник 130 лет	21.V	885	590	295	25	56	40	5,0	6
»	30.V	420	300	120	14	26	17	0,7	23
»	2.VI	260	190	70	11	12	8	0,6	13
»	7.VII	450	420	30	—*	47	4	3,2	0*
Всего		1955	1500	515	50	141	69	9,5	42
Лиственничник 100 лет	21.V	1070	360	710	31	53	36	3,4	5
»	30.V	630	220	410	44	16	8	0	11
»	2.VI	590	130	460	28	24	5	6,0	8
»	7.VII	790	680	110	—	47	22	2,0	0
Всего		3080	1390	1690	103	140	71	11,4	24
Лиственничник 50 лет	21.V	920	410	510	17	70	40	3,4	7
»	30.V	450	150	300	11	42	13	0,4	13
»	2.VI	300	60	240	4	33	11	5,2	16
»	7.VII	800	170	630	—	36	12	2,3	Следы
Всего		2470	790	1680	32	181	76	11,3	36
Сосняк 115 лет	21.V	1470	1174	296	40	112	60	4,8	11
»	30.V	650	540	110	6	48	21	0,2	15
»	2.VI	410	280	130	21	30	4	0,6	14
»	7.VII	770	690	80	—	70	8	1,4	—
Всего		3300	2684	616	67	260	93	7,0	—
Березняк 30 лет	21.V	740	520	220	17	56	30	2,8	4
»	30.V	350	190	160	28	21	11	0,3	8
»	2.VI	170	140	60	14	22	5	0,6	7
»	7.VII	560	430	130	—	36	16	3,5	0
Всего		1820	1280	570	59	135	62	7,2	19

* Тире означает, что данный анализ не производился, нуль — отсутствие того или иного элемента, выявленное анализом.

Сначала сравним суммы веществ, смытых за четыре анализируемых дождя. Больше всего сухого остатка дали воды, собранные в приспевающем лиственничнике, имеющем наибольшую массу крон. Далее идет средневозрастный лиственничник, кроны которого имеют относительно небольшой вес, но благодаря преобладанию тонких ветвей и хвои у них велика поверхность, смачиваемая дождем. Спелый лиственничник и березняк дают приблизительно одинаковое количество смытых веществ. Кроны в обоих древостоях равны по весу, а несколько меньшая удельная поверхность их в березняке, по-видимому, компенсируется его большей сомкнутостью. Самое высокое содержание сухого вещества обнаруживается в воде, собранной в сосняке. Это, очевидно, связано с тем, что выделения самого растения и пыль скапливались на поверхности ветвей и хвои задолго до первых дождей, в то время как у лиственницы хвоя, роль которой в этом процессе велика, начала распускаться только в конце мая.

Распределение зольных элементов, вымываемых осадками, приблизительно одинаково в спелом лиственничнике, сосняке и березняке. В приспевающем и средневозрастном лиственничниках относительное и абсолютное количество золы больше, чем в других древостоях. Возможно, что это связано со специфическими особенностями обмена, свойственными более молодому возрасту. Это обстоятельство, кстати, свидетельствует о том, что смывается дождями не только пыль (ибо содержание зольных элементов было бы более постоянным), но и вещества с поверхности различных частей деревьев.

Характерно высокое содержание в золе кальция — одного из представителей группы основных органогенов (К+Са+Р), содержание которых в опаде, по Л. Е. Родину (1960), является четким показателем выяснения биохимических взаимоотношений между различными растительными группировками. К сожалению, мы не имели возможности определить содержание в золе калия. Содержание фосфора обычно колеблется в пределах 1—2% от веса золы. Это намного ниже, чем в золе хвои лиственницы (около 20%).

Общее количество веществ, поступивших с осадками в почву спелого лиственничника, в 1961 г. было примерно таким же, как в 1959 г., если сопоставление сделать в сравнимых величинах, т. е. в *мг/л*. В 1959 г. сухого вещества было 550 *мг/л*, золы 132 *мг/л* и кальция в золе — 36 *мг/л*. Средние показатели в 1961 г. будут соответственно 490, 129 и 35 *мг/л*.

Дождь, выпавший 21.V, по существу был первым дождем в мае, который смыл с еще неохвоенных деревьев накопившиеся на них выделения и пыль. Поэтому во всех случаях наибольшее количество учтенных веществ приходилось на этот дождь.

Частая повторяемость дождей также ведет к снижению количества вымываемых веществ. Это можно проследить на примере дождей 30.V и 2.VI, т. е. в начале и конце одного дождливого периода, так как осадки еще выпадали 31.V и 1.VI. Почти во всех случаях отмечалось часто довольно резкое снижение содержания органических и зольных элементов в водах второго дождя. Исключение составил фосфор, количество которого в воде, собранной 2.VI в средневозрастном и приспевающем лиственничниках, резко возросло по сравнению с предшествующим дождем. В березняке и сосняке возрастание количества фосфора выражено менее отчетливо. Возможно, что это связано с особенностями выщелачивания фосфора с поверхности крон.

Содержание органических и зольных веществ в осадках, собранных 7.VII, т. е. после восьми дней сухой погоды, во всех случаях заметно возросло, но не достигло уровня, отмеченного 21.V.

Можно сделать вывод, что на поверхности хвои, листьев, ветвей и стволов деревьев происходит постепенное накопление растворимых веществ как в процессе жизнедеятельности самих растений и микроорганизмов, поселившихся на них, так и в процессе разрушения отмерших тканей. Во время дождя эти продукты в той или иной мере растворяются водой или переносятся ею в виде взвеси. По-видимому, чем длиннее бездождный период, тем больше накапливается таких веществ и тем выше содержание их в воде, проникающей под полог леса или стекающей по стволам деревьев в первый же дождь.

Как видно, общее количество веществ, поступающих в почву с осадками, невелико и за лето вряд ли превышает 100 *кг*, из которых на долю золы приходится 20—25%. Величины эти в круговороте вещества в пределах одного биогеоценоза не особенно ощутимы, хотя их не следует оставлять без внимания. Это видно из результатов сравнения количества зольных элементов, поступающих в почву 130-летнего лиственничника с дождями, с содержанием их в годичном опаде хвои того же древостоя (табл. 29).

Таблица 29

Содержание зольных элементов в опаде и веществах, поступающих за лето с осадками, *кг/га*

Источник поступления зольных элементов	CaO	MgO	R_2O_3	P_2O_5	MnO
Опад	33,1	19,2	34,0	10,3	1,7
Осадки	5,0	0,2	1,5	0,4	0,1

Значительную часть веществ, поступающих в почву с осадками, составляет атмосферная пыль. Хотя количество ее по сравнению с массой почвы ничтожно, нужно учитывать огромную продолжительность процесса поступления с осадками частиц пыли, которая может существенным образом отразиться на свойствах почв, занимаемых лесом.

Достаточно сослаться на явления «обращения» торфяников в лесостепной зоне, когда развитие сфагновых болот прерывается внедрением растительности, более требовательной к минеральной пище. Эти явления Н. И. Пьявченко (Пьявченко, 1958; Пьявченко, Сибирева, 1959) связывает с поступлением в торфяники атмосферной пыли.

Таким образом, осадки являются не только источником влаги для леса, но и способствуют отложению в лесных почвах атмосферной пыли и участвуют в качестве активного агента в круговороте вещества внутри лесного биогеоценоза.

Коротко остановимся на характеристике химизма вод, стекающих по стволам деревьев. Анализу подвергались воды, стекающие по стволам деревьев 23.VI и 7.VII 1961 г. на тех же пробных площадях (табл. 30).

В отличие от осадков, проникающих сквозь полог леса, вода, стекающая по стволам деревьев, в основном насыщена органическими веществами, а на долю золы приходится в среднем около 10% общего количества растворенных веществ. Органические вещества не анализировались, но качественные пробы на содержание дубильных веществ дали отрицательный результат.

В составе зольных элементов преобладают кальций и магний. Фосфора и марганца здесь меньше, чем в воде, собранной под пологом леса. В водах, стекающих по стволам, очень мало кремния. Возможно, что кремний в основном поступает с атмосферной пылью и в меньшем количестве выделяется на поверхности коры стволов и ветвей деревьев.

Таблица 30

Содержание органических и зольных веществ в воде, стекающей по стволам деревьев, *мг/л*

Участок леса	Дата	Сухой остаток	Потеря от прокаливания	Зола					
				Всего	SiO	CaO	MgO	P_2O_5	MnO
Лиственничник									
130 лет	23.VI	3372	2980	392	4	67	32	2,3	7
130 »	7.VII	311	257	54	—	12	2	2,9	0
100 »	23.VI	2024	1812	212	5	34	24	1,4	6
100 »	7.VII	224	149	75	—	17	1	1,2	0
50 »	23.VI	862	651	211	6	42	34	2,5	6
50 »	7.VII	513	440	73	—	24	3	3,5	0
Сосняк									
115 лет	23.VI	1640	1476	128	18	38	23	0,5	4
115 »	7.VII	277	226	51	—	21	2	2,1	0
Березняк									
30 лет	23.VI	251	217	34	2	8	8	0,5	1
30 »	7.VII	318	264	54	—	19	6	1,0	0

А. А. Молчанов (1960) изучал химизм вод, стекающих по стволам в ясенево-дубовых насаждениях. По его данным, содержание в воде CaO[1] в 27-летнем насаждении было 14 *мг/л* и в 56-летнем — 19 *мг/л*. Для MgO эти цифры будут соответственно 15 и 13 *мг/л*. Эти величины довольно близки к тем, которые получены для лиственницы, сосны и березы в Якутии.

Во всех типах леса, кроме березняка, наблюдается большая разница в содержании растворимых веществ в воде, собранной 23.VI и 7.VII. Очевидно, это следствие того, что в первом случае дождем были смыты вещества, накопившиеся за 21 бездождный день, во втором — всего за 8 дней. Подтверждается ранее высказанное мнение (Поздняков, 1956) о том, что концентрация веществ, растворенных в воде, стекающей по стволам, возрастает с увеличением продолжительности бездорожного периода.

Процесс смыва с поверхности деревьев различных веществ можно проследить на примере дождя 6.VIII, когда, как указывалось (табл. 26), вода собиралась в два приема. Результаты анализа воды отдельно для каждого периода сбора приведены в табл. 31.

Содержание в воде органических и зольных веществ в начале дождя, как правило, было выше, чем в конце. Однако в изменении концентрации некоторых элементов часто наблюдалось обратное явление. Оно может быть объяснено тем, что первые порции дождя смывают те вещества, которые накопились на поверхности коры, а выщелачивание ряда элементов из живых и мертвых тканей, особенно в углублениях и трещинах дерева, идет медленнее и возрастает с увеличением поступления воды. При этом можно заметить, что в первый период вымывание органических веществ идет интенсивнее, чем зольных, вынос которых достаточно высок и во второй период.

Представление о содержании органических и зольных веществ в воде, стекающей по стволам деревьев в различных типах леса, дает табл. 32.

[1] В работе А. А. Молчанова приведено содержание ионов кальция и магния, которые для сравнения пересчитаны нами на окислы.

Таблица 31

Количество органических и зольных веществ, содержащихся в воде, стекавшей по стволам по периодам дождя, *мг/л*

Участок леса	Периоды сбора осадков	Сухое вещество	Потеря при прокаливании	Зола			
				Всего	CaO	MgO	R_2O_3
Лиственничник							
130 лет	1	1430	1286	144	34	25	51
130 »	2	931	822	109	22	20	42
100 »	1	679	601	78	19	13	25
100 »	2	494	435	59	26	11	34
50 »	1	726	633	93	24	18	16
50 »	2	749	672	77	36	20	28
Сосняк							
115 лет	1	1220	1154	66	37	11	30
115 »	2	582	531	51	—	12	29
Березняк							
30 лет	1	136	121	15	7	7	9
30 »	2	122	93	23	13	7	13

Наибольшее содержание сухого вещества наблюдается в воде, собранной в спелом лиственничнике и в сосняке, а самое малое — в березняке. Количество золы колеблется от 9 до 15%, т. е. близко к тому, которое отмечалось во время наблюдений 1961 г.

Таблица 32

Среднее количество органических и зольных веществ, содержащихся в воде, стекающей по стволам, *мг/л*

(данные определений 1955—1956 гг.)

Смытые вещества	Лиственничник, лет			Сосняк	Березняк
	130	100	50		
Сухое вещество	1040	492	668	997	214
Потеря от прокаливания	933	419	583	908	181
Зола	107	73	85	89	33

Сопоставив эти цифры с данными табл. 8 о среднем количестве осадков, стекающих по стволам, можно установить, что роль органических и зольных веществ, смываемых дождями со стволов, в круговороте вещества ничтожна, и ее, в отличие от воды, проникающей через кроны, практически можно не принимать во внимание. Однако необходимо иметь в виду, что вода, стекающая по стволам, из года в год концентрируется в одних и тех же местах у оснований деревьев. Происходящее при этом изменение почвенной среды, вероятно, надо учитывать при изучении корневых выделений в природной обстановке, а также при исследовании жизнедеятельности микроорганизмов, чувствительных к изменению реакции среды (например, нитрифицирующих).

Наши опыты с проращиванием семян лиственницы, увлажняемых водой, которую собирали со стволов лиственницы, показали, что в этом случае всхожесть и энергия прорастания семян повышаются по сравнению с контролем.

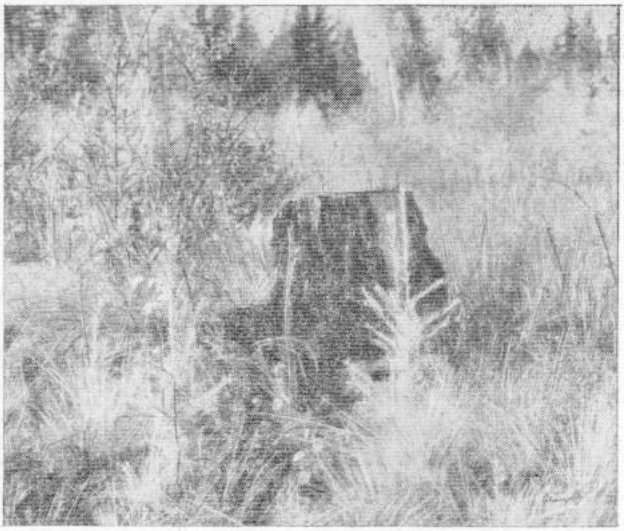

Рис. 29. Подрост лиственницы между корневыми лапами дерева

Обратим внимание на то, что под пологом леса подрост лиственницы часто располагается между корневыми лапами старых деревьев (рис. 29). Вполне вероятно, что наряду с другими факторами, благоприятствующими появлению и развитию подроста в таких местах, сказывается и положительное влияние растворов, стекающих по стволам.

Очевидно, что эти вопросы нуждаются в дальнейшем изучении, которое потребует применения биохимических методов исследования. В частности, представляет практический интерес изучение стимулирующего воздействия воды, стекающей по стволам лиственниц, на прорастание семян этой породы.

В заключение можно отметить, что осадки, проникающие под полог леса, довольно энергично участвуют в круговороте вещества внутри данного участка леса, а также способствуют проникновению в почву атмосферной пыли.

В изученных типах леса преобладает слабокислая реакция воды, проникающей сквозь кроны древостоя. Вода, стекающая по стволам деревьев и концентрирующаяся у их оснований, имеет более кислую реакцию, особенно в сосняке.

За летний период с дождями попадает в почву до 100 *кг* сухого вещества, из которого на долю золы приходится до 20—25%. Бо́льшую часть этих веществ, особенно органических, составляют те, которые смываются дождями с поверхности стволов, ветвей и листьев и меньшую — атмосферная пыль.

При изучении круговорота вещества в лесу необходимо учитывать, что поступление с дождевыми водами многих зольных элементов под полог спелого лиственничника сопоставимо с содержанием последних в годичном опаде хвои.

В водах, стекающих по стволам деревьев, концентрация органических и зольных веществ выше, чем в водах, проникающих сквозь кроны, но абсолютное количество их невелико. Однако благодаря концентрации стока у оснований деревьев могут создаваться условия, отличающиеся специфическим биохимическим режимом.

ВЛАЖНОСТЬ ПОЧВЫ В ЛЕСУ

Почти всю необходимую влагу растения получают из почвы.

Для конкретного участка земной поверхности, занятого, например, лесной растительностью, водный режим почвы, под которым А. А. Роде (1960) понимает совокупность явлений поступления влаги в почву и ее расхода из последней, схематически может быть представлен следующим образом.

Влага, поступающая в почву из атмосферы, участвует в непрерывном круговороте воды между атмосферой и земной корой (мы не касаемся влагообмена в масштабе океан — суша). Часть ее расходуется на транспирацию и физическое испарение и возвращается, таким образом, в атмосферу. Часть идет на пополнение грунтовых вод, которые в конечном счете в той или иной степени также служат источником пополнения влаги в атмосфере, и стекает по поверхности почвы. Наконец, часть влаги временно исключается из оборота, образуя непрерывно изменяющийся запас воды в почве, который может быть определен для каждого данного промежутка времени. Этот запас воды обычно и учитывается при изучении влажности почвы, а об изменении общего и послойного содержания влаги в почве, т. е. о режиме влажности в понимании А. А. Роде (1960), можно судить по повторным определениям запасов воды через известные промежутки времени. Исследования, проводившиеся в Центральной Якутии, касаются главным образом режима влажности почв, являющегося частью общего вопроса — водного режима почв.

Особенностью водного режима почв Центральной Якутии является наличие многолетней мерзлоты, ограничивающей круговорот влаги только деятельным слоем почвы, мощность которого от весны до осени постепенно возрастает, достигая максимума в конце сентября — начале октября. Далее идет замерзание талого слоя одновременно сверху и снизу от мерзлоты, завершающееся полным промерзанием почвы до следующего лета. Грунтовые воды отсутствуют, и только в легких по механическому составу грунтах местами скапливаются надмерзлотные почвенные воды. В тяжелых грунтах горизонтальное внутрипочвенное передвижение влаги крайне затруднено, а в иных случаях оно исключено совсем. Можно считать, что в суглинистых грунтах вертикальное движение влаги по почвенному профилю будет количественно резко преобладать над горизонтальным. По-видимому, это соотношение будет справедливым и для супесчаных почв, исключая, быть может, лишь пески. Замедленное горизонтальное передвижение влаги на равнинных участках обусловливается не столько фильтрационными свойствами грунтов, сколько тем, что в течение года почвенная влага в жидкой фазе существует ограниченное время, а также незначительным количеством осадков и неравномерным оттаиванием мерзлого водоупорного слоя, неровный рельеф которого препятствует внутрипочвенному стоку. Постоянное наличие холодного экрана в

нижней, а с начала осеннего промерзания и в верхней части почвенной толщи создает специфические условия термического передвижения влаги по профилю, которые также способствуют вертикальному влагообмену.

Поэтому можно считать, что водный режим того или иного участка поверхности в равнинных лесах Центральной Якутии будет определяться поступлением влаги из атмосферы и расходом ее на транспирацию и физическое испарение.

Водный режим почв Центральной Якутии, как и республики в целом, изучен очень слабо. Еще меньшее внимание уделялось водному режиму лесных почв — потенциальному фонду сельскохозяйственных земель. Очевидно, что рациональное размещение сельскохозяйственных угодий среди лесов может быть достигнуто только в том случае, если будет учтено и положительное и отрицательное влияние леса на водный режим почв.

Среди немногочисленных работ по изучению водного режима почв Центральной Якутии следует отметить детальные исследования, проводившиеся на Якутской селекционной станции (с. Покровск) под руководством В. Г. Зольникова (1954б) в 1938—1939 и 1949—1951 гг., и эпизодические исследования Д. И. Шашко (1961) на той же селекционной станции и в Мегино-Кангаласском районе на правобережье Лены. В этих работах, посвященных в основном вопросам сельского хозяйства, имеются материалы и о режиме влажности почвы под лесом, которые представляют интерес для сравнения с нашими данными.

Кроме более или менее систематических наблюдений за режимом влажности почв, нами проводились эпизодические опыты по изучению испарения с поверхности почвы, явлений внутрипочвенного стока, конденсации водяных паров на поверхности, условий передвижения паров внутри почвы, изучалось строение корневых систем деревьев, количественное распределение их по горизонтам почвы и ряд других работ, результаты которых помогают выяснению тех или иных особенностей водного режима лесных почв.

О РЕЖИМЕ ВЛАЖНОСТИ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

Изучение режима влажности почвы проводилось, как правило, на постоянных пробных площадях, где периодически, начиная с 1955 г., при помощи бурения брались образцы для определения влажности. Как и все работы в стационаре, влажность почвы определялась только летом и осенью, причем часто определение начиналось поздно — в июне и даже в июле, а заканчивалось обычно в сентябре. Периодичность определения влажности в зависимости от реальных возможностей каждого года колебалась от двух до одного раза в месяц. Мы не располагали инструментом, пригодным для бурения мерзлого грунта, поэтому все определения влажности проводились только в деятельном слое почвы.

Образцы для определения влажности брались в двукратной повторности из подстилки, из слоев 0—10, 10—20, 20—40, 40—60 *см* и далее из всей глубины деятельного слоя через 20 *см*. Последний образец брался обычно из не оттаявшего и прилегающего к нему талого слоя, если он не совпадал с глубиной, кратной 20 *см*. Влажность определялась в процентах на навеску, высушенную до постоянного веса, и перечислялась на объемные проценты.

Для почв, влажность которых изучалась, определялись максимальная гигроскопичность, объемный вес и удельный вес твердой фазы. На основании последних показателей вычислялась порозность почв. При этом выяснилось, что для супесчано-суглинистых почв вполне возмож-

но принять одно, близкое к среднему, значение удельного веса — 2,70. Эту величину рекомендует применять во всех случаях к такого рода грунтам И. Н. Вотяков (1961), изучавший физико-механические свойства мерзлых грунтов в Центральной Якутии. К сожалению, не представилось возможным определить наименьшую влагоемкость, о которой приходится судить лишь по косвенным признакам.

Для оценки режима влажности почв необходимо иметь представление о той доле общих запасов влаги, которая недоступна для растений. Об этой величине обычно судят по так называемой влажности устойчивого завядания или по максимальной гигроскопичности почвы.

Влажность устойчивого завядания, определяемая для проростков или для полностью развившихся однолетних сельскохозяйственных растений, как в методике, рекомендуемой Д. В. Федоровским (1954), вряд ли будет характеризовать то же состояние у древесных растений. Даже если для определения влажности завядания вместо однолетних взять всходы древесных растений, то и в этом случае нет оснований считать, что полученные величины могут быть применены к взрослым деревьям той же породы. На основе обстоятельного критического анализа различных методов определения наименьшей влажности почв, необходимой для произрастания деревьев, С. В. Зонн (1959) приходит к выводу, что иссушение почв до влажности завядания сказывается на снижении прироста. Однако гибель взрослых деревьев может наступить лишь при повторяющемся в течение нескольких лет иссушении почвы до влажности завядания.

Так же условно и определение влаги, не доступной растениям, по величине максимальной гигроскопичности почвы с введением различных коэффициентов. Как справедливо отмечает С. В. Зонн, недоступность влаги для растений — явление почвенно-физиологическое, и оно не может быть охарактеризовано только физическими свойствами почвы. Однако практикой установлены некоторые придержки, позволяющие по величине максимальной гигроскопичности судить о запасах влаги, не доступной растениям. Например, в учреждениях гидрометеорологической службы для вычисления влаги, не доступной растениям, по величине максимальной гигроскопичности применяется коэффициент 1,34. Многие исследователи пользуются коэффициентом 1,5, но, как показали обобщения С. В. Зонна, для лесных почв эта величина оказывается завышенной.

Учитывая предварительный характер наших наблюдений, мы сочли возможным для вычисления запасов недоступной влаги воспользоваться величиной максимальной гигроскопичности с применением среднего коэффициента 1,34. Для влажности, отвечающей этой величине, удобнее сохранить наименование «не доступная растениям влага», поскольку термин «влажность устойчивого завядания» более подходит для обозначения отношения к минимальным запасам влаги в почве растения определенного вида на известной стадии его развития. Разумеется, понятие «недоступная влага» тоже условно, однако оно не подчеркивает характера явления, количественной характеристики которого для древесных растений пока еще нет.

Полная влагоемкость, или водовместимость, почвы, выраженная в объемных процентах, численно принята равной порозности почвы, вычисленной по объемному и удельному весу ее твердой фазы.

Все величины влажности почвы, приводимые в дальнейшем и особо не оговоренные, выражены в объемных процентах.

Прежде чем перейти к характеристике режима влажности почв, необходимо подчеркнуть одно обстоятельство, важное для оценки приводимых далее количественных характеристик. Как уже отмечалось,

почвообразующие породы в районе исследований представлены древнеаллювиальными маломощными легкими суглинками и пылеватыми супесями, часто имеющими слоистое сложение. Почти во всех почвенных разрезах, сделанных в различных типах леса, в почвенном профиле наблюдались горизонтально залегающие прослойки иногда незначительной мощности, отличающиеся по механическому составу от общего фона профиля. Обычно эти прослойки средне- и даже тяжелосуглинистые, но иногда встречаются песчанистые, а песчаные почвы нередко переслаиваются мелкой галькой. Прослойки имеют вид плоских линз различного, чаще небольшого размера и в залегании их не обнаруживается какой-либо закономерности. Они сильно осложняют изучение режима влажности почв, вызывая резкие изменения влагосодержания.

Тяжелые по механическому составу прослойки замедляют оттаивание почвы. Этим объясняется часто отмечаемое явление, когда глубина деятельного слоя уменьшается по сравнению с предыдущим сроком наблюдения. Такая пестрота почвенного профиля влечет за собой и пестроту вертикального распределения влаги внутри почвенной толщи, что отражается и на точности подсчета запасов влаги в почве. Песчаные почвы, с которыми связаны сосновые леса, как правило, более однородны по своему строению, чем пылевато-супесчаные, занятые преимущественно лиственничными лесами.

Остановимся на общей характеристике режима влажности изучавшихся почв, о котором легче судить по приводимым ниже графикам. Графики представляют профили влажности в объемных процентах на основных участках, где проводились многолетние наблюдения. В целях лучшей сравнимости профили располагаются в виде вертикальных колонок, относящихся к одному году и построенных по одной схеме.

На одном профиле трудно изобразить с достаточной четкостью все кривые влажности того или иного года. Поэтому для каждого года было выбрано три наиболее характерных срока определения влажности, одинаковых для всех пробных площадей в пределах данного года, но не совпадающих в разные годы. Даты этих сроков обозначены в нижней части каждой колонки. Первый срок условно относится к середине вегетационного периода и в дальнейшем называется «лето». В большинстве случаев он относится к середине июля. Второй срок носит название «конец лета» и объединяет наблюдения, проводившиеся в конце августа — начале сентября, т. е. в конце вегетационного периода. Наконец, третий срок — «осень» — относится к концу сентября — половине октября, когда вегетация закончилась и начинает устанавливаться зимний режим.

Таким образом, представляется возможным сделать сравнительную оценку режима влажности почвы за 7 лет на вырубке, в лиственничниках, сосняках и березняке. Кроме того, приводятся данные о режиме влажности почвы на тех участках, где наблюдения проводились в течение 3—5 лет. Профили влажности в этих случаях построены по описанному принципу.

Обратимся к рис. 30. Беглое сравнение графиков показывает, что в большинстве случаев средние горизонты почвы оказываются более сухими, чем верхние, и тем более нижние, граничащие с мерзлотой. Такой характер распределения влаги по профилю вообще свойствен лесным почвам. Для подзолистых почв некоторое иссушение в средней части профиля отмечает И. С. Васильев (1950), под лиственничными насаждениями в Московской области — В. П. Тимофеев (1947), в чернично-брусничном сосняке — А. А. Молчанов (1952). Уменьшение влажности средних горизонтов в конце вегетационного периода отчетливо выражено под лесными насаждениями степи и полупустыни (Зонн,

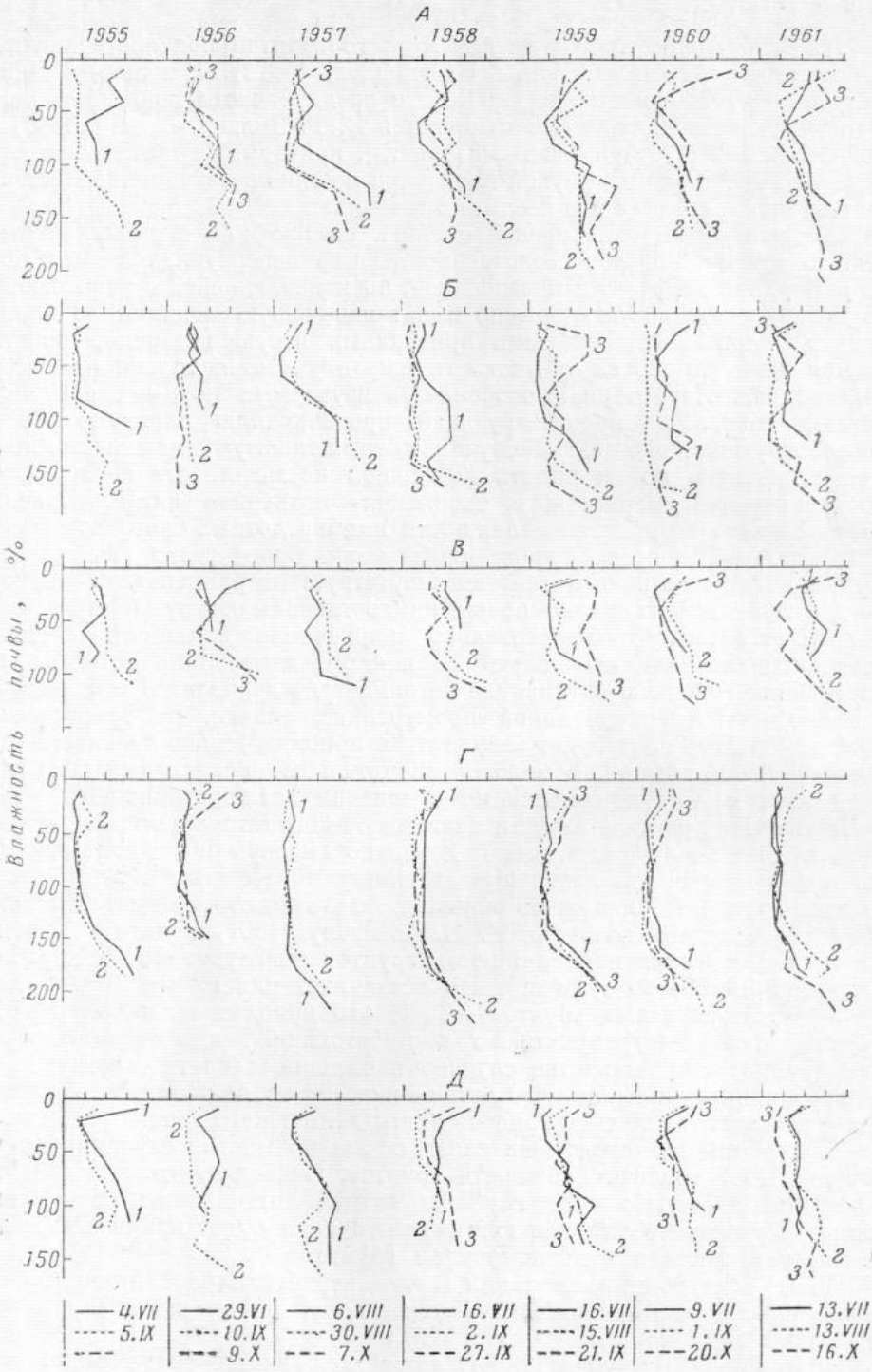

Рис. 30. Динамика влажности почвы в объемных процентах летом (сплошная линия), в конце лета (пунктир) и осенью (прерывистая линия).

Деления по горизонталям соответствуют 10% влажности почвы. *А* — вырубка 1953 года, *Б* — лиственничник 130 лет, *В* — то же, 50 лет, *Г* — сосняк 115 лет, *Д* — березняк 30 лет

1959). Весьма заметно иссушение этих горизонтов под лиственничными лесами в бассейне р. Яны (Поздняков, 1961а). Наконец, в Центральной Якутии понижение влажности средней части почвенного профиля под лиственничниками отмечается В. Г. Зольниковым (1954б) и Д. И. Шашко (1961), причем материалы, приводимые последним, свидетельствуют о наличии сухой прослойки в конце вегетационного периода не только в почвах под лесом, но и на пашне.

Следовательно, распределение влаги по профилю в общих чертах близко к тому, которое свойственно лесным непереувлажненным почвам. Верхний горизонт с повышенной, но колеблющейся в зависимости от осадков влажностью обычно имеет небольшую мощность. Нижняя граница слоя с выраженными признаками иссушения редко простирается ниже 60—80 *см* и много глубже опускается только на песчаных почвах. Характерная особенность изучаемых почв — близкое залегание мерзлоты, препятствующей просачиванию влаги вглубь и способствующей во многих случаях повышенному увлажнению нижних горизонтов почвы вплоть до полной насыщенности последних и образования надмерзлотного скопления почвенной влаги. Явление значительного возрастания влажности надмерзлотных слоев прослеживается почти во всех случаях, причем оно более резко выражено в конце лета и осенью и обычно отсутствует в раннелетний период, когда глубина оттаивания почвы не достигла максимума. Последнее объясняется тем, что относительно пониженная влажность средних горизонтов сохраняется вплоть до полного замерзания почвы и на следующий год, пока оттаивание не дойдет до горизонтов с большими запасами законсервированной промерзанием влаги, на границе талого и мерзлого слоя будет сохраняться приблизительно та влажность, которая была поздней осенью. Незначительные осадки первой половины лета мало сказываются на изменении влажности почвы.

Многолетнемерзлые грунты, начиная от контакта с деятельным слоем и глубже по профилю, имеют довольно высокую и относительно устойчивую влажность, зависящую главным образом от механического состава грунта. Анализ очень большого фактического материала (около 9000 определений) позволил И. Н. Вотякову (1961) прийти к выводу, что наиболее вероятная влажность грунтов на глубине от 2 до 10 *м* (вероятность 80—90%) в среднем составляет для песков 25% и для суглинисто-супесчаных грунтов — 35%, что приблизительно соответствует их полной влагоемкости в талом состоянии. Таким образом, мерзлые грунты, в большинстве случаев насыщенные влагой, при резком возрастании глубины летнего оттаивания почвы являются источником значительного увеличения запасов влаги деятельного слоя.

Влажность надмерзлотных слоев почвы во многих случаях близка к упомянутой средней влажности грунтов. Очевидно, что чем меньше колебания из года в год глубины летнего оттаивания почвы, тем меньшее участие в балансе влаги талого слоя будет принимать вода, законсервированная в вечномерзлом грунте.

После этих общих замечаний можно перейти к рассмотрению особенностей режима влажности лесных почв, начав его с почвы на сплошной вырубке.

На сплошной вырубке 1953 г. летом сохраняется сравнительно высокая влажность почвы по всему профилю. Величина ее в среднем составляет около 20% и зависит от выпадения осадков. Наиболее иссушенным в большинстве случаев оказывается слой 40—80 *см*, причем минимальная влажность, в среднем достигающая 12%, наблюдается на глубине около 60 *см*. Ниже 80 *см* содержание воды в почве неуклонно возрастает, и уже на глубине 100 *см* оно достигает 24%, т. е. колеблется в пределах 60% полной влагоемкости. В конце лета и осенью

наиболее иссушенный слой с влажностью в среднем 11—15% спускается ниже и захватывает глубины 60—100 *см*. Хорошо выраженное возрастание влажности начинается примерно с глубины 100 *см*, и осенью в надмерзлотном слое оно достигает 25—35%, т. е. близко к полной влагоемкости. Влажность верхних слоев почвы (20—40 *см*) в конце лета и осенью неустойчива и может быть и выше и ниже, чем летом.

В общем распределение влаги по профилю почвы задернелой вырубки характеризуется колеблющейся в течение вегетационного периода и от года к году, но довольно высокой влажностью верхних горизонтов почвы; наличием в средней части профиля слоя с пониженной

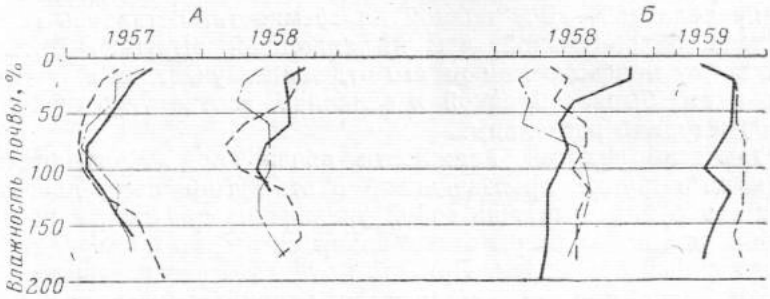

Рис. 31. Динамика влажности почвы на вырубке 1948 г. (*А*) и на поляне (*Б*).
Обозначения те же, что на рис. 30

влажностью, который к осени несколько смещается вниз; все возрастающим содержанием воды в нижней половине талого слоя, достигающим максимума, близкого к полной влагоемкости, в надмерзлотном горизонте.

Отмеченный характер режима влажности почвы на вырубке 1953 г. в общих чертах прослеживается и на более ранней вырубке 1948 г., шириной 100 *м*, расположенной параллельно первой и отделенной от нее кулисой леса шириной около 100 *м* (рис. 31). Количественные показатели влажности и изменение их по профилю на обеих вырубках в одни и те же годы очень близки. Некоторым отличием вырубки 1948 г., сильно задернелой, поросшей кустарниками и порослью березы, является заметное смещение вниз, до глубины 80—100 *см*, относительно сухого слоя. Влажность надмерзлотного слоя также близка к полной влагоемкости.

Двухлетние наблюдения на злаково-разнотравном лугу (аласе) показали, что под луговой растительностью в течение всего летне-осеннего периода сохраняется довольно высокая влажность, сравнительно мало изменяющаяся по профилю, кроме самых верхних слоев почвы. Практически величина ее в большинстве случаев превышает 20—25%, что составляет 50—60% полной влагоемкости, а осенью почти по всему профилю близка к последней.

Таким образом, повышенная влажность почвы на вырубке 1953 г., по-видимому, типична для задернелых вырубок района исследования. Наиболее высокой влажностью, судя по наблюдениям за два года, характеризуется почва злаково-разнотравного луга.

Влажность почвы под лиственничником 130 лет, в пределах которого в основном проведена сплошная рубка в 1953 г., в целом заметно меньше, чем на упомянутой вырубке. Почти в течение всего летне-осеннего периода сохраняется относительно небольшая влажность в слое 10—20 *см*, на величине которой в большинстве случаев слабо

отражается влияние осадков. Летом наиболее сухим оказывается слой 40—60 *см*, средняя влажность которого колеблется от 5 до 10%, т. е. в отдельные годы приближается к влажности, условно считающейся недоступной.

Нижние слои почвы, оттаявшей ко времени летних наблюдений, имеют повышенную влажность, которая на глубине 100 *см* составляет в среднем около 18% и зависит главным образом от мощности талого слоя. В конце лета зона относительного иссушения увеличивается и в слое 40—100 *см* средняя влажность обычно 8—12%. Нередко такое понижение влажности прослеживается до 120—140 *см*, но в отдельные годы например, в 1957, наоборот, мощность более сухой прослойки уменьшается. Влажность надмерзлотных горизонтов в конце лета и осенью возрастает и обычно бывает несколько более 20%, т. е. находится в пределах 60—70% полной влагоемкости, оставаясь почти во всех случаях более низкой, чем на сплошной вырубке. Влажность почвы по всему профилю или на его отдельных участках в конце лета и осенью часто бывает близкой к величине, соответствующей запасу влаги, не доступной растениям.

Сопоставление режима влажности почвы под лиственничником 130 лет и на вырубке, произведенной в этом типе леса, показывает, что сплошная рубка влечет за собой увеличение влажности не только в верхних и нижних надмерзлотных слоях почвы, но и в средних, наиболее иссушенных под лесом. При этом относительно иссушенные слои на вырубке имеют меньшую мощность и располагаются ниже по профилю, чем под лесом.

Отличается от описанного режим влажности почвы под 50-летним сомкнутым лиственничником. В верхних горизонтах почвы летом сохраняется устойчивая и довольно высокая влажность, в среднем приближающаяся к 25%. Особенно высокой она бывает после весеннего снеготаяния, сильно замедленного под пологом сомкнутого древостоя. Наличие довольно мощного и рыхлого мертвого покрова способствует впитыванию талых вод и уменьшению испарения.

На глубине 20—40 *см* обнаруживается тенденция к понижению влажности почвы до 16—18%, которое глубже сменяется ее возрастанием примерно до величин, характеризующих влажность верхнего слоя почвы. Надмерзлотные слои летом обычно бывают сильно увлажнены. В конце лета распределение влаги в пределах слоя 10—80 *см* более или менее однородно и колеблется около 15—20%, т. е. составляет около 40—50% полной влагоемкости. Тенденция к образованию сухой прослойки прослеживается лишь на глубине около 20 *см*. Влажность надмерзлотных слоев почти во всех случаях близка к полной влагоемкости.

Осенью сохраняется довольно высокая и сравнительно мало колеблющаяся влажность почвы примерно до глубины 80 *см*, далее которой она резко возрастает вплоть до величины полной влагоемкости. Несколько иной характер имеет распределение влажности по профилю во второй декаде октября 1960 и 1961 гг., т. е. уже в зимних условиях. К этому времени почва промерзла сверху на глубину 50 *см* в 1960 г. и на 10 *см* — в 1961 г. В обоих случаях отчетливо выступает резкое увеличение влажности, приближающееся к величине полной влагоемкости в слое 10—20 *см*, и заметное по сравнению с определением в конце лета иссушение средних горизонтов почвы при сохранении значительных запасов влаги в надмерзлотных горизонтах. Небольшие дожди, выпавшие в первой половине сентября, не могли вызвать существенного увеличения влажности почвы, поверхности которой достигло не более 6—8 *мм* жидких осадков. Можно предположить, что упомянутое понижение влажности в средних горизонтах и возрастание в поверхност-

ных — следствие термического перемещения жидкой и парообразной влаги к промерзшим сверху слоям почвы и к мерзлоте, ограничивающей деятельный слой снизу. Термическое перемещение влаги к надмерзлотным слоям отмечается и летом и осенью, и оно, вероятно, является одной из причин повышенной их влажности. Миграция же влаги к поверхности почвы возможна лишь после промерзания ее верхних горизонтов. Однако интенсивность этого процесса, по-видимому, сильно меняется в зависимости от общего режима влажности почвы.

В целом влажность почвы под 50-летним лиственничником во все сроки наблюдения значительно выше, чем в 130-летнем, а мощность деятельного слоя гораздо меньше. Одним из источников пополнения запасов влаги может служить поступление ее из мерзлых, насыщенных водой слоев, в связи с тем, что в лиственничнике 50 лет, в отличие от

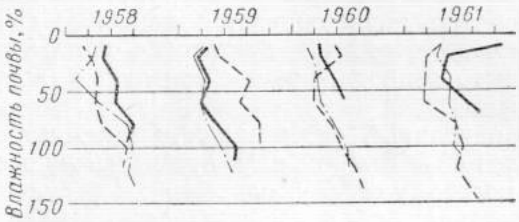

Рис. 32. Динамика влажности почвы в лиственничнике с ольховником.

Обозначения те же, что на рис. 30

других участков, из года в год наблюдается увеличение глубины летнего оттаивания почвы. За период с 1956 по 1961 г. глубина оттаивания в октябре постепенно возросла с 105 до 135 *см*. Вследствие этого запасы влаги в почве могут увеличиться в результате вовлечения в оборот воды, законсервированной в мерзлом грунте, на 90—100 *мм*. Это весьма существенно, если учесть, что поступает она не на поверхность, а в самые нижние слои почвы. Заметим еще, что описываемый лиственничник расположен в едва заметном плоском понижении, сливающемся приблизительно в 200 *м* от него с кочковатой бесточной слабо выраженной впадиной — аласом.

Довольно высокая влажность почвы сохраняется в лиственничнике 110 лет с подлеском из ольховника (рис. 32). Он расположен вдоль подошвы невысокой, слабовыпуклой песчаной гривы, занятой сосняком (на вершине гривы находится пробная площадь III), и, по-видимому, получает влагу, стекающую по мерзлому водоупору из сосняка. Для этой почвы характерно более или менее равномерное повышение влажности книзу, лишь в отдельных случаях нарушаемое некоторым снижением ее на глубине 20—40 *см*. Выявляется тенденция к понижению запасов влаги в почвенной толще к осени, хотя в отдельные годы, наоборот, максимальное увлажнение наблюдается в конце вегетационного периода.

Представляет интерес сравнение распределения влаги по почвенному профилю в этом лиственничнике и в уже описанном 50-летнем (см. рис. 30). Кривые влажности, относящиеся к одному сроку наблюдений в пределах каждого года, в обоих случаях очень близки между собой по всему профилю, за исключением верхнего горизонта, простирающегося приблизительно до 20 *см*. Например, в 1959 г. осенью влажность почвы была наибольшей, а в 1960 и 1961 гг., наоборот, наименьшей, причем абсолютные величины ее в обоих случаях мало отличались друг от друга. Влажность же верхнего горизонта в 50-летнем лиственнич-

нике резко возрастает по сравнению с расположенными ниже горизонтами, в лиственничнике же с ольховником она в большинстве случаев оказывается самой низкой в пределах профиля. По-видимому, это обстоятельство можно объяснить тем, что в первом случае почва покрыта рыхлой, довольно мощной подстилкой, предохраняющей ее от излишнего испарения, в то время как расход влаги редким живым покровом (запас подстилки 30 *т/га*, живого покрова — 80 *кг/га*) крайне незначителен. В лиственничнике с ольховником, кроме подлеска, участвующего в расходе влаги, сильно развит живой покров при сравнительно небольшой мощности подстилки (запас подстилки 10,5 *т/га*, живого покрова — 1,9 *т/га*), что может повлечь за собой увеличение расхода влаги из самых верхних слоев почвы по сравнению с 50-летним лиственничником.

Общий же довольно высокий запас влаги в лиственничнике с ольховником, вероятно, поддерживается притоком ее извне. В целом этот тип леса можно отнести к достаточно увлажненному в течение всего вегетационного периода, причем признаков застоя влаги в почве не обнаруживается.

Заметим, что описанный лиственничник занимает сравнительно неширокую (не более 40—60 *м*) полосу, примыкающую к песчаной гриве. Далее, по очень пологому склону, ольховник и багульник исчезают, что может свидетельствовать об изменении условий увлажнения. По всей вероятности, влага, поступающая с песчаной гривы, целиком перехватывается и расходуется ольховниково-бруснично-багульниковым лиственничником.

Березняк 30 лет, окаймляющий юго-западную окраину аласа, растет на дерново-луговой, оглеенной супесчаной почве с сильногумусированным верхним горизонтом. Характер распределения влаги по профилю этой почвы имеет черты некоторого постоянства, сохраняющегося в известной степени в течение вегетационного периода и в различные годы. Верхний 10-сантиметровый слой почвы, как правило, имеет относительно высокую влажность, средняя величина которой колеблется летом около 23%, а в конце вегетационного периода — около 17%. На глубине 20 *см*, т. е. в пределах дернового горизонта, обогащенного органическим веществом, во всех случаях влажность резко уменьшается (в среднем до 8—10%); ниже она постепенно возрастает и обычно на глубине 80—100 *см* достигает максимума. В течение вегетационного периода средняя влажность почвы здесь немного превышает 20%. Ниже по профилю вплоть до надмерзлотного горизонта влажность почвы меняется мало и оказывается лишь немногим выше той, которая отмечается на глубине 80—100 *см*. В отличие от всех других участков, где велись наблюдения, резко выраженного возрастания влажности надмерзлотного горизонта здесь не заметно.

В течение вегетационного периода сравнительно мало меняется не только характер распределения влаги по профилю, но и величина влажности. Можно лишь отметить более или менее равномерное по всему профилю уменьшение влажности к осени. В то же время запас влаги в дерновом горизонте, где расположена основная масса поверхностно стелящихся корней березы, может быть близким к тому, который уже недоступен для растений. По-видимому, активный влагооборот в основном ограничивается верхним слоем почвы мощностью до 40—50 *см*, а возможно, и несколько меньшей.

Совершенно иной характер имеет режим влажности песчаных почв, занятых сосняками. Бросается в глаза незначительная и мало изменяющаяся влажность почти по всему профилю, за исключением надмерзлотного и прилегающих к нему нижних слоев почвы.

Наблюдающееся в других случаях относительное иссушение сред-

них слоев почвы в сосняках почти не выражено. В большинстве случаев влажность верхних горизонтов почвы невелика и сравнительно мало отличается от влажности слоев, расположенных глубже. Летом она в среднем составляет около 7%, повышаясь к осени до 10%. Осадки быстро просачиваются вглубь, и сколько-нибудь устойчивого повышения влажности верхнего слоя почвы после дождей почти не наблюдается. Лишь изредка можно отметить появление капиллярно подвешенной влаги после сильных дождей, но она сохраняется недолго. Например, 2.VII 1958 г. наблюдалось значительное (до 20—23%) повышение влажности почвы на глубине 20—60 *см*, но уже к 16.VII величина ее снизилась до обычной (8—9%).

Следует обратить особое внимание на то, что в верхнем слое песчаной почвы может образоваться подвешанная влага, заполняющая все поры почвы (А. А. Роде, 1952). «Обязательным условием возникновения слоя подвешенной воды является первоначальная сухость песчаной или пылеватой толщи, имеющая своим следствием в дальнейшем сухость слоев, подстилающих промоченный слой» (там же, стр. 210). При этом существует определенный предел мощности слоя подвешенной влаги, после достижения которого почти вся удерживающаяся в подвешенном виде влага быстро стекает вниз. Чем мелкозернистее почва, тем большее количество воды она может удержать и тем больше глубина промачивания. В пылеватых грунтах стекание имеет характер рассасывания и бóльшая часть влаги остается в верхних горизонтах почвы.

Н. С. Орешкина (1959) указывает, что при несквозном промачивании колонн из частиц 0,05—0,03 *мм* капиллярно подвешенная влага удерживается до величин, близких к полной влагоемкости. Дальнейшее поступление влаги в почву ведет к быстрому стеканию капиллярно подвешенной воды. В результате перераспределения влаги при несквозном промачивании образуется зона капиллярно гравитационного стекания (рассасывания) с влажностью, немного превышающей наименьшую влагоемкость. Близкие явления отмечаются и в описываемых случаях.

Эти свойства пылеватых и песчаных почв, по-видимому, имеют большое значение для режима влажности почв и условий обеспечения влагой растительности. Подвешенная влага обычно резко отграничивается от нижних, более сухих слоев, а стекание ее происходит не равномерно по всей толще, а отдельными языками.

Влажность средних горизонтов примерно от 20 до 120—140 *см*, а в иные годы до 160 *см*, более или менее постоянна и в течение всего вегетационного периода колеблется в пределах 5—10%, лишь изредка отклоняясь в бóльшую сторону, преимущественно в конце лета и осенью. Влажность, отвечающая тому содержанию воды в почве, которое условно не доступно растениям, на этих глубинах колеблется в пределах 1,5—2%. Следовательно, бóльшая часть деятельного слоя содержит влагу в количестве, близком к критическому для растений, а иногда и достигает этой величины. Однако проведенными наблюдениями не выявлены случаи, когда влажность снижалась до величины максимальной гигроскопичности, хотя возможность этого и не исключается.

В целом же минимальная влажность средних горизонтов почвы под сосняками, по-видимому, очень близка к той величине, которая отвечает рыхло связанному состоянию воды (Роде, 1952), и превышает в 2—4 раза максимальную гигроскопичность. Отметим, что рыхло связанная вода обладает пониженной подвижностью и пониженной способностью растворять растворимые вещества. Эти обстоятельства могут оказать значительное влияние на условия произрастания леса. Ниже глубины 120—140 *см* влажность почвы плавно возрастает,

достигая в надмерзлотных горизонтах в среднем 30%, т. е. приближается к полной влагоемкости. В отдельные периоды над мерзлотой может скапливаться гравитационная подпертая вода, образующая надмерзлотную почвенную воду, способную передвигаться по уклону водоупорного слоя. Гравитационная и капиллярно подпертая влага поднимается приблизительно на 30—40 *см* вверх от мерзлого слоя, образуя постоянно увлажненную зону, в большей части которой влажность, как правило, не опускается ниже величин, соответствующих наименьшей влагоемкости.

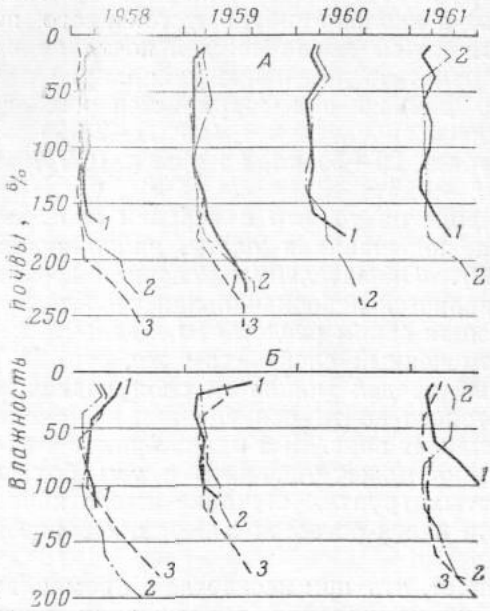

Рис. 33. Динамика влажности почвы в сосняке 155 лет (*А*) и в лиственничнике толокнянковом (*Б*).

Обозначения те же, что на рис. 30

Отмеченные особенности водного режима песчаной почвы под сосновым лесом еще рельефнее выражены в сосняке 155 лет (рис. 33). Влажность верхних горизонтов, как и в 115-летнем сосняке, несколько повышенная и изменяется в зависимости от выпадения осадков. Влажность средних горизонтов колеблется около 5% и мало изменяется по профилю, как и в течение вегетационного периода. Иногда величина ее спускается до уровня недоступной влаги и, вероятно, большую часть этого периода состояние влаги в почве не выходит за пределы рыхло связанной. Зона пониженной влажности здесь опускается ниже — до 160—200 *см*, а далее идет кайма капиллярно подпертой влаги, поднимающаяся от сильно увлажненного надмерзлотного горизонта, где временами скапливается почвенная вода.

По-видимому, в песчаных почвах, занятых сосняками, вода, скапливающаяся в надмерзлотных горизонтах, в дальнейшем влагообороте с поверхностью почвы почти не участвует, но она служит источником пополнения почвенных вод. Эти воды выходят на дневную поверхность в понижениях вблизи песчаных дюнообразных бугров.

Несколько отличается от описанного режим влажности песчаной почвы под лиственничником толокнянковым, занимающим плоскую гриву, слабо приподнятую над кочкарниковыми западинами, увлажненными с весны и пересыхающими летом.

Влажность верхних горизонтов здесь несколько выше, чем в сосняках (см. рис. 33), а мощность среднего слоя с пониженной влажностью (5—10%) значительно меньше: он простирается примерно от 40 до 100—110 *см*. Таким образом, зона относительного иссушения почвы под лиственничником толокнянковым в 1,5—2 раза меньше, чем под сосняком, а запасы влаги в ней несколько больше. Влажность надмерзлотных горизонтов приблизительно такая же, как и в сосняке, но распространяется она вверх по профилю выше главным образом вследствие более близкого к поверхности залегания мерзлоты. В целом влажность почвы здесь выше, чем в сосняке, а условия для влагообмена между надмерзлотными и поверхностными слоями почвы, по-видимому, более благоприятны, чем в последних.

Профили, приведенные выше, облегчают сравнение многих объектов наблюдения и выявление особенностей режима влажности, свойственных им, но они дают лишь приближенное представление о динамике влажности почвы в течение вегетационного периода и о влиянии осадков. Изображение режима влажности при помощи хроноизоплет устраняет эти недостатки, но оно очень громоздко, поэтому мы ограничиваемся приведением таких графиков по основным объектам исследования

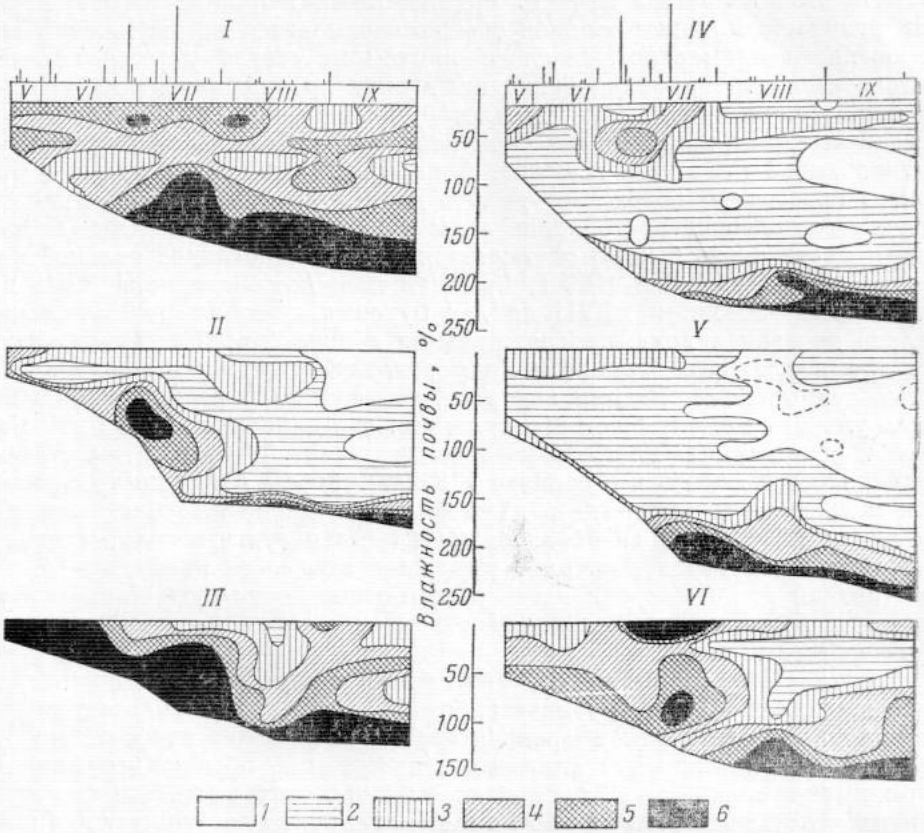

Рис. 34. Хроноизоплеты влажности почвы в объемных процентах за 1958 г.
I — вырубка 1953 г., *II* — лиственничник 130 лет, *III* — то же, 50 лет, *IV* — сосняк 115 лет, *V* — то же, 155 лет, *VI* — березняк 30 лет; *1* — до 5, *2* — 5—10, *3* — 10—15, *4* — 15—20, *5* — 20 — 25, *6* — более 25%

лишь за 1958 г. Этот год является средним за изученный период по общему количеству и по соотношению жидких и твердых осадков, а наблюдения охватывают наиболее длительный период от весны (22. V) до осени (27. IX). В то же время распределение дождей по месяцам отличается от обычного: в среднем более половины жидких осадков выпало во второй половине лета, а в 1958 г., наоборот, в первой половине, со второй же декады июля до осени дождей почти не было.

Хроноизоплеты влажности почвы (рис. 34) особых пояснений не требуют. Отметим только, что влажность почвы достигает 25% и более, во всех случаях она превышает величину наименьшей влагоемкости, и влага, находящаяся в этих слоях, свободно передвигается под действием сил тяжести. По данным А. А. Роде (1952), величина наименьшей влагоемкости почв чаще всего колеблется в пределах 55—75% полной влагоемкости. Пользуясь этой придержкой, можно полагать, что наименьшая влагоемкость суглинисто-супесчаных почв будет около 20%

объемной влажности, а песчаных — менее 15% (возможно, ближе к 10%).

Обращаясь к хроноизоплетам и приведенным ранее профилям влажности, можно сделать предварительный вывод, что влажность верхних корнеобитаемых горизонтов изученных лесных почв в течение вегетационного периода, как правило, не превышает наименьшей влагоемкости, а влажность надмерзлотных слоев почти все время больше этой величины и часто приближается к полной влагоемкости или равна ей. Влияние осадков обычно сказывается на увеличении запасов влаги надмерзлотных слоев, причем не всегда удается проследить постепенное проникновение воды вниз по профилю. Вполне возможно, что передвижение дождевой влаги вниз в пылеватых и песчаных грунтах происходит скачкообразно, по схеме, разбираемой в цитированной работе А. А. Роде. А именно: влажность верхних горизонтов постепенно возрастает вплоть до заполнения всей порозности, причем дальнейшее поступление воды нарушает создавшееся равновесие, и влага очень быстро скатывается вниз. Аналогичное явление наблюдалось на вырубке 1953 г. Высокая влажность отмечена 2.VII на глубине 10—20 *см*, а 16.VII на дне буровых скважин уже выклинивалась почвенная вода, прослеживаемая в почвах всей вырубки. В то же время влажные верхние и надмерзлотные горизонты разделялись более сухим слоем. Весьма вероятно, что частым бурением можно бы было уловить момент быстрого стекания, а в данном случае, быть может, и «растекание» влаги, о которых пишет А. А. Роде. Аналогичное явление наблюдалось и в сосняке 115 лет, причем вероятность скопления подвешенной влаги здесь даже больше, чем на вырубке, поскольку одним из условий ее образования является сухость подстилающих слоев почвы, которая в сосняке выражена весьма отчетливо.

Краткий анализ особенностей режима влажности суглинисто-супесчаных и песчаных лесных почв позволяет сделать следующие предварительные выводы.

Влажность суглинисто-супесчаной почвы в спелых лиственничниках, относящихся к группе брусничных, почти в течение всего вегетационного периода в верхней и средней частях почвенного профиля значительно ниже наименьшей влагоемкости. Средние, обычно иссушенные слои имеют влажность, близкую к величине, отвечающей рыхло связанному состоянию воды, а иногда и количеству, не доступному для растений. К осени мощность горизонта относительного иссушения возрастает главным образом вследствие опускания вниз его нижней границы. Влажность надмерзлотных горизонтов в конце лета и осенью превышает величину наименьшей влагоемкости, а летом чаще всего не достигает ее.

В средневозрастных сомкнутых лиственничниках этой группы при наличии некоторых благоприятных топографических условий сохраняется устойчивая высокая влажность почвы.

Почва лиственничника с ольховником, относящегося к группе багульниковых лиственничников, характеризуется достаточно высоким и довольно постоянным увлажнением, которое обеспечивается притоком почвенной влаги извне. Характерное для других типов леса относительное иссушение средних горизонтов по сравнению с верхними и нижними в лиственничнике с ольховником выражено слабо и, возможно, связано с капиллярным подъемом влаги от надмерзлотных слоев, получающих влагу извне.

Сплошная вырубка леса в лимнасово-брусничных лиственничниках влечет за собой увеличение влажности почвы по всему профилю, уменьшение мощности слоя относительного иссушения и возрастание запасов влаги в надмерзлотных горизонтах. При последующем зарастании вы-

рубок кустарниками и порослью несколько увеличивается, смещаясь книзу, мощность средних, более сухих слоев.

Почва злаково-разнотравного луга характеризуется высокой влажностью в течение всего вегетационного периода. Величина ее по профилю близка к наименьшей влагоемкости, а часто превышает последнюю, особенно осенью, когда она может достигать полной влагоемкости.

Режим влажности супесчаной почвы под березняком на опушке аласа характеризуется довольно устойчивой влажностью дернового горизонта и заметным иссушением до грани, когда влага делается недоступной,— горизонта, непосредственно подстилающего дерновый. Ниже влажность почвы плавно возрастает до величин, превышающих наименьшую влагоемкость. По-видимому, влагообмен между нижними и верхними слоями затруднен.

Для песчаных почв под сосняками характерна обычно низкая влажность верхних и средних горизонтов. Специфическое иссушение относительно небольшого по мощности среднего слоя здесь слабо выражено. Характерна равномерно низкая влажность почвы до глубин 120—200 *см*, сменяющаяся в надмерзлотных горизонтах резким возрастанием ее до величин полной влагоемкости с обособлением во второй половине лета надмерзлотных почвенных вод. Облегчение условий оттока надмерзлотных вод влечет за собой возрастание сухости средних слоев почвы.

Осадки легко просачиваются вглубь до надмерзлотного слоя, но перемещение влаги от последнего к поверхности, по-видимому, крайне затруднено.

В тех случаях, когда дренаж песчаных почв затруднен и в их толще сохраняется довольно высокая влажность, вместо соснового развивается лиственничный древостой. Влажность верхних горизонтов в течение всего летне-осеннего периода приближается к наименьшей влагоемкости или немного превышает ее. Мощность относительно иссушенного горизонта по сравнению с его мощностью в сосняке значительно уменьшается, а верхний уровень повышенной влажности поднимается. Надмерзлотные слои сильно увлажнены.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ В ПОЧВЕ КОРНЕВЫХ СИСТЕМ ЛИСТВЕННИЦЫ И СОСНЫ

Наиболее крупным потребителем почвенной влаги являются древесные растения, которые при помощи мощно развитых корневых систем отсасывают и в дальнейшем испаряют воду из почвенной толщи. Поскольку основная физиологическая роль корней сводится к обеспечению растения водой и растворенными в ней питательными веществами, распределение корней связано в первую очередь с распределением влаги в почвенной толще.

Для области распространения вечной мерзлоты, где почва оттаивает на небольшую глубину, характерно поверхностное распространение корневых систем деревьев, особенно рельефно выраженное у лиственницы даурской. Корневые системы лиственницы и сосны в пределах бассейна Лены изучали В. Н. Сукачев (1912), Р. И. Аболин (1929), А. И. Коровин и В. Н. Дохунаев (1954), А. И. Уткин (1958). Кроме того, сведения об особенностях строения корневых систем этих пород имеются в ряде лесоводственных и геоботанических работ, относящихся к Якутии. В нашу задачу не входит подробное рассмотрение всех вопросов, связанных с распространением корневых систем в холодных почвах, и мы ограничиваемся характеристикой его лишь в той степени, которая

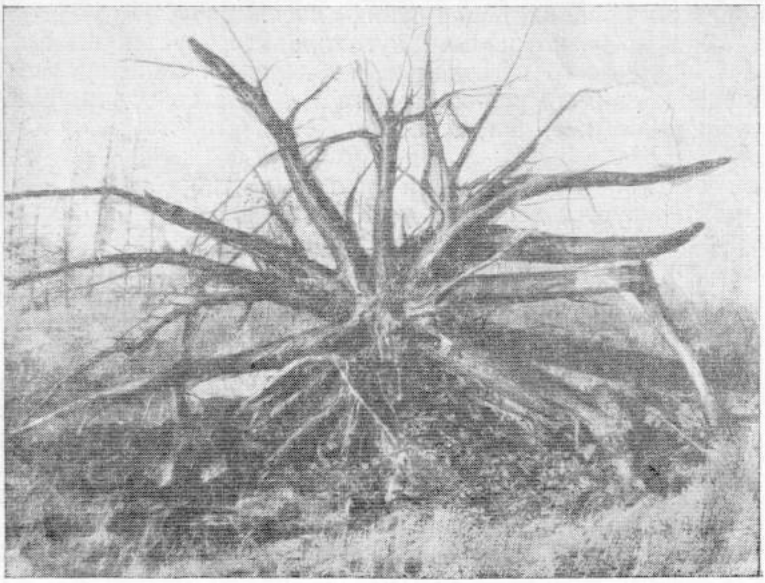

Рис. 35. Поверхностная корневая система лиственницы. Ветровал на гари в лимнасово-брусничном лиственничнике на супесчаной почве

необходима для выяснения водного режима лесных почв. При этом мы исходим из положения, что если распространение корней в почве связано с режимом ее влажности, то и распределение влаги по профилю зависит от развития корневых систем, которые могут оказывать существенное влияние на режим влажности почвы не только в вертикальном, но и в горизонтальном направлении.

Почти во всех работах, в которых упоминается о строении корневых систем древесных растений на холодных почвах, особенности его связываются в первую очередь с термическим режимом почвы. Нам представляется, что это не совсем точно. Корни растения, помимо выполнения механических функций, являются теми органами, которые снабжают его водой и растворенными элементами минерального питания. Очевидно, что и распространение корней в почвенной толще в основном подчинено выполнению этой задачи. Поэтому при изучении закономерностей распределения корней в холодных почвах правильнее говорить, что оно зависит не только от термического режима тех или иных слоев почвы, но и от содержания в них воды и степени ее доступности для корней. Доступность воды определяется водно-физическими свойствами почвы и таким образом связана с ее температурным режимом. Но она может в значительной мере зависеть от физиологических особенностей растения и от его приспособленности к использованию запасов почвенной влаги в данных условиях.

Можно привести два примера приспособленности лиственницы к поглощению воды из холодных слоев почвы. В подгольцовом поясе на Алдане был встречен приручейный бруснично-сфагновый лиственничник (Поздняков, 1961б). Он отличается высокой производительностью, хотя корни деревьев распространены в моховом ковре, насыщенном влагой и подстилаемом мерзлотой на глубине 15—25 *см*. Надо отметить, что температура воды в конце июля была не выше 3—4°.

В. П. Дадыкин (1952) обнаружил живые корни сибирской лиственницы в мерзлой почве ниже деятельного слоя. Очевидно, в этих случаях распространение корней определялось не температурным режимом

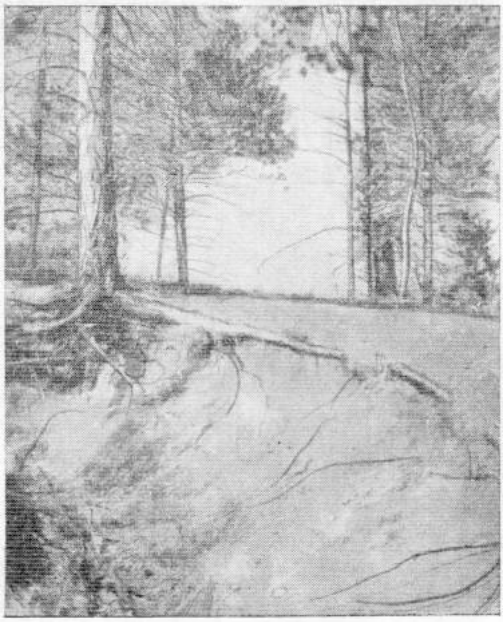

Рис. 36. Корни сосны на песчаном склоне

почвы, а тем, что в силу тех или иных причин корни могли поглощать воду при низкой температуре.

Таким образом, влияние низкой температуры почвы на распределение корней древесных пород, по-видимому, может сказаться лишь через изменение условий поглощения последними воды и растворенных в ней питательных веществ. Разумеется, сказанное не относится к мерзлоте в том случае, когда она является физическим препятствием к распространению корней.

Корневая система лиственницы даурской, растущей в Центральной Якутии, имеет ярко выраженный поверхностный характер. По классификации П. К. Красильникова (1960), встречающиеся формы корневых систем могут быть отнесены к поверхностному и поверхностно-якорному типам.

От корневой шейки под прямым углом к стволу лучами расходятся толстые корни, которые, постепенно разветвляясь, распространяются на большое расстояние от дерева (рис. 35).

Поверхностную корневую систему (по Красильникову, промежуточную между типами поверхностно-стержневым, якорным и поверхностно-якорным) имеет сосна, растущая на глубоко оттаивающих лесных почвах (рис. 36).

Общее представление о распределении по вертикали корней лиственницы (почва суглинисто-супесчаная, вырубка 1953 г., возраст дерева около 150 лет) и сосны (почва песчаная, сосняк 115 лет) дает рис. 37, на котором изображены отпрепарированные корни этих деревьев.

Толстые корни лиственницы стелятся почти у самой поверхности почвы. От поверхности корней разного порядка ветвления отходят вертикально вниз пучки тонких корней. Они образуют подобие бахромы, исчезающей на глубине 70—80 *см*, ниже которой корни почти не встречаются.

Толстые корни сосны также простираются близ поверхности почвы, но несколько глубже, в пределах минеральной почвы; у лиственницы же наиболее толстые корни лишь едва прикрыты подстилкой. Стержне-

вой корень, как обычно, выражен слабо. Более тонкие корни распространяются вглубь преимущественно под небольшим углом к поверхности, а самые тонкие корешки располагаются по всей корнеобитаемой толще, мощность которой на 20—30 *см* меньше, чем в лиственничнике. Здесь также хорошо выражена резкая граница распространения тонких корешков по вертикали, проходящая на глубине 50—60 *см*.

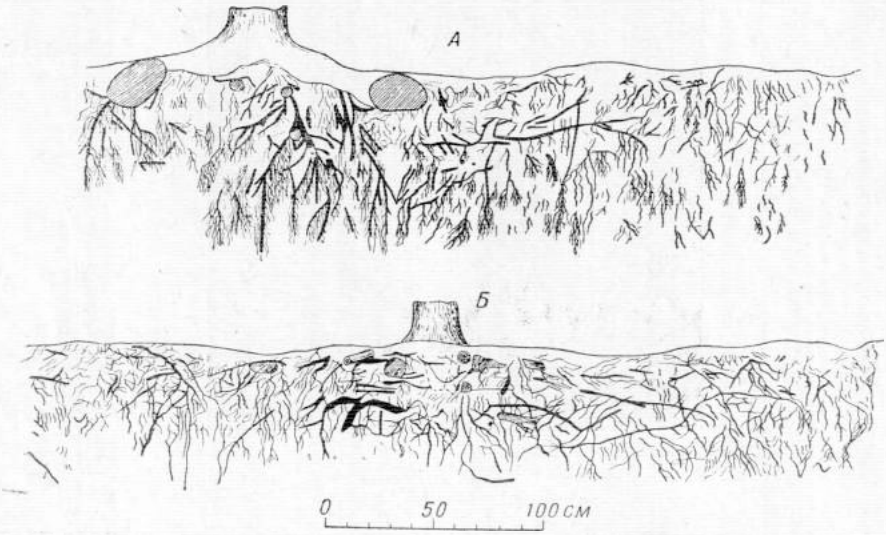

Рис. 37. Вертикальное распределение корней лиственницы (*А*) и сосны (*Б*). (Рис. С. Я. Тюлина)

Проникновение корней в почву в лесах Центральной Якутии изучал А. И. Уткин (1958), который при описании почвенных разрезов, заложенных в различных типах леса в конце августа-сентября, отмечал глубину распространения корней. Некоторые из приводимых им цифр даны в табл. 33.

Таблица 33

Глубина проникновения в почву корней деревьев в различных типах леса, *см* от поверхности подстилки

Тип леса	Класс бонитета	Проникновение корней		Глубина оттаивания почвы, *см**
		массовое	максимальное	
Лиственничник				
арктоусово-брусничный	IV	5—50	86	113
травяно-брусничный	IV	5—45	90	120
лимнасово-брусничный	V	5—40	105	154
ольхово-брусничный	V	5—45	132	141
брусничный	V	5—35	83	96
бруснично-мшистый	V-а	8—30	55	80
мшистый	V-а	10—20	40	60
багульниковый	V-а	10—30	60	80
печеночниково-багульниковый	V-а	10—20	60	60
Сосняк мертвопокровно-толокнянковый	V-а	10—65	90	265

* Глубина оттаивания почвы вычислена по данным А. И. Уткина (1958).

Цифры табл. 33 подтверждают известную типичность глубины проникновения корней сосны и лиственницы, выявленную при их препарировке. Некоторая разница в проникновении корней лиственницы, вероятно, связана с различиями механического состава почв, а также и с тем, что препарировались корни у дерева, которое уже 7 лет росло на вырубке. В целом мощность слоев почвы, где сосредоточена основная масса корней, в относительно высокопроизводительных лиственничниках составляет около 40% глубины талого слоя; в менее производительных — около 30% и в сосняках — приблизительно 25%. В печеночниково-багульниковом лиственничнике некоторые корни проникают до мерзлоты.

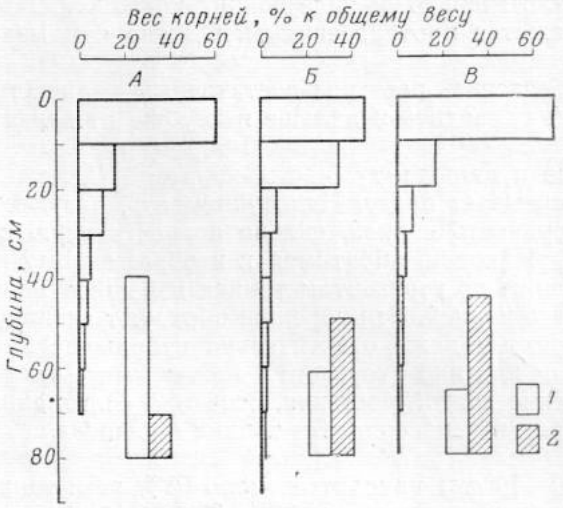

Рис. 38. Распределение корней по вертикали.
А — лиственничник 50 лет, *Б* — то же, 130 лет, *В* — сосняк 115 лет, *1* — доля, приходящаяся на корни диаметром менее 2 *мм*; *2* — то же, на корни более 2 *мм*

Количественный учет послойного распределения корней в почве проводился в лиственничниках 50 и 130 лет, в сосняке 115 лет, а также в лиственничных молодняках 10 лет на двух участках по склону пади. Для этой цели на каждом участке было взято по пять монолитов сечением 20×20 *см*, которые располагались так, чтобы были представлены участки с различной загрузкой корнями. Монолиты делились на слои толщиной 10 *см*, из которых в дальнейшем брались корни и отмывались. Корни по толщине делились на группы до 2 *мм*, 2—5; 5—10; 10—50; 50 *мм* и более.

В распределении корней по почвенному профилю в древостоях разного возраста и породного состава можно подметить некоторые закономерности, связанные с режимом влажности почвы, и в свою очередь оказывающие на него влияние (рис. 38).

Наибольшее по весу количество корней сосредоточено в поверхностных слоях почвы, непосредственно залегающих под подстилкой и обычно имеющих повышенную влажность. При этом, чем больше влажность слоя, или чем более вероятно хотя бы временное увлажнение его после дождей, тем бо́льшая часть корней расположена в его пределах. Так, в 50-летнем лиственничнике, в котором влажность верхнего 10-сантиметрового торфянистого горизонта почвы (A_d) относительно велика и устойчива, в толще последнего сосредоточено 60% корней. В сосняке на долю слоя такой же мощности (подзолистый горизонт A_2, подстилаемый на глубине 15—17 *см* плотноватым горизонтом вымывания — В) приходится почти 70% корней, и хотя влажность его мала, но, как уже отмечалось, после дождей здесь может временно задерживаться вода в подвешенном состоянии и частично перехватываться корнями. В лиственничнике 130 лет в слое 0—10 *см* находится около 45% корней и в слое 10—20 *см* — 35%, иными словами, зона массового распространения корней совпадает с горизонтом вымывания (A_2) и ограничивается снизу горизонтом вмывания (В), имеющим несколько плотноватое сложение.

Таким образом, корни располагаются преимущественно в верхних

аккумулятивно-элювиальных горизонтах почвы, а в иллювиальные и расположенные ниже горизонты проникает всего 15—25% корней.

На долю тонких корешков диаметром менее 2 *мм* в 50-летнем лиственничнике приходится 82% общего веса корней, в 130-летнем — 38% и в сосняке — 29%, т. е. чем выше влагообеспеченность почвы, тем относительно больше тонких корешков. На первый взгляд это явление кажется противоречивым. Однако чем меньше запасов влаги в почве, тем бо́льший объем должна занимать в ней корневая система, чтобы обеспечить растение достаточным количеством влаги, т. е. корни должны расходиться дальше и глубже от дерева. А при этом необходимо усиленное развитие скелетных корней, которые выносили бы все дальше и дальше ту часть корневой системы, которая непосредственно всасывает влагу. Надо учитывать, разумеется, не только вес, но и поверхность корней, сильно возрастающую с уменьшением диаметра.

Наконец, обратимся к изображенному на том же рис. 38 распределению по горизонтам тонких корешков менее 2 *мм* в процентах общего веса корней. Эти корешки образуют активную часть корневой системы [1], поэтому даже относительно небольшое количество их, находящееся в том или ином горизонте, может иметь существенное влияние на обеспечение влагой растения, особенно если принять во внимание резкое возрастание поверхности тонких корешков.

В 50-летнем лиственничнике в верхнем торфянистом слое (0—10 *см*) находится около 60% всех тонких корней, в 130-летнем и в сосняке — в среднем 30%. Тонкие корешки проникают до глубины 70—90 *см*, но основная масса их (примерно 90%) в 50-летнем лиственничнике оканчивается на глубине около 40 *см*, в 130-летнем — 50—60 *см* и в сосняке — около 50 *см*. Если сопоставить эти величины с распределением влаги по профилю почвы в середине лета, т. е. когда потребность в ней особенно велика, окажется, что в 50-летнем лиственничнике начиная с глубины около 40 *см* наблюдается постепенное повышение влажности почвы до величин, близких к наименьшей влагоемкости (возможно, вследствие капиллярного подъема от неподалеку расположенного в это время надмерзлотного горизонта). Аналогичное явление наблюдается в 130-летнем лиственничнике, в котором летом повышенная влажность почвы, которую можно связать с капиллярным подъемом, отмечается с глубины 50—60 *см*. В сосняке, наоборот, массовое распространение активных корней ограничивается примерно тем слоем почвы, в пределах которого можно ожидать временного скопления подвешенной влаги.

Глубина максимального приникновения корней приблизительно совпадает со средней глубиной оттаивания почвы к началу июля (лиственничник 50 лет — около 70 *см*, 130 лет — 90 *см*). Весьма вероятно, что в начале лета — периоде наиболее интенсивного роста деревьев, но в то же время и засушливом — деревья используют в какой-то степени влагу надмерзлотных горизонтов, восполняя недостаток ее в верхних слоях почвы. Во второй половине лета количество осадков увеличивается, рост деревьев постепенно затухает и испарение уменьшается; растения, по-видимому, получают достаточно влаги в верхних горизонтах, и рост корней в сторону надмерзлотных слоев прекращается. Возможно, что рост корней, как и надземных органов, к этому времени затухает.

Примерно такое же соотношение глубины максимального проникновения корней и глубины оттаивания почвы к началу июля наблю-

---

[1] Поскольку всасывающие корни отдельно не выделены, все корни тоньше 2 *мм* условно отнесены к активным; имеется в виду, что одни из них всасывающие, а другие граничат непосредственно с ними.

дается в лиственничниках брусничных, если рассчитать по его данным вероятную глубину оттаивания в начале июля.

В сосняке глубина наибольшего проникновения корешков находится в зоне максимального иссушения почвы, где содержание влаги близко к недоступному и редко превышает величину, при которой вода находится в рыхло связанном состоянии. Здесь возможно предположение, что дальнейшее углубление корней ограничивается в первую очередь сухостью субстрата.

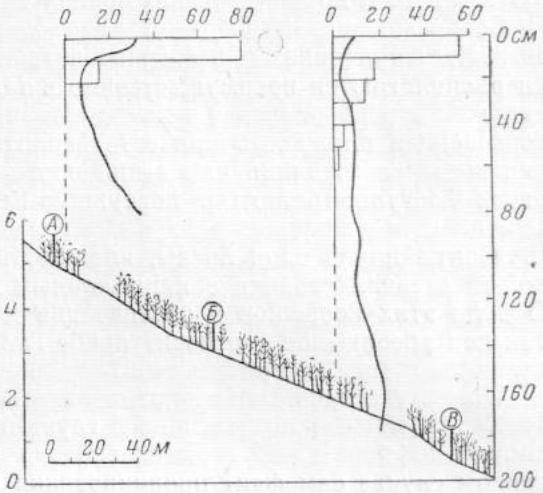

Рис. 39. Распределение корней по вертикали в лиственничных молодняках по склону пади (% к общему весу — слева) и влажности почвы (% на сухую навеску — справа).

А — площадка в верхней части склона, *Б* — в средней, *В* — в нижней

Представляет интерес распределение корней по горизонтам в зависимости от режима влажности почвы, наблюдавшееся на восточном склоне пади крутизной около 15°, сложенном рыхлыми супесями и песками. Склон покрыт густым (80—250 тыс. *экз/га*) молодняком лиственницы в возрасте около 10 лет, возникшим после пожара. Вниз по склону заложены три пробные площадки, на которых в 1960 г. дважды определялась влажность почвы, а на двух изучались корневые системы.

Эти площадки образуют профиль (рис. 39), начинающийся у подошвы выпуклого песчаного увала, занятого сосняком. Внутрипочвенный сток с увала обеспечивает постоянную высокую влажность почвы площадки *А*, находящейся у подошвы последнего. Густой сомкнутый полог молодняка высотой 3—4 *м*, притеняя почву, препятствует ее глубокому оттаиванию, а следовательно, и просачиванию вглубь воды, поступающей с песчаного увала. Таким образом, под влиянием самой растительности увеличивается относительная влагонасыщенность почвы. Влияние внутрипочвенного стока прослеживается по крайней мере на 60 *м* вниз по склону (площадка *Б*), где обилие влаги способствовало успешному росту молодняка, а появление сомкнутого полога последнего обусловливало концентрацию воды в относительно небольшом по мощности талом слое. Но уже на 160 *м* ниже по склону (площадка *В*) поступление влаги со стоком оказывается для хорошего роста молодняка недостаточным. Молодой лес здесь вдвое-втрое ниже, слабо охвоен и, несмотря на очень большое число деревец (271 тыс. *экз./га*), меньше отеняет почву. Глубина оттаивания последней резко возрастает, вода просачивается вглубь до мерзлого водоупора, водоснабжение молодых деревьев ухудшается.

Особенности распределения влаги в почве обусловливает и распределение корней. На площадке *А*, где влажность поверхностного слоя почвы близка к полной влагоемкости, 82% корней находится в верхнем 10-сантиметровом слое, а максимальная глубина их проникновения не превышает 40 *см*. Иная картина на площадке *В* с отчетливо выраженным иссушением поверхностных горизонтов и скоплением влаги в надмерзлотных. Здесь в верхнем слое содержится всего 56%

корней, около 40% располагается в слое 10—40 *см*, т. е. там, где возможно временное увлажнение за счет подвешенной влаги после дождей; максимальная же глубина проникновения их в почву достигает 90 *см*[1]. Налицо явный недостаток влаги в верхней части почвенного профиля и тенденция к проникновению корней в сторону надмерзлотных слоев.

Сопоставление наблюдений в молодняках, средневозрастном и спелом лиственничниках и в сосняке позволяет прийти в выводу, что корни располагаются преимущественно в тех слоях почвы, где ко времени наибольшего потребления влаги растениями сохраняется относительно повышенная влажность или есть вероятность ее временного возрастания после снеготаяния или выпадения осадков. При ограниченных запасах доступной влаги в поверхностных горизонтах обнаруживается тенденция к проникновению части тонких корешков в надмерзлотные горизонты или в слои почвы, влажность которых, по-видимому, в какой-то степени связана с капиллярным подъемом воды от последних. О роли этих корешков в обеспечении деревьев влагой судить трудно, так как абсолютное и относительное количество их невелико, а физиологическая сторона процесса поглощения воды не изучена.

Поэтому можно только предполагать, что в критические периоды тонкие корешки, проникающие в глубь почвы, в какой-то мере компенсируют дефицит влаги верхних слоев, густо насыщенных корнями. Во всяком случае сам факт проникновения корней лиственницы при недостаточной влажности верхних слоев почвы в более глубокие слои свидетельствует об известной пластичности ее корневой системы, которая может проявляться в раннем возрасте дерева. Заметим, что даже в условиях вегетационных опытов (Поздняков, 1963) в песчаной почве двухлетние сеянцы лиственницы развивали корневую систему, которая по протяженности была почти в два раза больше, чем у сеянцев, выращенных на суглинисто-супесчаной почве с сохраненным гумусовым горизонтом.

До сих пор мы касались только того, как зависит распределение корней в почве от её влажности. Но и сама древесная растительность существенно влияет на влажность почвы, особенно тех ее слоев, где сосредоточена основая масса корней. Иссушение верхних или средних горизонтов почвы — результат десукции.

Сложное, изменяющееся во времени, взаимное влияние леса и режима влажности почвы под ним в общем виде можно представить следующим образом. В молодняке, не образующем сомкнутого полога, горизонтальное и вертикальное распределение корней в толще почвы определяется ее водно-физическими свойствами. После смыкания полога в результате притенения почвы и образования подстилки уменьшается глубина оттаивания почвы, постоянно или периодически увеличивается влагонасыщенность деятельного слоя. Эти условия благоприятствуют развитию поверхностной корневой системы.

Последующее изреживание древесного полога, возрастание десукции и усиление разложения подстилки ведут к понижению уровня мерзлоты и уменьшению влагонасыщенности талого слоя. В зависимости от конкретных условий увлажнения и водно-физических свойств почвы корневые системы или сохраняют поверхностный характер, перехватывая главным образом влагу атмосферных осадков, как например в сосняке 155 лет, или, как это наблюдается в большинстве случаев, формируются в якорную систему, пронизывающую большую или меньшую толщу верхней и средней частей почвенного профиля. Обычно

---

[1] В обоих случаях корневые системы представлены преимущественно корешками тоньше 2 *мм*: на площадке *А* на их долю приходится 90% общего веса корней, на площадке *Б* — 96%.

эта зона распространения активной части поверхностно-якорных корневых систем и является зоной относительного иссушения почвы. По-видимому, нижняя граница ее в основном определяется водопроницаемостью отдельных горизонтов почвы и их способностью удерживать в течение некоторого времени просачивающуюся сверху влагу. Проникновение части тонких корней в более глубокие слои почвы, возможно, в те, которые обогащаются влагой вследствие капиллярного подъема от надмерзлотных слоев, по всей вероятности, обусловливается постоянным или периодическим недостатком влаги в зоне массового распространения корней.

Таким образом, если в начале развития древостоя на строение его корневых систем влияют главным образом распределение влаги по профилю почвы и условия, благоприятствующие ее усвоению, в дальнейшем активная деятельность корней воздействует на перераспределение влаги в почвенной толще, а оно в свою очередь влечет за собой перестройку корневых систем в направлении приспособления к изменившимся условиям увлажнения.

Влияние мерзлоты на распределение корней, по-видимому, выражается в изменении условий передвижения и всасывания влаги в связи с увеличением вязкости последней и, быть может, в ослаблении физиологических процессов в корнях. Однако решающее значение имеет режим влажности определенных горизонтов почвы. Например, в 130-летнем лиственничнике корни проникают до 90 *см*, а на глубине 100 *см* нулевая температура впервые отмечается с 15 по 25 июня, а максимальная, наблюдаемая в конце августа, колеблется в различные годы от 3 до 5°, т. е. корни в течение всего вегетационного периода находятся в зоне весьма низких температур.

При поверхностном распространении корней можно говорить о подземной сомкнутости корневых систем, которая в условиях резкого недостатка влаги, например, в ерниково-лишайниковых лиственничниках бассейна Яны (Поздняков, 1961а) в формировании древостоев имеет более важное значение, чем сомкнутость крон. В описываемых же условиях поверхностные корневые системы деревьев, иссушая верхние слои почвы, могут отрицательно влиять на развитие подроста.

Обычно угнетенное состояние подроста под пологом лиственничного леса вызывается не столько недостатком света, сколько перехватом влаги и питательных веществ корнями материнских деревьев. Это обстоятельство резко бросается в глаза на хорошо возобновившихся гарях, где среди густого молодняка, образующего почти сплошные заросли, сохранились отдельные старые деревья или их куртины. Вокруг таких куртин и деревьев в радиусе распространения их корней образуются прогалины, на которых подрос почти отсутствует (рис. 40).

О степени иссушающего влияния поверхностной корневой системы старых деревьев можно судить по результатам опыта, проведенного на той же возобновившейся гари по восточному склону пади, на которой был заложен упомянутый профиль. Здесь, на небольшом плоском уступе верхней части склона, вокруг двух сросшихся старых лиственниц образовалась прогалина площадью около 10×14 *м*, окруженная густыми куртинами десятилетнего лиственничного молодняка. На прогалине в зоне распространения корней старых деревьев 23.VI и 2.VIII 1960 г. определялась влажность почвы в двух различных точках с двукратной повторностью. То же было сделано в куртинах молодняка, вне сферы распространения корней старых деревьев, в шести точках, удаленных от корней на расстояние от 4 до 9 *м*. Средние величины влажности почвы на прогалине и в куртинах молодняка приведены в табл. 34.

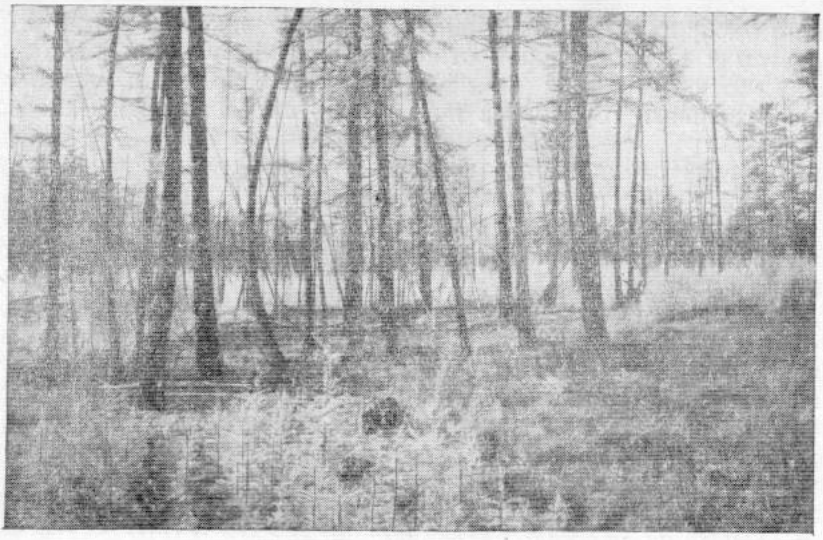

Рис. 40. Густой подрост лиственницы на гари, окружающей куртину сохранившихся деревьев, среди которых молодняк отсутствует

Различия во влажности почвы в сфере распространения корней старых деревьев и в куртинах молодняка выступают отчетливо особенно в начале лета, в период интенсивного потребления влаги. Густые куртины молодняка и сами расходуют немалое количество воды, но все же широко раскинувшиеся корневые системы двух старых лиственниц сильнее иссушают почву, и это иссушение прослеживается по всему профилю почвы.

Таблица 34

Средняя влажность почвы по горизонтам, % на сухую навеску

Дата	Участок	Глубина от поверхности почвы, *см*							
		10	20	40	60	80	100	120	140
23.VI	Прогалина . . .	8,0	9,4	10,0	11,5	11,4	—	—	—
23.VI	Куртина	12,5	11,9	13,4	16,0	16,5	—	—	—
2.VIII	Прогалина . . .	7,8	7,1	8,3	9,5	10,3	14,8	13,1	13,1
2.VIII	Куртина	8,4	7,5	11,7	13,5	13,3	14,6	14,9	16,5

При изучении взаимоотношений подроста и материнских деревьев необходимо учитывать не только общие запасы влаги в почвенной толще, но и иссушающее влияние поверхностных корневых систем старых деревьев. При этом мы имеем в виду не только воду, но и растворенные в ней питательные вещества, а также неблагоприятные выделения корней, концентрация которых в почвенном растворе при затрудненном водообмене может возрасти до критических пределов.

Изложенное относится к корневым системам лиственницы и сосны, растущих на легких по механическому составу почвах; на суглинистых же почвах возможны некоторые отклонения. Общие закономерности распределения корневых систем, как и порядок количественных показателей, в основном сохраняется для тех районов, которые по климатическим условиям близки к изучавшемуся.

Предварительные выводы сводятся к следующему.

Корневые системы лиственницы в зависимости от механического состава и режима влажности почвы относятся к поверхностно-якорному и поверхностному. Корни сосны в большинстве случаев имеют форму, промежуточную между поверхностно-стержневой и поверхностно-якорной.

Распределение корней по профилю почвы связано с режимом ее влажности. Корни располагаются преимущественно в аккумулятивно-элювиальных горизонтах почвы, где временно или постоянно сохраняется относительно повышенная влажность. При постоянном или периодическом недостатке доступной влаги в верхних горизонтах часть тонких корней проникает в более глубокие слои почвы, где, возможно, происходит капиллярный подъем влаги от надмерзлотного горизонта. Глубина проникновения тонких корней лиственницы приблизительно совпадает с глубиной оттаивания почвы к началу июля.

На холодных почвах проникновение корней лиственницы вглубь, по-видимому, определяется не столько термическим режимом тех слоев, которых они достигают, сколько наличием и степенью доступности влаги в этих слоях и приспособленностью растения к использованию запасов влаги, имеющихся в данных условиях.

Количество тонких корешков (толщиной менее 2 *мм*), условно относимых к активной части корневой системы, выраженное в процентах от общего веса корней, сильно меняется в зависимости от условий увлажнения почвы. Чем меньше запасы доступной влаги в корнеобитаемом слое, тем меньшая (по весу) часть приходится на долю тонких корней и тем сильнее развиты более толстые, скелетные корни, захватывающие новые объмы почвы, на базе которых развивается активная, всасывающая часть корневой системы. Это относится и к лиственнице, и к сосне.

Корневая система лиственницы в определенных пределах обладает известной пластичностью и при недостатке влаги может развивать вертикально идущие корни. Однако корни ее, по-видимому, не приспособлены к улавливанию влаги, временно накапливающейся после дождей и быстро стекающей вглубь, как это наблюдается на песчаных почвах. Горизонты почвы, богатые влагоемким веществом,— благоприятная среда для развития поверхностной корневой системы лиственницы.

Сосна на песчаных почвах развивает широко разветвленную, близкую к поверхностному типу корневую систему, позволяющую ей перехватывать дождевые осадки, временно задерживающиеся, например, в виде подвешенной влаги в верхних горизонтах почвы. Распространению корней сосны в глубь почвы, по всей вероятности, препятствует сильное иссушение средних горизонтов и практическое отсутствие капиллярного подъема влаги от увлажненных нижних горизонтов почвы.

Можно предположить, что на глубоких песчаных почвах лиственница не может конкурировать с сосной, так как последняя лучше приспособлена к перехвату влаги атмосферных осадков до того, как вода просочится в глубокие слои почвы.

Распределение корней в почве зависит от режима ее влажности. Но древесная растительность, являясь крупным потребителем влаги, оказывает существенное влияние на перераспределение влаги в почве, которое сопровождается перестройкой корневых систем в направлении приспособления их к изменившимся условиям увлажнения.

Таким образом, режим влажности почвы и распределение в ней корневых систем взаимно обусловлены на каждом этапе развития древостоя.

ПОВЕРХНОСТНЫЙ И ВНУТРИПОЧВЕННЫЙ СТОК

Сток дождевых (ливневых) вод

Стекание по поверхности почвы дождевых вод возможно в тех случаях, когда количество выпавших осадков превышает возможность их впитывания. Впитывание воды происходит не мгновенно, оно зависит от интенсивности осадков, водно-физических свойств почвы и способности ее поверхностных слоев замедлять или временно задерживать стекание воды.

Количество осадков, выпадающих в Центральной Якутии, невелико. Мала и их интенсивность. В теплое время года более 80% дождливых дней относятся к таким, когда в сутки выпадает менее 5 *мм* осадков, а на долю дней с осадками более 20 *мм* в сутки приходится менее 1% дождливых дней. Суточные максимумы осадков, наблюдавшиеся один раз в 40 лет, составляют в июне и июле 44 и 45 *мм*, а абсолютный максимум, отмеченный в Якутске почти за 60 лет, 49 *мм*.

Все это не благоприятствует стоку, который в первую очередь зависит от интенсивности осадков. Например, А. П. Бочков (1959) считает, что осадки до 10 *мм* в лесу почти полностью расходуются на транспирацию и испарение и в формировании стока не участвуют.

Интенсивность впитывания осадков экспериментально не изучалась и о ней приходится судить по опытам, проводившимся в других районах СССР.

М. М. Протодьяконов (1960) приводит ориентировочные значения интенсивности впитывания различными почвами. Для суглинков эти величины составляют 0,4—0,8, для супесей — 1,0—1,5 и для песков — 2,0—2,5 *мм/мин*. Как сообщает Н. Ф. Созыкин (1939), по опытам всей сети Всесоюзного научно-исследовательского института лесного хозяйства, интенсивность впитывания в лесных почвах никогда не спускалась ниже 1 *мм/мин*. В еловых и буковых лесах Болгарии, по данным А. А. Молчанова (1960), интенсивность впитывания воды при ненарушенной подстилке колеблется в пределах 2—5 *мм/мин*. Близкие к этим величины дает Д. Л. Арманд (1961), обобщивший результаты изучения инфильтрационной способности лесных почв, проведенных Ю. Ф. Готшалком, Н. Ф. Созыкиным, И. П. Сухаревым, Г. А. Харитоновым, С. В. Зонном и И. Н. Васильевой, Е. Н. Цыкиным. Средняя инфильтрационная способность лесных почв рассчитана, исходя из предложенной им классификации почв, по водопроницаемости. Для средне- и легкосуглинистых почв она составляет 1,0 *мм/мин*, для супесчаных — 2,0 *мм/мин* и песчаных — 3,5 *мм/мин*.

Приведенные цифры свидетельствуют о том, что интенсивность впитывания воды супесчано-суглинистыми и супесчаными почвами, а также суглинистыми разностями почв Центральной Якутии, занятых лесом, во всех случаях не будет ниже 1 *мм/мин*.

Существенную роль в задержании ливневых осадков и облегчении условий их впитывания в почву играет лесная подстилка. Н. Ф. Созыкин (1939) указывает, что подстилка может поглощать и удерживать до 15—20 *мм* осадков. По данным А. А. Молчанова (1960), влагоемкость подстилки в различных типах леса зоны смешанных лесов в зависимости от ее мощности колеблется от 4 до 21 *мм* воды. Для лесных полос водоудерживающая способность лесной подстилки принимается Д. Л. Армандом (1961) величиной постоянной и равной 15 *мм*.

По нашим наблюдениям, лесная подстилка в различных типах лиственничников задерживает на тот или иной срок до половины осадков, проникающих за лето под полог леса. Наибольшая влагоемкость подстилки, как указывалось ранее, в сосняках составляет около 2 *мм*,

в березняке 7 *мм* и в лиственничнике — 7—13 *мм*. Даже если предположить заведомо невозможный случай, что максимальное суточное количество осадков (49 *мм*) выпадает в течение часа, их интенсивность будет меньше 1 *мм/мин*.

Если количество осадков превышает влагоудерживающую способность подстилки, а избыток влаги не успевает впитываться в почву, то часть воды будет стекать вниз по склону. В этом случае неровности микрорельефа и подстилки значительно замедляют сток и способствуют постепенному впитыванию воды в почву. Очень часто даже на довольно крутых облесенных склонах стекающая вода полностью или почти полностью поглощается почвой.

В дубравах с ненарушенным покровом сток ливневых вод полностью поглощается почвой даже на склонах крутизной 13 и 22° (Готшалк, 1939). А. А. Молчанов (1960) приводит цифры, характеризующие величину стока в еловых и буковых лесах Болгарии. При ненарушенной подстилке сток при уклоне 15° составляет всего 1—2%. По данным того же автора, дубовый лес на расстоянии 60 *м* от опушки почти полностью поглощает воду, поступающую с безлесного пространства шириной 380 *м*. Практически отсутствует поверхностный сток в дубравах Шипова леса (Коплан, 1940). В. А. Бодров (1961) считает, что на юге лесостепи и в степной зоне поверхностный сток в лесу практически отсутствует.

В сводке Д. Китреджа (1951) приводится много примеров положительного влияния леса на уменьшение поверхностного стока в США даже при большом количестве осадков. Например, сток в дубовом лесу в Висконсине был менее 3%, а на полях и пастбищах составлял 26%. Особенно важно указание автора на резкое возрастание стока в тех случаях, когда сжигалась лесная подстилка. В различных районах США сток в дубовых лесах после сжигания подстилки возрастал в 3—40 раз. Это обстоятельство необходимо иметь в виду при оценке влияния лесных пожаров на гидрологический режим местности.

Таким образом, имеющиеся данные о влиянии леса на сток позволяют прийти к выводу, что и в лиственничных, сосновых и березовых лесах Центральной Якутии, растущих на ровных участках или на склонах крутизной по крайней мере до 5—7°, нет условий, благоприятствующих поверхностному стоку ливневых вод. По-видимому, то же можно сказать и в отношении вырубок с мало нарушенными покровом и подстилкой.

Сток талых вод

Физическая сторона процесса таяния снега обстоятельно разобрана в монографии П. П. Кузьмина (1961). Исследования, касающиеся таяния снега и стока талых вод в лесу и лесных полосах, обобщены в работах А. А. Молчанова (1960) и Д. Л. Арманда (1961). Поэтому, не останавливаясь на общих вопросах, мы перейдем к рассмотрению условий стока талых вод в равнинных лесах Центральной Якутии.

Сток талых вод в общих чертах определяется запасом воды в снеге к началу таяния, интенсивностью таяния, уклоном и характером поверхности, по которой стекает вода, и условиями впитывания влаги в почву.

Ранее отмечалось, что запас воды в снеге невелик. По многолетним данным, запас воды в снеге к концу второй декады апреля, т. е. перед началом снеготаяния[1], составляет 42 *мм*. Следовательно, даже при дружной весне, когда фаза между появлением приствольных кругов —

[1] Средняя дата разрушения устойчивого снежного покрова — 1.V, схода снежного покрова — 5.V.

проталин вокруг деревьев — и полным сходом снега длится всего 6—10 дней, наибольшее поступление воды вряд ли превысит 10 *мм* в сутки. Для сравнения укажем, что, по данным С. И. Мурашева и З. И. Кузнецовой (1939), интенсивность таяния снега в ельниках Московской и Калининской областей составила 3—4 *мм* в сутки; в сосняках Московской, Воронежской, Калининской, Куйбышевской областей и в Татарской АССР — от 4 до 6 *мм*. Несколько бо́льшие величины приводят В. И. Рутковский и З. И. Кузнецова (1940) для Истринского района Московской области, где средняя интенсивность снеготаяния в хвойных лесах колеблется от 4 до 10 *мм* в сутки, и для Башкирии, где в лиственных лесах она составляет 6—7 *мм*. Поэтому названную выше цифру — 10 *мм* в сутки — можно считать для Центральной Якутии максимальной.

Очевидно, что летом такое и даже значительно бо́льшее количество воды целиком впитывалось бы в почву. Весной, когда почва не оттаяла, возможно проникновение талых вод в еще мерзлую почву.

В литературе при рассмотрении водного режима лесов Якутии, часто можно встретить замечания о том, что талые воды скатываются по мерзлой почве и как бы теряются для леса. Такие утверждения неверны. Даже на участках с довольно заметным уклоном (по нашим наблюдениям до 5—7°) талые воды практически целиком поглощаются почвой.

Водопроницаемость мерзлых почв изучал Н. А. Качинский (1927). Он установил, что почвы, увлажненные с осени до наименьшей влагоемкости, остаются проницаемыми для воды и в мерзлом состоянии, причем интенсивность впитывания оказалась около 0,3 *мм/мин*, или 60—70% той, которая наблюдалась в этой почве летом. Опытами, поставленными в Московской области, Н. Ф. Созыкин (1940) выявил, что водопроницаемость мерзлой почвы снижается и составляет приблизительно 60—70% ее водопроницаемости в талом состоянии. Он считает, что снижение интенсивности впитывания в мерзлую почву в основном объясняется не закупоркой почвенных пор льдом (если почва не переувлажнена с осени), а увеличением вязкости воды с понижением температуры. Отмечено проникновение воды в мерзлую почву до глубины 60 *см*. Опытами, поставленными Е. Н. Цыкиным (Арманд, 1961), выявлено, что при температуре почвы в лесной полосе —7° возможна инфильтрация воды на всю глубину мерзлого слоя, а интенсивность инфильтрации колеблется от 0,1 до 0,5 *мм/мин*. П. Ф. Идзон (1961) указывает, что на Волго-Уральском междуречье талые воды в микропонижениях почти целиком впитываются даже в промерзшую почву.

Обобщая исследования, посвященные впитыванию воды мерзлыми почвами, Д. Л. Арманд высказывает следующие соображения: «1) зависимость проницаемости почв от механического состава и структуры при замерзании остается неизменной. Почвы, относительно более проницаемые летом, остаются такими и в промерзшем состоянии; 2) снижение инфильтрационной способности при промерзании почв происходит за счет большой вязкости холодной воды, а при сильном увлажнении — также за счет уменьшения сечения пор при замерзании капиллярной влаги...» (1961, стр. 228). Аналогично расчету интенсивности впитывания воды в талые почвы Д. Л. Армандом приводятся средние величины ее для неслитно промерзших почв. Интенсивность впитывания воды в этом случае такова: средне- и мелкосуглинистые почвы — 0,6 *мм/мин*, супесчаные — 1,2 *мм/мин* и песчаные — 2,1 *мм/мин*. Следует подчеркнуть, что перечисленные данные о проницаемости мерзлых почв характеризуют те случаи, когда на почве нет ледяной корки, а влажность ее не превышает наименьшей влагоемкости.

Рис. 41. Снеговые воды на ровной лесной дороге

В какой же мере данные о водных свойствах мерзлых почв, полученные в Европейской части СССР, могут быть применены к лесам Якутии? Очевидно, что влияние на сток уклона и характера поверхности не может иметь каких-либо черт, свойственных только Якутии. Остается только вопрос об условиях впитывания влаги.

Влага, если содержание ее в почве не превышает величины наименьшей влагоемкости, удерживается капиллярными силами и не стекает вниз. Поэтому водопроницаемость почвы не изменится от того, будет ли эта влага в жидком или твердом виде. Избыток же влаги сверх наименьшей влагоемкости будет стекать вниз. Таким образом, условия впитывания талых вод будут в первую очередь определяться степенью влажности почвы в период осеннего промерзания. При этом необходимо учитывать и обилие в лесных почвах некапиллярных пустот и морозобойных трещин, облегчающих просачивание воды.

Влажность верхних слоев лесных почв осенью, как об этом упоминалось ранее, как правило, не превышает величины наименьшей влагоемкости. Это подтверждается наблюдениями, проведенными во второй половине октября, когда верхние слои почвы были уже промерзшими и дальнейшего изменения их влажности не происходило. Следовательно, весной сохраняются условия, благоприятствующие впитыванию влаги в почву, и нет оснований считать, что интенсивность этого процесса будет меньше средних величин, рассчитанных Д. Л. Армандом.

Весеннему впитыванию воды благоприятствует и то обстоятельство, что в лесах Центральной Якутии, из-за отсутствия зимних оттепелей на почве не образуется ледяной корки, которая в других районах придает почве непроницаемость. Однако следует учитывать возможное снижение водопроницаемости мерзлой почвы вследствие защемления воздуха в ее порах.

Характер осенней погоды сказывается и на особенностях предзимнего увлажнения подстилки, которое, вообще говоря, невелико. Как правило, снег выпадает на уже промерзшую сверху почву. Между выпадением последнего дождя и снегопадом обычно некоторое время

сохраняется сухая морозная погода, во время которой мокрые частицы опада, составляющие верхний слой подстилки, смерзаются, образуя подобие жесткого каркаса, поддерживающего ее рыхлое сложение и сохраняющего макропустоты. Поэтому водовместимость подстилки практически почти не уменьшается и остается весьма высокой. Даже если предположить, что интенсивность таяния намного превышает интенсивность впитывания воды почвой и подстилка окажется насыщенной водой, и в этом случае она будет оказывать очень сильное препятствие стоку воды.

Сопоставление всех изложенных обстоятельств позволяет сделать вывод, что в лиственничных и сосновых лесах Центральной Якутии, занимающих ровные и пологонаклонные местоположения, талые снеговые воды практически целиком поглощаются почвой и сток их за пределы данного участка ничтожен (рис. 41).

Влияние леса на поверхностный сток талых и ливневых вод в общих чертах может характеризоваться приблизительно теми же количественными показателями, которые получены для лесов других районов страны. При решении вопроса о ширине оставляемых лесных полос при раскорчевке леса под сельскохозяйственные угодья могут быть применены рекомендации Д. Л. Арманда, указывающего, что «при расчете как на ливни, так и на снеготаяние более чем при половине возможных сочетаний почвенных и климатических условий на пологонаклонных неэродируемых полях ширина лесных полос в 20 *м* оказывается достаточной» (1961, стр. 235).

При расчете баланса влаги конкретного участка леса, кустарниковых зарослей или заросшей вырубки с ненарушенным мертвым покровом, расположенных на ровной поверхности или на склоне крутизной по крайней мере до 5—7°, поверхностный сток талых и дождевых вод практически может не приниматься во внимание. Нужно подчеркнуть, что это относится к сравнительно небольшим однородным площадям, а не к бассейнам, включающим в себя участки, разнящиеся по рельефу и по растительности, на которых сток может быть и выражен. Например, он наблюдается на лугах с заметным уклоном, по безлесным склонам увалов, тальвегам падей, по колеям дорог на склонах и т. д.

Сток с лесных бассейнов

В задачу изучения водного режима различных участков леса не входит выяснение влияния леса на речной сток. Для этого пока нет данных, позволяющих сравнить сток с лесных и нелесных бассейнов, находящихся в одинаковых физико-географических условиях. Тем не менее мы считаем целесообразным дать краткую характеристику стока со сравнительно небольшого лесного бассейна; это поможет хотя бы косвенно судить о стоке талых и дождевых вод в пределах однородного участка леса.

Наиболее подходящим для этой цели оказался бассейн речки Шестаковки, находящейся в 35—40 *км* к югу от стационара. Он также расположен в пределах Приленской эрозионно-аккумулятивной равнины, где почвообразующими породами по преимуществу являются древнеаллювиальные легкие суглинки, супеси и пески. Лесистость бассейна Шестаковки приблизительно такая же, как и в районе наших работ, но рельеф несколько более расчлененный, встречаются озера, связанные с гидрографической сетью, вершины падей часто временно заболочены.

Шестаковка — небольшая речка, берущая начало из озера, текущая только летом и целиком промерзающая к ноябрю. Площадь ее бассейна 95,1 *км*^{2}. Наблюдения за расходом воды ведутся в 10 *км* от устья.

В табл. 35 приведены данные о расходе воды у водомерного поста на Шестаковке и о стоке. Для простоты расчетов сток в мае принят за весенний сток, что в общих чертах согласуется с гидрографами за годы наблюдений.

Таблица 35

Сток р. Шестаковки, *мм* слоя воды и % к сумме осадков за год

Год	Сток по месяцам, *мм*							Осадки за год, *мм*	Сток, % к осадкам	
	V	VI	VII	VIII	IX	X	Итого		годовой	весенний
1953	13,2	0,9	2,0	1,5	3,5	1,9	23,0	189	12	7
1954	28,0	8,5	7,3	2,3	2,2	3,4	51,7	241	21	12
1955	17,2	1,1	0,6	0,6	1,1	0,4	21,0	179	12	10
1956	4,5	3,5	0,0	0,7	1,1	0,9	10,7	207	5	2
1957	18,1	2,0	0,1	0,4	1,0	0,1	21,7	198	11	9
1958	2,0	2,2	4,2	0,6	0,8	2,8	12,6	200	6	1
1959	18,1	0,9	4,2	3,1	7,1	0,7	34,1	297	11	6
1960	14,4	2,0	1,2	4,2	6,8	0,4	29,0	274	11	5
1961	21,4	7,9	2,8	2,5	1,9	0,7	37,2	210	18	10
Средний	15,2	3,2	2,5	1,8	2,8	1,3	26,8	222	12	7

Наиболее характерные особенности стока сводятся к следующему. Более половины в общем небольшого объема годового стока (коэффициент стока 0,12) приходится на долю весеннего паводка. Летом и осенью сток крайне незначителен: почти в половине приведенных случаев величина его за месяц составляет около 1 *мм*. Колебания стока в целом за год, весной и в отдельные месяцы очень велики и не увязываются ни с общим количеством осадков, ни с их сезонным распределением. В отдельные годы, например в 1956 и 1958, весенний сток практически отсутствовал. Очевидно, что величина стока зависит не только от количества осадков, но в бóльшей степени от условий испарения, а весной — от интенсивности снеготаяния.

Сток дождевых вод очень мал, хотя бассейн Шестаковки расчленен сетью падей и лощин, часто заболоченных в верховьях, имеет озера, связанные с гидрографической сетью, разнороден по растительному покрову и т. д. В этих условиях не приходится говорить о стоке с полого наклонных лесных участков. Очевидно, сток будет отсутствовать или окажется исчезающе малым и в небольших облесенных бассейнах типа пологосклонных падей и лощин.

Весенний сток подвержен большим колебаниям, но выражен более отчетливо, хотя на его долю приходится только около 7% годовых осадков, или 20% запасов воды в снеге. Как и ливневый сток, его можно игнорировать в пределах лесных участков, но, по-видимому, придется учитывать там, где по характеру рельефа и поверхности возможно стекание талых вод.

Весенний сток (очень редко и ливневый) наблюдается в бессточных понижениях (аласах), занятых луговой растительностью и часто имеющих озеро или болото в наиболее пониженной части. Здесь сток идет от периферии к центру понижения. Питание озера или болота, если они на аласе есть, в основном осуществляется в результате поступления талых вод. Однако водосбор в этих случаях ограничивается лишь неширокой кольцеобразной полосой в периферической части аласа. Но и в этих случаях сток с лесных опушек с хорошо выраженной подстилкой незначителен.

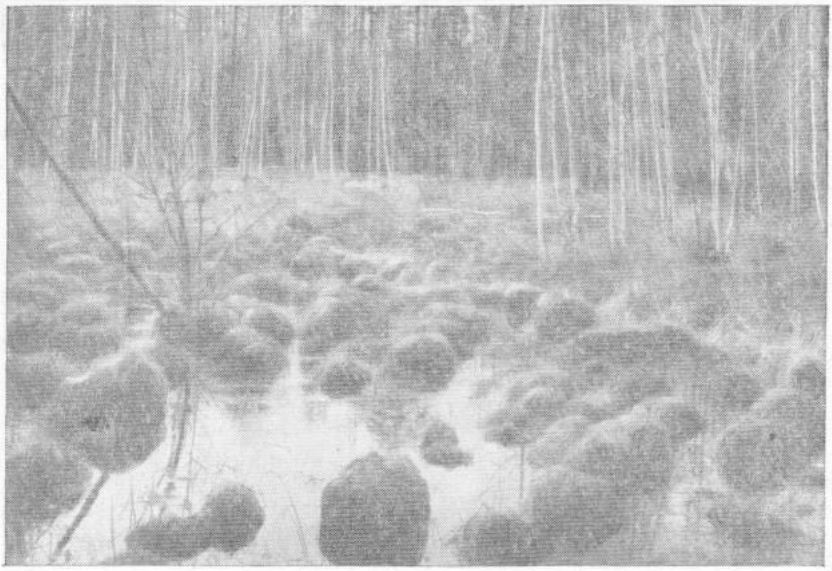

Рис. 42. Временное кочкарниковое болотце среди леса

Весной талые воды могут скапливаться в небольших бессточных понижениях среди леса, занятых кочкарниками (рис. 42). Но иногда такие кочкарники остаются сухими.

По тальвегам падей с относительно крутыми склонами в период снеготаяния образуются временные потоки. При этом явления эрозии не выражены даже на крутых склонах, если на них сохранился лес или они покрыты травяной растительностью. Не наблюдается размыва и на старых, заброшенных дорогах, идущих по падям, если они заросли травой (рис. 43). Но грунтовые лесные дороги с глубокими колеями, даже на склонах небольшой крутизны, могут дать начало большим промоинам (рис. 44). В этих случаях водосбором обычно бывает часть дороги, расположенная выше по склону, поступление же воды на дорогу из окружающих ее лесов чаще всего незначительно. Но и на самых опасных в эрозионном отношении участках явления размыва наблюдаются не каждую весну. Они свойственны веснам, сопровождающимся дружным таянием снежного покрова в тех условиях, когда запасы воды в снеге к началу таяния достаточно велики.

В годы с растянутым периодом снеготаяния или небольшими запасами снега размыв может быть столь незначительным, что его можно не принимать во внимание.

На вырубках, расположенных на склонах средней крутизны, размывов, как правило, нет. Вполне возможно развитие эрозионных процессов по тракторным волокам, идущим вниз по склону. Однако в Центральной Якутии пока не велось концентрированных вырубок с массовым применением трелевки или вывозки деревьев с кронами. Поэтому трудно судить о возможных разрушениях почвенного покрова при этих работах.

Вообще же эрозионные процессы не характерны для Центральной Якутии. Овражная сеть почти отсутствует. Отложения смытого материала в устьевых участках падей, дренирующих лесные территории, незначительны, конусы выноса задернованы. Даже на крутых задернованных склонах коренных берегов Лены, где есть признаки смыва почвы, явления размыва почти отсутствуют.

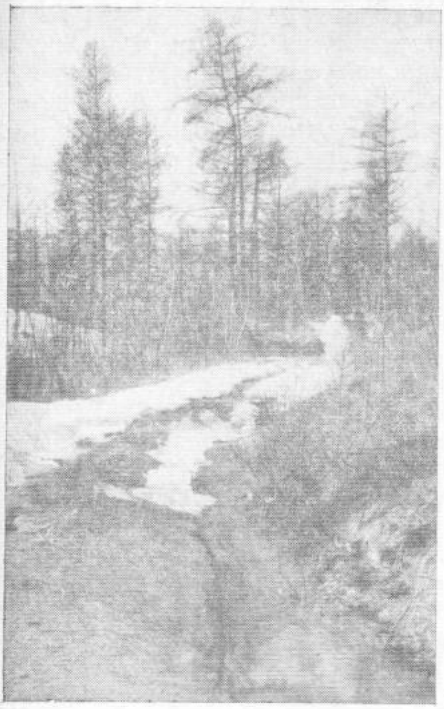

Рис. 43. Весенние воды, стекающие по заброшенной, задернелой дороге

Рис. 44. Автомобильная дорога на склоне с глубокими колеями, размытая весной

Слабое развитие эрозионных процессов в Центральной Якутии объясняется главным образом небольшим количеством осадков вообще, малыми запасами снеговой воды и небольшой интенсивностью летних осадков. Известную роль играет и вечная мерзлота, препятствующая размыву почвы в весеннее время и не успевающая оттаять на сколько-нибудь значительную глубину.

Внутрипочвенный надмерзлотный сток

В Центральной Якутии распространены явления засоления почв, которые, по В. Г. Зольникову (1954б), преимущественно связаны с континентальным соленакоплением. На верхних, более опресненных уровнях древнеаллювиальной равнины преобладает содовое засоление, а в долине Лены — сульфатное и хлоридное, причем площади засоленных почв возрастают от верхних уровней равнины к нижним. Изучение гидрохимических свойств озер Центральной Якутии (Егоров, 1942; Егоров и Немчинов, 1954) показало, что засоление вызывается не только засоленностью почв и грунтов в районе развития аласов, но и аккумуляцией в них легкорастворимых карбонатов и хлоридов, поступающих с поверхностным надмерзлотным стоком. А. И. Ефимов (1954), отмечая ничтожность надмерзлотного стока, считает, что благодаря длительности существования озерных впадин грунтовой сток влияет на формирование солевого состава озерной воды. На связь явлений засоления аласов с надмерзлотным стоком ранее указывал Р. И. Аболин (1929).

Местами, где имеются благоприятные мерзлотно-гидрогеологические условия (например, присклоновые участки песчаных террас в долине Лены), наблюдаются выходы надмерзлотных вод в виде источников, действующих иногда круглый год (Ефимов, 1952, 1954).

В районе стационара надмерзлотные воды выходят на дневную поверхность в понижениях между дюнообразными песчаными холмами, у бровки склона в вершине пади. На сплошных вырубках, там, где грунты песчаные, лесорубы роют колодцы, обеспечивающие водой небольшие бригады, живущие в лесу. Приведенные материалы о режиме влажности почвы показывают, что во многих случаях надмерзлотные горизонты, преимущественно песчаных почв, насыщены влагой, способной к передвижению под действием силы тяжести.

Все это свидетельствует о существовании внутрипочвенного передвижения влаги по мерзлому водоупору.

В зависимости от водно-физических свойств почвы и грунта, внутрипочвенный надмерзлотный сток может быть выражен в разной степени. Не исключается его отсутствие и в тяжелосуглинистых грунтах. Однако количественных показателей, характеризующих надмерзлотный сток, в литературе нет.

Для выяснения особенностей внутрипочвенного передвижения воды были поставлены опыты с внесением в надмерзлотные горизонты хлористого натрия и последующим прослеживанием распространения хлора. С этой целью на дно траншей длиной около 2 *м*, вырытых до уровня мерзлоты, вносилась поваренная соль, после чего траншея засыпалась и тщательно прикрывалась заранее снятой дерниной. При рытье траншеи и перед закладкой соли послойно проверялось, содержатся ли в почве хлориды. Через определенный срок с некоторого расстояния от траншеи, постепенно к ней приближаясь, через каждые 0,5 *м* брались образцы почвы из надмерзлотных слоев, в которых качественно определялось присутствие хлора. Такие определения сделаны в двух местах.

1. Сосново-лиственничный лес на пологом склоне (2°) от сосняка толокнянкового к лиственничнику ольховниково-бруснично-багульниковому. Почва песчаная, мерзлота 25. VI — на глубине 110 *см*, 16. VIII — 160 *см*. На дне траншеи при закладке соли почва была свежей на ощупь. Через 52 дня хлор переместился на 2 *м* вниз по склону от траншеи. Средняя скорость передвижения влаги около 4 *см* в сутки.

2. Лиственничник лимнасово-брусничный, 140 лет; расположен на пологом северном склоне (около 2°). Почва суглинисто-супесчаная, на дне траншеи песчаная, свежая. Мерзлота 20. VII на глубине 121 *см*, 16. VIII — 150 *см*. Через 28 дней хлор обнаружен на расстоянии 1,2 *м*. Средняя скорость передвижения влаги 4,3 *см* в сутки.

В конце июня — в июле стояла дождливая погода и выпало редкое для этого времени количество осадков: 26.VI—1.VII—41,8 *мм*, 4—6.VII—15,5 *мм*, 9.VII—4 *мм*, 11—13.VII—41,4 *мм*, 21.VII—1,2 *мм*, 25—26.VII—7,1 *мм*, а всего за время с 25.VI по 16.VIII (период первого опыта) — 111,8 *мм*. За время второго опыта (20.VII—16.VIII) выпало всего 8,3 *мм*, т. е. в этом случае могла стекать только вода, накопившаяся в почве от предыдущих дождей.

Несмотря на то, что опыты проводились на песчаных почвах, а за этот месяц выпало почти полугодовое количество осадков (за 1958 г. — 207,3 *мм*), внутрипочвенное передвижение воды оказалось крайне медленным: всего около 4 *см* в сутки. Для сравнения интересно привести цифры И. С. Васильева (1950) по внутрипочвенному стоку в покровном суглинке в Великолукской области. В слое 40—60 *см* средняя скорость потока в сутки составляла 39—68 *см*, а максимальная (осенью) доходила до 100 *см*.

Столь малая скорость передвижения влаги объясняется прежде всего небольшим количеством осадков, бóльшая часть которых не достигает мерзлого водоупора даже в такой богатый осадками период, как июль 1958 г. В результате гидростатическое давление слоя гравитационной

воды, скапливающейся над мерзлотой, оказывается ничтожным. Поверхность мерзлого водоупора из-за неравномерности оттаивания становится неровной. Небольшие запасы свободной воды могут скапливаться в местных микропонижениях. Наконец, вода, температура которой приближается к 0°, имеет повышенную вязкость, а скорость течения обратно пропорциональна ее вязкости. Так, вязкость воды при 0° равна 1,792, а при 20° — 1,005 пуаз. Возрастание вязкости в нашем примере почти на 80% вызовет и соответственное уменьшение скорости.

Таким образом, внутрипочвенный надмерзлотный сток в лесу, даже в наиболее благоприятных условиях, оказывается незначительным. В большинстве случаев при расчете баланса влаги его можно практически не принимать во внимание. Внутрипочвенный сток будет более отчетливо выражен на крутых склонах, сложенных легкими по механическому составу грунтами, и на песчаных почвах в условиях расчлененного рельефа.

Надмерзлотный сток, как бы мал он ни был, необходимо учитывать при рассмотрении длительно идущих процессов, например, засоления аласов и т. п.

Парообразная влага в почве

Почти во всех работах, освещающих особенности режима влажности почв в области распространения вечной мерзлоты, обычно затрагивается вопрос о конденсации водяных паров атмосферы в верхних слоях почвы, а также о влиянии конденсации на режим влажности почвы и о внутрипочвенном перемещении влаги в парообразном состоянии (Колосков, 1937, 1938; Цыпленкин, 1937, 1944; Тугаринов, 1949; Тютюнов, 1951; Зольников, 1954б; Шашко, 1961; Поздняков, 1961а). В последнем случае обычно рассматривается передвижение водяных паров к мерзлоте, а в период промерзания верхних слоев почвы — и к последним. Результатом такой миграции паров должно быть увеличение влажности нижних и верхних горизонтов за счет уменьшения содержания влаги в средних слоях.

Опыты, выясняющие условия конденсации водяных паров и их передвижение в почве, провел вблизи Якутска Г. П. Никитин (1957). Он установил, что пары атмосферы могут конденсироваться только в поверхностном слое и не проникают глубоко в почву.

Скромную роль конденсации водяных паров как источнику пополнения запасов влаги в почве отводит Ю. Ф. Готшалк (1939), изучавший режим влажности лесных почв на Тростянецкой опытной лесной станции на Украине.

В стационаре опыты по учету паров, поглощаемых в верхнем слое почвы, были проведены по методу А. Ф. Лебедева (1931) на вырубке, в лиственничнике 130 лет и в сосняке 115 лет. В почве, в нишах, сделанных в боковых стенках траншей, устанавливались стеклянные бюксы с просеянной легкосуглинистой почвой. Бюксы взвешивались на аналитических весах. Траншеи тщательно засыпались послойно вынутой землей и заделывались снятой дерниной с подстилкой. Через определенный промежуток времени траншеи вскрывались, и после взвешивания бюксов определялась прибавка влаги, которая могла образоваться только вследствие поглощения паров из почвенного воздуха. Прибавка пересчитывалась в процентах на абсолютно сухую навеску и в миллиметрах водного слоя. Бюксы устанавливались так, чтобы от верхнего среза их до поверхности почвы без подстилки было 5 *см*. На каждом участке было заложено по три траншеи. В одной бюксы находились с

10.VI по 1.VII (20 дней), во второй — с 10.VI по 30.VII (50 дней) и в третьей — с 10.VI по 30.VIII (80 дней). Результаты опыта представлены в табл. 36.

Таблица 36

Поглощение парообразной влаги почвой на глубине 5 *см*

Число дней	Вырубка		Средняя прибавка влаги			
			лиственничник 130 лет		сосняк 115 лет	
	%	*мм*	%	*мм*	%	*мм*
20	4,46	1,58	2,54	0,96	3,72	1,31
50	14,50	5,23	6,77	2,34	7,18	2,58
80	11,07	4,01	8,83	3,17	11,56	4,00

Исходная влажность почвы, взятой для опыта, в среднем достигала 1,3%, т. е. была близкой к максимальной гигроскопичности таких почв (величина последней не определялась). Это дает основание полагать, что в процессе поглощения паров преобладала капиллярная конденсация, а сорбция имела подчиненное значение[1]. Величина прибавки за каждый период является результирующей, поскольку были возможны и конденсация, и испарение.

Интенсивность поглощения паров достигает максимума на вырубке, слабее она в сосняке с маломощным мертвым покровом и лиственничнике с хорошо выраженной подстилкой и развитым травяно-кустарничковым ярусом. В лиственничнике и сосняке количество поглощенной воды возрастает пропорционально времени и экспозиции склона. На вырубке максимальное количество поглощенной влаги наблюдалось на 50-й день, а к концу опыта снизилось. Это объясняется тем, что с середины августа на почвах вырубки были заморозки (14.VIII—2,5° 28.VIII—7,2°; 29.VIII—5,5°; 30.VIII—1,9°), отсутствовавшие под пологом леса. Охлаждение поверхности почвы, видимо, повлекло за собой миграцию водяных паров из близлежащих слоев почвы. Среднесуточное поглощение влаги на вырубке составляет 0,08—0,10 *мм*, а в лиственничнике и сосняке около 0,05 *мм*. Эти цифры очень близки к средней величине конденсации на поверхности почвы за одну ночь, полученной Г. П. Никитиным (1957) в сосняке (0,03—0,04 *мм*) и на оголенной почве (0,09—0,10 *мм*). Этот автор полагает, что прибавка влаги в результате конденсации в течение вегетационного периода не превысит 5 *мм*. Хотя приведенные и наши данные относятся к разным годам, но сходство полученных величин позволяет высказать предположение, что водяные пары атмосферы проникают в почву по крайней мере до глубины 5 *см*.

А. А. Молчанов (1952) указывает, что наибольшая сорбция водяных паров в почве сосняков также наблюдается на глубине 5—10 *см*.

Можно считать установленным, что конденсация паров ограничивается верхними слоями почвы. Однако, в вопросе о том, какова количественная оценка роли этого процесса в балансе почвенной влаги, мнения исследователей резко расходятся. Одни считают конденсационную влагу существенной составной частью баланса, другие отводят ей небольшую роль.

При оценке количественных характеристик конденсации влаги в почве, полученных в результате экспериментов, следует иметь в виду, что сорбция и капиллярная конденсация в почве часто не отделяются от росообразования, что приводит к преувеличению роли этого процесса. Роса, осаждающаяся на поверхности подстилки и на растениях, может уменьшать физическое испарение и, как указывает А. А. Молчанов

[1] Термины применяются по А. А. Роде, 1952.

(1960), замедлять транспирацию. Часть росы может проникать сквозь подстилку в почву, но в целом выпадение и испарение росы под пологом леса протекает, как правило, вне почвенной толщи, и влага росы не может оказывать существенного влияния на увеличение запасов воды в почве. Характерно, что часть росы образуется за счет паров, мигрирующих из почвы в атмосферу, причем количество влаги в результате конденсации первых может в 1,5 раза превышать влагу, осаждающуюся из воздуха (Молчанов, 1960). Еще раз подчеркнем, что влага, задержанная растениями или подстилкой, будь то дождь или роса, влияет на водный режим почвы, главным образом изменяет условия испарения почвенной влаги, но непосредственно на увеличение запасов воды она может и не влиять.

И. С. Васильев (1940) предостерегает исследователей от серьезных ошибок, которые возможны при неправильном использовании почвенных испарителей для учета конденсации. Иногда неоправданная прибавка в весе испарителей принималась за конденсацию, как, например, в анализируемых им опытах Н. П. Порывкина, упоминающихся почти в каждой работе, затрагивающей конденсацию атмосферной влаги.

Заметим также, что пассивное перемещение водяных паров вместе с воздухом (Роде, 1952) не может служить значительным источником пополнения паров в почве, так как воздухообмен почвы и атмосферы затрудняется в слое подстилки, а содержание влаги, насыщающей воздух, невелико (при 10°—9,4 *г/м*³).

Сведения о возможной величине сорбции и капиллярной конденсации паров в лесных почвах и увеличении вследствие этих процессов запасов влаги в почве не дают основания считать такую прибавку достаточно большой.

Представляет интерес вопрос об условиях передвижения парообразной влаги по профилю почвы летом от поверхности к мерзлоте, а осенью из средних слоев к мерзлоте с одной стороны, и к нижней поверхности слоев, промерзающих сверху,— с другой.

Очевидно, что пассивное передвижение парообразной влаги с воздухом, заключенным между двумя мерзлыми слоями, будет иметь ничтожное влияние на перераспределение влаги.

Активное или диффузное передвижение паров осуществляется независимо от движения воздуха и обусловливается только градиентом упругостей пара между различными слоями почвы. Оно может осложняться многократным сжижением и новой дистилляцией пара. Конденсация влаги в период промерзания почвы у поверхности последней и у мерзлоты, которая имеет большое значение в перераспределении влаги внутри почвы, может осуществляться только за счет диффузно перемещающихся паров.

Вероятность и направленность вертикального передвижения парообразной влаги в верхних слоях (5—20 *см*) почвы в Верхоянске была рассчитана нами по методу А. Ф. Лебедева (1931). Летом (днем и вечером) преобладают условия, благоприятствующие диффузному передвижению паров из верхних слоев в нижние в силу разности упругости паров между ними. Осенью (ночью и утром), когда поверхность почвы охлаждена, вероятна миграция паров в ее верхние слои, и только днем и вечером сохраняется тенденция к перемещению их в более глубокие горизонты (Поздняков, 1961а).

Однако количественная характеристика этого процесса недостаточно выяснена.

И. С. Васильев (1950) определяет внутрипочвенное перемещение паров и последующую конденсацию их у промерзшего слоя в дерново-подзолистой почве в пределах 10—20 *мм* за зиму.

Ранее упоминалось, что большого увеличения влажности поверхностных горизонтов почвы поздней осенью, когда последняя определялась уже в промерзшем слое, не было обнаружено.

Не было обнаружено и существенной разницы в поглощении паров почвой на разных глубинах в опытах, аналогичных описанным, но с установкой бюксов на глубинах 20, 50 и 100 *см*. Так, за время с 16.VIII по 5.IX, т. е. за 20 дней, прибавка влаги в результате конденсации в лиственничнике 130 лет была на глубине 20 *см* 4,99% на абсолютно сухую навеску, на 50 *см* — 4,99% и на 100 *см* — 4,94%.

Внутрипочвенную конденсацию на светло-каштановых почвах в континентальном Заволжье изучала М. М. Абрамова (1958). По предварительным данным, приводимым ею, летом преобладало нисходящее передвижение паров. В слое 20—100 *см* прибавка в весе конденсометров, вмещавших около 100 *см*³ почвы, колебалась в середине лета от 3,3 до 3,6 *г*, в конце — от 0,3 до 0,7 *г*. В период же с октября до мая существовало восходящее направление движения паров, сопровождавшееся прибавкой в весе конденсометров от 0,4 (20 *см*) до 4,5 *г* (60 *см*).

В то же время есть основание полагать, что отмечаемое многими исследователями восходящее движение влаги в зимнее время обусловливается преимущественно передвижением жидкой, а не парообразной воды. Убедительным доводом в пользу этого являются опыты, проведенные И. С. Васильевым и А. А. Роде (1960) путем «мечения» почвенной влаги ионом хлора. Оказалось, что зимнее возрастание запасов влаги в верхнем слое почвы вследствие снижения их в нижних было обусловлено передвижением воды в жидком виде, причем с осени влажность почвы по всему профилю была близка к наименьшей влагоемкости.

В ряде работ И. А. Тютюнов указывает, что внутрипочвенное передвижение влаги в осенний и зимний периоды может происходить одновременно в парообразном и жидком виде. При этом он считает, что «движущей силой миграции воды в грунтовой системе при всех изменениях внешней среды является разность химических потенциалов взаимодействующих фаз этой системы. Действие температурного градиента на миграцию проявляется потому, что с понижением температуры эта разность возрастает» (1960, стр. 72). В другой работе И. А. Тютюнов (1961) подчеркивает, что и процессы кристаллизации воды также обусловливаются разностью химических потенциалов. Зимнее перемещение влаги обнаружено этим исследователем (1951) в сильно влажных торфянисто-глеевых почвах.

Таким образом, процессы миграции влаги внутри почвенного профиля требуют дальнейшего изучения. Особенно это относится к непереувлажненным лесным почвам, где общие запасы влаги вообще малы.

Однако при этом надо иметь в виду, что интенсивность термического перемещения парообразной влаги в непереувлажненных почвах из средних горизонтов в верхние при промерзании последних, вероятно, невелика, так как градиент температуры между этими слоями, определяющий интенсивность диффузного передвижения паров, очень мал (в начале октября 1,0—1,5° с дальнейшим быстрым уменьшением). Кроме того, к 20—25 октября на глубине 1 *м* температура обычно уже достигает 0°, и, следовательно, период, когда такое передвижение паров возможно, ограничивается очень коротким временем.

Активное перемещение паров и их последующая конденсация в надмерзлотных слоях, по-видимому, проходят в течение всего лета, но отделить этот процесс от процесса просачивания жидкой воды очень трудно.

Очевидно, что уверенно говорить о количественных показателях передвижения парообразной влаги в естественных условиях можно

будет только в том случае, если в опытах представится возможным каким-либо способом «пометить» парообразную влагу, например, при помощи изотопов.

В настоящее время нет достаточных оснований считать сорбцию водяных паров атмосферы в верхних слоях почвы значительным источником пополнения запасов влаги в почве. Однако, учитывая важность выяснения этого вопроса для изучения водного режима почв, совершенно необходимо проводить детальное исследование в различных физико-географических условиях.

ИЗМЕНЕНИЕ ЗАПАСОВ ВЛАГИ В ПОЧВЕ

Представление о влагообеспеченности растений может дать анализ изменения запасов влаги в корнеобитаемом слое почвы в течение вегетационного периода. Исходя из приведенных ранее данных о глубине распространения корневых систем деревьев, можно полагать, что последние во всех случаях не выходят за пределы метрового слоя почвы. Очевидно, что запас влаги в каждый данный момент будет своего рода результирующей величиной, отражающей поступление воды в этот слой и ее расход как на суммарное испарение, так и на отток в нижние горизонты почвы.

Для выяснения общей тенденции изменения запасов влаги в корнеобитаемом слое почвы остановимся на тех участках, где наблюдения велись без перерыва с 1955 по 1961 г. Кроме того, приводятся данные о динамике запасов влаги на других участках, с более коротким периодом наблюдений (табл. 37).

Прежде всего следует отметить значительные колебания запаса влаги на каждом участке в пределах даже одного года. Помимо меняющихся условий притока и расхода влаги, здесь нашла отражение и пестрота механического состава почвы, а в отдельных случаях и скопление подвешенной влаги в верхних горизонтах. Такие явления обычно наблюдаются после дождей. Однако определенной зависимости запаса влаги в почве от выпадения осадков не улавливается, что, вероятно, связано с различиями конкретных условий инфильтрации и расходования воды. Возможно, что при более частых определениях влажности почвы влияние осадков выделилось бы рельефнее.

Колебания запасов влаги в различные сроки наблюдений в лесу обычно более значительны, чем на вырубке. Это особенно заметно по данным о запасе влаги в позднеосенний период в 130-летнем лиственничнике и в сосняке, которые не получают влаги извне. Например, в конце сентября в лиственничнике запас влаги в 1958 г. был 45 *мм*, в 1959 — 157 *мм*; в сосняке 115 лет, соответственно,— 63 и 91 *мм* и в 155-летнем — 33 и 85 *мм*. В первом случае за август и сентябрь выпало 13 *мм* осадков, во втором — более 130 *мм*. В 1958 г. древостой энергично расходовал влагу из корнеобитаемых слоев, не получая существенного пополнения из других слоев или соседних участков, как это бывает в 50-летнем лиственничнике или в лиственничнике с ольховником. Вырубки расходуют меньше влаги, чем лес, и запасы влаги в верхних слоях подвержены меньшим колебаниям. Колебания меньше и там, где вероятна связь корнеобитаемых слоев с нижними, богатыми влагой.

Выявляется тенденция уменьшения запасов влаги от весны к осени. Это характеризуют средние за 7 лет запасы влаги по месяцам, причем июнь представлен второй, а октябрь первой половиной месяца (табл. 38).

Участок	Недоступная влага, *мм*	1955			1956					1957			1958					
		4.VII	24.VII	5.IX	29.VI	19.VII	9.VIII	10.IX	9.X	13.VII	6.VIII	30.VIII	2.VII	16.VII	1.VIII	16.VIII	2.IX	27.IX
Вырубка 1953 г.	31	197	138	77	168	115	85	136	175	199	155	—	186	233	194	167	186	165
Лиственничник 130 лет	18	67	112	67	—	136	—	100	78	—	131	147	—	114	110	91	68	45
Лиственничник 50 лет	58	—	—	196	—	—	114	214	197	—	190	247	—	—	232	125	227	166
Сосняк 115 лет	15	—	72	53	55	47	60	63	98	58	54	56	138	109	111	75	59	63
Березняк 30 лет	57	178	128	146	186	102	167	109	—	199	165	148	186	258	149	94	106	161
Осадки в период между наблюдениями, *мм*		30	33		9	46	37	46		21	11		61	8	0	10	3	

Высокие запасы влаги на вырубке не являются исключением. Так, на вырубке 1948 г. они колебались в 1958 г. от 224 до 355 *мм*, в 1959 г. — от 138 до 253 *мм*. На поляне же, запасы были соответственно от 184 до 361 *мм* и от 168 до 425 *мм*. По-видимому, типичны и запасы влаги в почве сосняка, приводимые в табл. 38. В сосняке 155 лет они составляли в 1958 г. 33—74 *мм*, в 1959 г.—41—85 *мм*, в 1960 г. —52—86 *мм* и в 1961 г.—82—88 *мм*. В лиственничнике толокнянковом колебания запасов влаги были в 1958 г. от 58 до 122 *мм*, в 1959 г.— от 63 до 90 *мм* и в 1961 г.— от 70 до 158 *мм*, т. е. находились в пределах величин, характеризующих 130-летний лиственничник.

Таблица 38

Средние запасы влаги в слое 0—100 *см*, *мм*

Участок	Месяц				
	VI	VII	VIII	IX	X
Вырубка 1953 г.	248	184	140	162	187
Лиственничник 130 лет	—	106	95	83	83
Сосняк 115 лет	86	77	82	84	90
Березняк 30 лет	202	183	155	149	153

Таким образом, наибольшие запасы влаги в метровом слое почвы свойственны вырубкам различной давности и злаково-разнотравному лугу. Значительно меньше запасы воды в лиственничниках и в сосняках. Березняк, растущий на опушке аласа, по-видимому, получает воду извне, нижние горизонты почвы в нем оглеены, запас влаги близок к тому, который наблюдается на вырубках.

Лиственничник 50 лет также выделяется высокими запасами влаги в метровом слое почвы. Здесь, как и в березняке, возможно поступление влаги с соседних участков.

К июлю в большинстве изучавшихся типов леса глубина оттаивания почвы превышает 1 *м* и запас влаги в этом слое составляет только часть той воды, которая находится во всей талой почве. В среднем за период с июля до половины сентября на вырубке запас влаги в метровом слое составляет около 50% общего ее содержания в талом слое, в лиственничнике 130 лет — 60%, в сосняке — 35%, а в березняке и лиственничнике 50 лет — около 75%. Учитывая, что вертикальное передвижение влаги от надмерзлотных слоев происходит весьма медленно, а иногда и практически отсутствует, можно прийти к выводу, что

Таблица 37

в слое 0—100 *см*, *мм*

1959					1960						1961			
15.VI	2.VII	16.VII	15.VIII	2.IX	19.VI	9.VII	26.VII	12.VIII	1.IX	20.X	13.VI	13.VII	13.VIII	17.X
247	199	177	201	180	250	188	209	144	230	200	—	194	172	196
—	140	57	56	157	99	143	53	—	61	123	—	111	128	48
—	—	134	125	284	—	—	—	171	224	183	—	—	237	—
63	69	70	114	91	77	69	71	86	173	82	147	68	98	—
219	179	155	159	158	—	214	179	176	214	183	—	169	181	122
3	13	44	82			30	15	38	61	5	24	74		

влагообеспеченность растений тем лучше, чем бо́льшая часть влаги сосредоточена в верхних корнеобитаемых слоях почвы, конечно, при условии, что абсолютное количество воды достаточно. Однако при этом нельзя упускать из виду и физиологические условия десукции влаги корнями растений. Например, эти условия могут быть неблагоприятными в плохо оттаивающей, но очень влажной почве. Очевидно, что соотношение запасов влаги в корнеобитаемом слое и во всей талой толще в основном определяется водно-физическим свойствами почвы и характером растительности. Оно должно учитываться при оценке условий транспирации, поскольку интенсивность последней зависит от запасов в почве воды, доступной растениям (Иванов и др., 1953).

Возвращаясь к табл. 37, можно отметить, что за весь период наблюдений не было случая, когда запасы влаги в метровом слое почвы были бы близки к той величине, которая условно считается недоступной: они минимум в 2—3 раза больше последней. Однако в некоторых горизонтах почвы, как это указывалось ранее, влажность может достигать критических величин. Как правило, сильное иссушение наблюдается в средних слоях почвы.

А. А. Молчанов (1952) провел интересное изучение водного режима почв сосновых лесов, простирающихся почти в меридиональном направлении от Архангельска до Волгограда. Приведем средние запасы влаги в метровом слое почвы в различных типах леса по зонам.

Таежная зона: в мшисто-лишайниковом сосняке 70 *мм*, в брусничном — 126 *мм*. **Зона смешанных лесов:** в сосняке брусничном — 87 *мм*, сложном — 102 *мм* и черничном — 149 *мм*. **Лесостепь:** сосняк злаково-лишайниковый (на буграх дюнного характера) — 29 *мм*, сосняк травянистый — 33 *мм*. **Степная зона:** в сухом боре — 33 *мм*, свежем боре — 71 *мм*. Количество влаги, недоступной растениям, в этом слое колебалось от 11 до 30 *мм*.

Сравнение приведеных цифр с нашими показывает, что запасы влаги в слое 0—100 *см* в якутских сосняках близки к тем, которые наблюдались в сосняках тайги и смешанных лесов Европейской части СССР, и обычно выше, чем в лесостепных и степных районах. Однако это еще не свидетельствует об относительно высокой влагообеспеченности якутских сосняков. Для них почти единственным источником является влага, содержащаяся в этом метровом слое, сосняки же Европейской части черпают ее из грунтовых вод или из более глубоких слоев почвы.

Представляет интерес сравнение запасов влаги в верхней части корнеобитаемого слоя (0—50 *см*), где сосредоточена основная масса корней деревьев, и нижней (50—100 *см*), менее насыщенной корнями. Такое сравнение сделано на примере 1958 г., когда наблюдениями был охвачен наиболее длительный период (табл. 39).

Таблица 39

Запас влаги в слоях 0—50 и 50—100 *см* в 1958 г., *мм*

Участок	Глубина, *см*	9. VI	2.VII	1.VIII	2.IX	27.IX
Вырубка 1953 г.	0—50	92	92	99	85	94
	50—100	—	94	95	101	71
Лиственничник						
50 лет	0—50	—	120	107	99	78
	50—100	—	—	125	128	84
130 »	0—50	57	95	58	31	21
	50—100	—	—	52	37	24
толокнянковый (XIV)	0—50	63	62	67	53	37
	50—100	—	35	34	24	28
Сосняк						
115 лет	0—50	43	96	78	32	38
	50—100	37	42	33	27	25
155 »	0—50	34	38	28	30	14
	50—100	33	36	28	20	19
Березняк	0—50	—	95	64	36	63
30 лет	50—100	—	91	85	70	98

На задернелой вырубке запас влаги в пределах метровой толщи почти не изменяется. Приблизительно такое же соотношение и в лиственничнике 130 лет, хотя абсолютные запасы влаги послойно в нем в 2—3 раза меньше. Вероятно, в этих случаях поступление влаги, инфильтрация и расход на испарение и транспирацию в какой-то степени уравновешиваются. В березняке и 50-летнем лиственничнике запас влаги в верхнем полуметре устойчиво меньше, чем в нижнем, что, по-видимому, объясняется как особенностями распределения корневых систем в почве, так и возможной связью последнего с капиллярно подпертой влагой в надмерзлотных слоях, как например в 50-летнем лиственничнике. В сосняках и в лиственничнике толокнянковом, растущих на песчаной почве, наоборот, запасы влаги в верхнем слое обычно больше, чем в нижнем.

Здесь, возможно, сказывается временное скопление подвешенной влаги, совпадавшее со временем взятия образцов, и несколько большая влагоемкость верхних слоев почвы, обогащенных гумусом.

В целом некоторое повышение влагозапасов в верхних горизонтах почвы по сравнению с нижними благоприятно для лесной растительности, хотя абсолютное количество воды в отдельных случаях может быть и недостаточным.

Общий запас воды в талом слое почвы в конце вегетационного периода в какой-то степени суммирует влияние на ее водный режим, водно-физических свойств самой почвы, с одной стороны, растительности,— с другой. Удобным критерием для суждения об этом может служить относительное влагосодержание, представляющее собой отношение запаса влаги в талом слое к глубине последнего, или количество влаги в миллиметрах, приходящееся на 1 *м* талого слоя (табл. 40).

Приведенные цифры позволяют сделать предположение, что лиственничник 130 лет расходует влаги больше, чем задернелые вырубки разных

Таблица 40

Количество влаги, приходящееся на 1 *м* талого слоя, *мм*

Участок	4.IX 1955	10.IX 1956	30.VIII 1957	2.IX 1958	21.IX 1959	1.IX 1960	13.VIII 1961	Среднее
Вырубка								
1953 г.	—	187	242	259	280	259	208	240
1948 г.	—	—	197	276	300	—	—	258
Поляна	—	—	—	253	308	—	—	280
Лиственничник								
50 лет	200	214	250	240	292	238	222	237
130 »	108	97	—	109	154	137	113	120
с ольховником	—	—	210	193	261	163	197	210
Сосняк								
115 лет	103	73	87	121	146	138	143	111
155 »	—	—	—	93	117	125	103	110
Березняк								
30 лет	158	134	147	110	150	233	206	163

лет, в почве которых к концу вегетации влагосодержание вдвое выше. Относительно высокое содержание влаги в лиственничнике с подлеском из ольховника объясняется наличием внутрипочвенного притока воды с соседних участков. Березняк расходует больше влаги, чем лиственничник 50 лет, занимающий приблизительно такие же почвы и, вероятно, находящийся в одинаковых с ним условиях увлажнения. Наименьшим относительным влагосодержанием характеризуется сосняк на песчаных почвах.

Интересно сравнить полученные величины с вычисленными по данным В. Г. Зольникова (1954б) для почв Орджоникидзевского района. Количество влаги, приходящейся на 1 *м* талого слоя почвы под яровой пшеницей 11.IX, было 206 *мм*, то же, парового поля (21.IX) — 277 *мм*, то же, дерново-лесной осолоделой почвы под травянистой лиственничной тайгой (10.IX) — 198 *мм*. Цифры, характеризующие влагонасыщенность суглинистой почвы парового поля и поля под пшеницей, близки к тем, которые приведены для супесчаных почв поляны и вырубок. Данные же по влагонасыщенности суглинистой почвы под лиственничником «сравнительно молодого возраста» приближаются к описанным 50-летнему лиственничнику и лиственничнику с ольховником. В. Г. Зольников подчеркивает, что изучавшийся им лесной участок имел приток влаги с верхних частей склона, так же как упомянутые лиственничники.

По-видимому, по величине относительного влагосодержания можно судить в порядке первого приближения о суммарном расходе влаги растительностью в тех случаях, когда водно-физические свойства почв сравниваемых участков близки друг к другу.

Такие сопоставления удобнее делать в конце вегетационного периода, когда в балансе влаги практически выявилась роль расхода воды на испарение и транспирацию.

Наибольшие запасы влаги в метровом слое почвы наблюдаются на задернелых вырубках и на злаково-разнотравном лугу, значительно меньшие — в лиственничнике и самые малые — в сосняке. Во всех случаях запас влаги этого слоя в несколько раз превышает то количество воды, которое условно считается не доступным для растений. В то же время в отдельных горизонтах этого слоя влажность может спускаться до величин, близких к критическим.

РАСХОД ВЛАГИ ЛЕСОМ

Водный режим какого-либо участка, занятого растительностью, в общих чертах определяется режимом атмосферных осадков, выпадающих над ним, поступлением и оттоком влаги с поверхностным и внутрипочвенным стоком и расходом влаги на физическое испарение и десукцию корнями растений. При наличии вечной мерзлоты дополнительно к этому нужно учитывать влагу, законсервированную осенним промерзанием и постепенно поступающую в почву по мере ее летнего оттаивания. Очевидно, что при рассмотрении режима влажности в целом за год это поступление влаги можно не учитывать, если колебания глубины оттаивания в отдельные годы несущественны. Но в тех случаях, когда необходимо иметь представление о балансе влаги в почве за определенный период теплого времени года, должно быть принято во внимание содержание ее в слое такой мощности, на которую увеличилась глубина талой почвы за изучаемый период.

Таким образом, при балансовых расчетах за некоторый период теплого времени года должен учитываться послойно запас влаги в мерзлом слое на всю глубину максимального оттаивания. Для этой цели необходимо определять не только влажность почвы в талом слое, но и в мерзлом на глубину его максимального оттаивания.

Приближенная характеристика процесса поступления в почву влаги и суммарного ее расхода за год может быть сделана по данным учета запаса влаги в талом слое в начале и в конце изучаемого периода и количества осадков, поступивших в почву. При этом глубина оттаивания почвы в обоих случаях должна мало отличаться. Начало этого периода удобнее приурочить к октябрю, когда почва с поверхности промерзла, глубина оттаивания достигла максимума и в почве установилось некоторое равновесное состояние, отражающее результаты летнего поступления и расходования влаги.

Представление о поступлении и суммарном расходе влаги на транспирацию и испарение можно получить по данным 1960/61 г., когда последние определения влажности почвы делались 20 и 17 октября. В приходной части баланса мы не учитываем конденсационную влагу, а в расходной — поверхностный и внутрипочвенный сток, т. е. те величины, порядок которых пока неизвестен, и те, которыми можно пренебречь. Но если предположить вопреки имеющимся опытам, что внутрипочвенная конденсация может дать существенную прибавку влаги, то последняя будет приблизительно сходной в описываемых участках и, учитывая грубость расчетов, не отразится на сравнительной оценке рас-

Таблица 41

Предварительные данные о расходе влаги в 1960—1961 гг.

Участок	Запас влаги 20.X 1960 г., *мм*	Осадки 1.X 1960 г.—30.IX 1961 г., *мм*	Запас влаги 17.X 1961 г., *мм*	Суммарный расход, *мм*
Вырубка	426	210	478	158
Лиственничник				
50 лет	258	186	267	177
130 лет	232	192	214	210
Сосняк				
115 лет	303	190	295	198
Березняк				
30 лет	263	182	276	169

хода влаги каждым из них. Соответствующие цифры приведены в табл. 41.

Сравнение приведенных цифр показывает, что наибольшее количество влаги расходует 130-летний лиственничник, меньше всего — задернелая вырубка в том же типе леса. Расход влаги березняком и 50-летним лиственничником лишь немного выше, чем вырубкой. Заметно высок он в сосняке, хотя все другие наблюдения указывают на то, что сосняк расходует воды меньше, чем другие типы леса.

Остановимся на этом обстоятельстве, важном вообще для принятого способа подсчета расхода влаги, основывающемся на разнице запасов ее в талом слое почвы осенью, ко времени ее максимального оттаивания. Удовлетворительные результаты можно получить лишь в том случае, когда в начале и конце периода глубина оттаивания почвы примерно одинакова. В противном случае возможны значительные ошибки, так как в нижних слоях законсервированы относительно большие запасы влаги. Например, если в начале периода глубина оттаивания была больше, чем в конце, то расход влаги окажется преувеличенным, так как в приходной части (осадки+влага в почве в начале периода) будет учитываться и та вода, которая в следующем году не поступит в общий круговорот, будучи законсервированной в результате осеннего промерзания.

Это наглядно видно на примере сосняка. Осенью 1960 г. в почве, оттаявшей на глубину 243 *см*, запас влаги был 303 *мм*, в 1961 г. почва оттаяла к 17.X только на 220 *см*, а содержание воды в ней было 295 *мм*. Таким образом, из 303 *мм* влаги, учитываемой вместе с осадками как приход, некоторая часть ее, содержащаяся в слое 220—243 *см*, фактически в круговороте не участвовала, а эта величина 20.X 1960 г. составляла 53 *мм*, и до сплошного промерзания почвы она ясно не уменьшилась. Следовательно, расход влаги должен быть не 198, а близким к 145 *мм*, т. е. меньше, чем в любых других участках.

Однако нельзя произвольно уменьшить запас влаги на количество ее, содержащееся в этом слое, так как в надмерзлотных горизонтах влажность стабилизируется только после полного промерзания почвы, а влагосодержание их большое и заметно отражается на результатах расчетов.

Очевидно, что в тех случаях, когда глубина талого слоя в конце периода больше, чем в начале, картина будет обратной: «расход» влаги увеличится вследствие поступления ее из мерзлого слоя, причем это поступление произойдет осенью, когда резко снижаются испарение и транспирация.

Этим обстоятельством и объясняется затруднение с выявлением даже приближенного расхода влаги лесом в тех случаях, когда мощность талого слоя в начале и конце изучаемого периода значительно различается. Поэтому мы были вынуждены ограничиться одним годичным периодом, когда в большинстве случаев, кроме сосняка, разница в глубине оттаивания не превышала 5—7 *см*, что влекло за собой ошибку исчисления суммарного расхода влаги не более 10%.

Подсчет расхода влаги верхним метровым слоем почвы, влажность которого менее изменчива, чем талого слоя в целом, не дает положительного результата, так как не поддается учету жидкость, просачивающаяся вниз.

В этом случае суммарный расход будет больше зависеть от инфильтрационных свойств почвы, чем от транспирации и испарения. Примером могут служить сосняки, где значительная часть влаги просачивается за пределы сравнительно иссушенного метрового слоя.

Таким образом, о суммарном расходе влаги лесом приходится судить лишь приближенно.

Остановимся на имеющихся в литературе данных о расходе влаги лесом в Центральной Якутии.

А. И. Уткин (1960) приводит данные о суммарном расходе влаги на стационаре за 1955—1956 гг., рассчитанные по данным для лиственничников и березняка (пробные площади IV, V и VI) и для заложенных им трех пробных площадей в лиственничниках. Эти величины таковы: лиственничник 50 лет (площадь V) — 213 *мм*, лиственничник 100 лет (площадь IV) — 169 *мм*, березняк 30 лет (площадь VI) — 175 *мм*, лиственничник 135 лет — 106 *мм* и два участка лиственничников 86 лет — 184 и 174 *мм*.

Дополнительно к этому можно прибавить, что расход влаги лиственничником 130 лет (площадь II) должен быть около 190 *мм*, поскольку мощность талого слоя 10.IX 1956 г. была 165 *см*, т. е. на 10 *см* меньше, чем 4.IX 1955 г.

Как видно, суммарный расход влаги лесом характеризуется величинами примерно одного порядка. Исключение составляет лиственничник 135 лет, изучавшийся А. И. Уткиным. Здесь, по-видимому, сказалось влияние неоднородности механического состава почвы, повлиявшей на вычисление запаса влаги в талом слое в один из сроков.

Данные о расходе влаги лесом и полем за вегетационный период в окрестностях с. Покровска приведены в работе В. Г. Зольникова (1954б).

Суммарный расход влаги лиственничником с брусничным покровом с 11.V по 21.IX 1939 г. составил 122 *мм*, паровым полем на лугово-черноземной солонцеватой почве с 5.V — по 21.IX 1939 г.— 141 *мм*.

В 1949 г. лиственничник с травяным покровом на дерново-лесной осолоделой почве с 1.VI по 10.IX израсходовал 270 *мм* влаги, злаково-разнотравный луг на лугово-черноземной почве за этот же срок — 150 *мм*. Расход влаги полем яровой пшеницы за время с 2.VI по 11.IX составил 210 *мм*.

Несмотря на приближенность большинства приведенных расчетов (наиболее достоверные данные получены В. Г. Зольниковым) можно сделать вывод, что порядок величин суммарного расхода влаги близок к фактическому. В среднем расход влаги приспевающими и спелыми лиственничниками, по-видимому, будет составлять 180—200 *мм*, сосняками без учета возможного внутрипочвенного оттока воды — 100—120 *мм*. Данные о расходе влаги безлесными территориями разноречивы, так как они относятся к различным участкам (вырубки, пашни, луга), а расход влаги на этих участках колеблется от 140 до 200 *мм* за вегетационный период.

Тем не менее можно сделать вывод, что в целом лиственничный лес расходует влаги больше или по крайней мере не меньше, чем задернелые вырубки, злаково-разнотравные суходольные луга и, вероятно, пашни. Однако надо иметь в виду, что различные сельскохозяйственные культуры по-разному потребляют влагу.

А. А. Молчанов (1952), сравнивая расход воды сосняками разного возраста и полевыми культурами в Московской области (Прокудин бор), отмечает, что рожь обычно расходует больше влаги, чем лес, картофель и залежь — почти столько же; черный пар, задернелая вырубка и луг — меньше.

Л. А. Иванов (1953), анализируя расход воды лесом и полем, приходит к заключению, что в степной зоне лес расходует несколько меньше влаги, чем поле (зерновые, подсолнечник, кукуруза транспирируют больше, чем древесные породы). В лесостепи лесные массивы расходуют воду почти так же, как и поля, или немного больше. В зоне смешанных лесов и в таежной зоне полный расход влаги лесом больше, чем безлесными пространствами.

В полупустыне (Прикаспийская низменность, Джаныбек) расход влаги лесом и полем изучался в течение 5 лет (Киссис и Польский, 1958). В сухие годы расход воды лесным массивом превышал расход травянистой растительностью в 4—6 раз, во влажные — в 2—3 раза. Лесная полоса расходовала влаги приблизительно на 20% меньше, чем массивное насаждение.

Заметим, что в Джаныбеке при годовой сумме осадков, равной 280 *мм*, за вегетационный период бывает до 80 суховеев и более 60 сухих дней с влажностью воздуха менее 30%.

О степени приближенности приведенных средних цифр расхода влаги к фактическим косвенно можно судить по суммарному испарению с облесенного водосбора бассейна, вычисленному по общепринятой формуле Пенка — Оппокова: испарение = осадки — сток. Для этого воспользуемся данными о стоке с бассейна р. Шестаковки, которые приводились ранее. Лесистость бассейна 77%, на долю вырубок, редин и гарей приходится 18%, угодий, болот и зарослей кустарников — 5% общей площади.

В составе древостоев преобладает лиственница. Учитывая, что по особенностям стока вырубки, редины и гари, как правило, поросшие порослью и кустарниками, стоят ближе к лесным участкам, чем к безлесным, можно полагать, что в целом сток с бассейна будет отвечать условиям, характерным для леса. Расчитанное таким образом испарение приведено в табл. 42.

Таблица 42

Суммарное испарение с бассейна р. Шестаковки, *мм*

Элемент баланса	1952/53	1953/54	1954/55	1955/56	1956/57	1957/58	1958/59	1959/60	1960/61	Среднее
Осадки	189	241	179	207	198	200	297	274	210	222
Сток	23	52	21	11	22	13	34	29	37	27
Испарение	166	189	158	196	176	183	263	245	173	195

Если учесть, что некоторая часть стока поглощается бессточными понижениями, средний расход влаги на суммарное испарение лесной растительностью будет около 190 *мм*, что близко к уже приведенным ориентировочным средним величинам.

Выводы о том, что лес расходует влаги больше или столько же, как и безлесные участки, расходятся с мнением Д. И. Шашко (1961). Основываясь на определении запаса продуктивной влаги в слое 0—100 *см* в конце вегетационного периода, он приходит к заключению, что лес расходует меньше воды, чем поле, и является, таким образом, накопителем влаги.

Не отрицая того, что лес иногда может расходовать меньше влаги, чем поле, следует указать, что наблюдения, приводимые Д. И. Шашко, могут быть лишь частным случаем. Д. И. Шашко основывается на наблюдениях одного вегетационного сезона и подсчитывает запас не во всем талом слое, а только в слое 0—100 *см*. Из приведенных цифр ясно, что запасы влаги в талом слое подвержены большим колебаниям в разные годы и что не меньшими колебаниями отличаются запасы воды в метровом слое, на величине которых особенно заметно сказывается инфильтрационная способность расположенных ниже горизонтов почвы.

При всех сопоставлениях баланса влаги леса и поля, разумеется, нужно учитывать и особенности леса (тип леса, возраст, полнота и т. д.), и особенности безлесного пространства (естественный луг, культурная

растительность и агротехнические особенности ее возделывания и т. д.). Однако для такой детализации пока недостаточно материалов.

Коротко остановимся на условиях транспирации влаги древостоями различных типов леса и важнейшими представителями травяно-кустарничкового покрова.

Транспирация изучалась общепринятым методом быстрого взвешивания (Иванов, Силина, Жмур, Цельникер, 1951) в лиственничниках 50 и 130 лет, сосняке 115 лет и в березняке. На каждой пробной площади было выбрано по три дерева, близких к средним по диаметру, высоте и развитию крон. В средней части крон этих деревьев срезались веточки для определения транспирации в двухкратной повторности. Всего в каждый срок наблюдений делалось по шести определений интенсивности транспирации. В это же время велись отсчеты температуры воздуха под пологом леса и определялась скорость ветра. Наблюдения проводились 16 и 17 июня с 6 до 20 часов и 6 и 7 июля с 8 до 20 часов. В один день транспирация одновременно изучалась на двух пробных площадях. Работа велась при устойчивой ясной погоде.

Средние данные об интенсивности транспирации по срокам наблюдения, выраженные в миллиграммах воды на 1 *г* сырого веса хвои или листьев за 1 час, даны в табл. 43. В ней же приведены средняя для этих сроков температура и относительная влажность воздуха.

Наибольшая интенсивность транспирации наблюдается в средневозрастном лиственничнике и в березняке. Спелый лиственничник расходует влагу экономнее, чем средневозрастный. Меньше всего тратит влаги на транспирацию сосняк.

Сопоставление интенсивности транспирации сосны и березы с величинами, которые приводит С. В. Зонн (1959), обобщающий данные по различным районам Европейской части СССР, показывает, что береза из Якутии при транспирации, близкой к максимально возможной, расходует влагу примерно так, как растущая в зоне смешанных лесов в Московской области (433 *мг/г* в 1 час), а интенсивность транспирации сосны выше, чем в степной зоне (ст. Деркул, 76 *мг/г* в 1 час), но в отдельные периоды может быть меньше, чем в Подмосковье (141 *мг/г* в 1 час).

Лиственница относительно сильнее транспирирует, чем ель, в зонах хвойных и смешанных лесов (141 и 168 *мг/г* в 1 час), и в этом отношении приближается к дубу, клену и другим древесным породам в Подмосковье.

В центральной части Красноярского края наибольшая интенсивность транспирации сосны в 1960 г., согласно устному сообщению Г. А. Могилевой, составляла 260—270 *мг/г* в 1 час, а в 1961 г.— 340—350 *мг/г* в 1 час, т. е. в 2—3 раза больше, чем в Якутии. По-видимому, здесь сказывается возможный недостаток почвенной влаги в якутских сосняках. В то же время максимальная интенсивность транспирации лиственницы сибирской в 1960 г. была 320 *мг/г* в 1 час, что практически совпадает с теми показателями, которые получены для лиственницы даурской в Якутии.

Интенсивность транспирации 6—7 июля заметно выше, чем 16—17 июня. Вероятно, это объясняется тем, что температура воздуха в период наблюдений была в первом случае на 6—10° ниже, чем во втором. Транспирация немного снижается лишь в березняке. Тенденцию к возрастанию интенсивности транспирации с повышением температуры можно уловить и в течение дня. Обычно она достигает максимума при наиболее высокой температуре в послеполуденные часы. Очевидно, что расход влаги на транспирацию в лиственничных лесах Центральной Якутии, как правило, не испытывающих критического недостатка влаги в почве, может быть определен термо-весовым методом, разработанным

Таблица 43

Интенсивность транспирации древесными породами, в 1 *мг/г·час*

Время, *час*	Лиственничник 130 лет			Лиственничник 50 лет			Сосняк 115 лет			Березняк 30 лет		
	транспирация	температура воздуха, °С	влажность воздуха, %	транспирация	температура воздуха, °С	влажность воздуха, %	транспирация	температура воздуха, °С	влажность воздуха, %	транспирация	температура воздуха, °С	влажность воздуха, %
	16 июня						**17 июня**					
6—8	267	13,4	68	366	13,1	90	62	11,0	82	319	10,6	86
8—9	254	15,6	55	433	15,7	55	105	13,8	63	466	13,1	68
10—11	392	19,3	41	500	19,8	37	97	17,4	55	519	17,0	54
12—13	395	22,4	31	539	21,8	30	160	19,1	41	508	18,2	48
13—14	390	22,4	31	524	22,4	28	124	19,2	42	635	19,0	41
16—17	347	23,3	25	602	22,8	25	153	21,4	29	387	20,3	32
17—18	151	21,1	31	248	20,2	35	106	20,4	32	287	20,4	38
19—20	180	17,1	56	178	15,8	59	58	18,8	40	257	18,7	42
Средняя	297	19,3	42	424	18,9	45	108	17,7	48	422	17,2	51
	6 июля						**7 июля**					
8—9	371	21,5	68	380	21,4	69	157	23,6	41	478	23,4	41
10—11	388	24,4	55	506	24,7	56	157	26,3	29	544	25,3	36
12—13	328	26,7	40	628	26,6	42	182	27,3	29	463	27,4	30
13—14	448	27,5	37	—	27,0	38	201	29,5	27	563	28,1	28
16—17	397	27,8	34	433	28,0	34	152	28,6	30	295	27,0	35
17—18	265	26,4	36	418	26,2	36	112	27,4	36	221	26,7	37
19—20	182	24,6	43	254	24,3	43	68	25,8	41	217	25,4	44
Средняя	339	25,6	45	436	25,5	45	147	26,9	33	397	26,2	36

Л. А. Ивановым с сотрудниками (Иванов, Силина, Жмур, Цельникер, 1951).

В транспирационном расходе влаги принимают участие и растения травяно-кустарничкового яруса и подлеска, там, где он достаточно развит.

Интенсивность транспирации главнейших представителей живого покрова изучалась В. Н. Виппер на вырубке 1953 г. и под пологом леса вблизи 130-летнего лиственничника. Опыты велись 14.VII 1960 г. с 8 до 21 часа. Средние величины интенсивности транспирации даны в табл. 44.

Таблица 44

Средняя интенсивность транспирации травяным покровом, *мг/г* в 1 час

Участок	Растение					
	брусника	арктоус	грушанка красная	чина низкая	овсяница	лимнас
Лиственничник 130 лет	287	611	286	716	636	632
Вырубка 1953 г.	320	856	402	873	553	574

Наиболее экономно расходуют влагу брусника и грушанка, интенсивность транспирации которых близка к показателям лиственницы. Остальные виды транспирируют в 1,5—2 раза больше, чем древесные

породы. На вырубке расход влаги увеличивается и только у злаков несколько сокращается.

Учитывая, что общий вес растений травяно-кустарничкового яруса в спелых и перестойных лиственничниках достигает больших величин, сопоставимых с общим весом ассимиляционного аппарата древостоя, а в отдельных случаях и превосходящих его, транспирационный расход живого покрова может иметь заметный удельный вес в общем балансе влаги. Это видно хотя бы из результатов сравнения общего веса хвои в лиственничниках 130 и 170 лет (1,5 и 1,9 *т/га*) с весом живого покрова на этих же площадях (1,1 и 1,5 *т/га*).

Даже если учесть, что ассимиляционный аппарат составляет только часть (правда, бо́льшую) общего веса покрова, все же роль его в транспирационном расходе влаги будет заметной. При детальных исследованиях она должна учитываться.

Сравнительная оценка условий испарения влаги с поверхности почвы, прикрытой мертвой подстилкой без живого покрова, может быть сделана по результатам спорадического определения интенсивности испарения по методу В. Н. Виткевича (1949) на малых монолитах. Приведем несколько примеров, характеризующих испарение в различных типах леса в тех случаях, когда оно близко к максимальному (табл. 45).

Таблица 45

Испарение с поверхности почвы с подстилкой за сутки, *мм*

Участок	Вторая половина июня		Первая половина июля	
	мм	%	*мм*	%
Вырубка 1953 г.	0,79	100	0,97	100
Лиственничник				
130 лет	0,17	22	0,44	45
50 лет	0,13	16	0,44	45
Сосняк 115 лет	0,20	25	0,77	78
Березняк 30 »	0,19	24	0,58	60

В зависимости от условий погоды испарение под пологом леса изменяется и абсолютно, и относительно меньше, чем на вырубке. При устойчивой жаркой погоде, когда производился учет испарения, минимальные величины отмечены в лиственничниках, особенно в сомкнутом средневозрастном, а наибольшие — в березняке, находящемся на опушке большого аласа, и в сосняке. Следовательно, в сосняке, где расход на транспирацию, очевидно, будет наименьшим, в общем расходе влаги возрастает удельный вес испарения с поверхности почвы, которое, по грубым сопоставлениям, может быть лишь немногим меньше транспирации.

Учитывая недостаточную изученность процессов расходования влаги лесом, представляется возможным сделать лишь предварительные выводы, подчеркивающие наиболее важные направления последующих исследований.

Суммарный расход влаги спелыми лиственничниками, растущими в равнинных условиях, в среднем будет близок к 180—200 *мм*; сосняков без учета оттока влаги — 100—120 *мм*; безлесные пространства, по-видимому, расходуют от 140 до 200 *мм* воды.

Максимальная интенсивность транспирации достигает наибольших величин в средневозрастном лиственничнике и березняке. Она уменьша-

ется в спелом лиственничнике, в сосняке имеет низшее значение — в 2—3 раза меньшее, чем в спелом лиственничнике.

В спелых и перестойных лиственничниках с развитым живым покровом транспирационный расход влаги может быть сопоставлен с расходом самого древостоя.

Имеющиеся материалы, несмотря на их предварительный характер, не дают оснований считать, что лиственничный лес расходует воды меньше, чем поле, и что он является накопителем влаги в почве. Только в редких случаях лес, расходуя на транспирацию и испарение меньше воды, чем поле, может в течение того или иного периода быть источником пополнения запасов почвенных надмерзлотных вод, стекающих по уклону мерзлого водоупора.

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА В ЛЕСУ

Климатические условия отдельных участков леса имеют свои характерные черты, обычно обусловленные перераспределением общеклиматических ресурсов тепла и влаги под влиянием характера растительности, рельефа и других факторов, свойственных данному участку. Такие местные изменения климата принято называть микроклиматом того или иного однородного участка земной поверхности (Кароль, 1959; Шашко, 1961; Молчанов, 1961). Несколько у́же понимает микроклимат С. А. Сапожникова (1950), относящая к последнему явления, связанные с влиянием микрорельефа, растительности и т. д. Р. Гейер (1960) ограничивает свои исследования приземным слоем воздуха не выше 2 *м* над поверхностью почвы. Единого и четко сформулированного понятия микроклимата пока еще нет, что свидетельствует об известных трудностях его отграничения от других климатических явлений, например, от выделяемого С. А. Сапожниковой понятия «местный климат».

В дальнейшем мы будем употреблять термин «микроклимат» применительно к типу леса (лесному биогеоценозу), вырубке, поляне и другим однородным участкам. Особенности микроклимата характеризуются наблюдениями преимущественно в поверхностном двухметровом слое атмосферы. Они определяются в основном растительностью, если рельеф и характер поверхности сопоставляемых участков в известной степени однородны.

В настоящей работе мы не касаемся влияния на лес макроклимата, колебания которого в основном обусловливаются общециркуляционными процессами в атмосфере, хотя его особенности, например, губительные засухи, резкие похолодания, могут иметь решающее значение для леса и другой растительности.

Настоящая работа в основном посвящена характеристике гидрологического режима лесов Центральной Якутии. Микроклиматическим особенностям распределения осадков в различных типах леса в ней уделено внимание. Однако для оценки гидрологических условий необходимо иметь представление и о микроклиматических особенностях температурного режима воздуха и почвы.

Характеристику термического режима объектов исследования мы ограничиваем особенностями распределения средних суточных и минимальных температур на поверхности почвы и динамикой летнего оттаивания почвы.

Микроклиматические наблюдения различной длительности проводились на метеорологических площадках, расположенных на постоянных пробных площадях, на вырубках и на поляне. На этих площадках устанавливались в упрощенных будках самописцы температуры и влажности воздуха на высоте 1,5 *м* над поверхностью почвы; эта высота часто принимается при микроклиматических исследованиях. На такой же высоте помещался психрометр Ассмана, по которому делались отсчеты в 7, 13 и 19 часов. Показания в 1 час ночи снимались с самописцев. На

площадках устанавливались почвенные термометры Савинова, а на вырубке, в лиственничнике 130 лет и сосняке 115 лет — почвенные вытяжные термометры на глубинах 0,5, 1,0 и 1,5 *м*.

Как и все другие наблюдения, изучение микроклимата проводилось только в летне-осеннее время — с июня до конца сентября. Наиболее полные систематические наблюдения на метеорологических площадках осуществлялись в 1958 и 1959 гг., поэтому в дальнейшем мы в основном останавливаемся на этих данных. В другие годы в зависимости от ряда условий метеорологические наблюдения ограничивались иногда только базисной станцией.

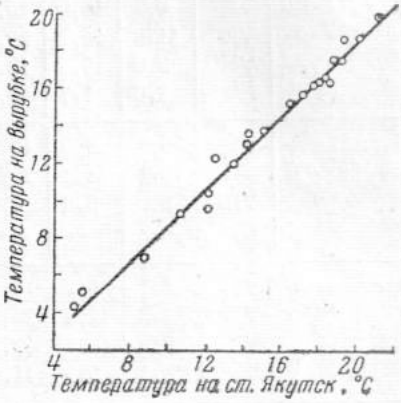

Рис. 45. Связь средних декадных температур на вырубке (высота 1,5 *м*) и средних декадных температур на станции Якутск (высота 2 *м*)

Температурный режим различных типов леса характеризуют цифры табл. 46. Здесь приведены средние месячные величины температуры, наблюдавшиеся в 1, 7, 13 и 19 часов и в среднем за сутки на высоте 1,5 *м*.

Приведенные цифры свидетельствуют, что температурный режим различных типов леса имеет много общего. В большинстве случаев разница не только между отдельными типами леса, но и между лесом и вырубкой не превышает десятых долей градуса (рис. 45). Это относится и к температуре в отдельные сроки наблюдений и к средней. Можно лишь заметить, что в целом в лиственничниках несколько холоднее, чем на сплошной вырубке, а в сосняке, наоборот, теплее. Более низкими температурами по сравнению с вырубкой шириной 200 *м* отличается поляна, ширина которой не превышает 50—60 *м*. При этом следует учитывать, что метеорологическая площадка на вырубке располагается в наиболее возвышенной ее части, от которой местность понижается к северу и югу. Это хорошо видно на профиле, на котором нанесено расположение основных метеорологических площадок (рис. 46). На поляне создаются условия, благоприятствующие ночному выхолаживанию воздуха, температура которого в ночные часы значительно ниже, чем на вырубке.

В дальнейшем микроклиматические характеристики различных объектов сравниваются с данными, полученными на вырубке.

Сравнительно небольшие различия средних месячных температур в отдельных типах леса свойственны не только чистым по составу и довольно однородным лесам Центральной Якутии.

А. А. Молчанов (1961) обобщил обширные материалы по сравнительной характеристике температурного режима лесов от таежной до степной зоны. Почти во всех случаях, если только сравниваемые участки леса не отличаются очень резко друг от друга, как например сосняки и ельники, разница средних месячных температур воздуха в летний период также выражается в десятых долях градуса. Особенно показательны в этом отношении итоги восьмилетних наблюдений, осуществлявшихся А. А. Молчановым в различных типах дубрав Теллермановского лесничества.

Несмотря на то, что изучавшиеся типы леса занимают резко различные местоположения и отличаются друг от друга по составу, структуре и полноте, они характеризуются близкими месячными температурами, разница между которыми менее 1°. Только по сравнению с выруб-

Таблица 46

Среднемесячная температура воздуха по срокам наблюдения, °С

Участок	Месяц	1958 г.					1959 г.*				
		1 *час*	7 *час*	13 *час*	19 *час*	Средняя	1 *час*	7 *час*	13 *час*	19 *час*	Средняя
Лиственничник 130 лет	VI	6,5	10,0	15,0	14,3	11,4	10,2	14,0	22,6	20,5	16,8
	VII	11,9	14,7	20,6	18,5	16,6	11,3	12,1	19,2	17,8	15,0
	VIII	9,0	10,5	18,5	15,4	12,9	13,1	12,8	20,6	19,4	16,5
	IX	2,6	1,7	10,9	7,5	5,6	—	—	—	—	—
Лиственничник 50 лет	VI	6,0	9,5	16,3	13,9	10,6	10,2	13,3	22,3	19,6	16,3
	VII	12,1	14,4	20,7	18,0	16,1	10,7	11,4	18,8	17,7	14,5
	VIII	9,0	9,8	18,6	16,1	13,6	12,9	12,5	20,9	20,0	16,5
	IX	—	—	—	—	—	6,3	5,4	12,2	10,4	8,4
Лиственничник с ольховником	VI	6,1	9,5	15,6	13,6	11,3	9,7	12,9	22,4	19,8	16,2
	VII	12,3	13,5	20,5	18,2	16,6	10,3	10,9	18,7	17,2	14,3
	VIII	9,5	10,4	19,3	15,5	13,8	13,1	12,3	20,4	19,1	16,3
	IX	3,4	0,9	11,4	7,4	5,7	6,3	4,5	12,8	9,3	8,2
Сосняк 115 лет	VI	8,0	10,3	15,8	14,6	12,1	12,6	15,2	22,1	20,8	16,7
	VII	13,8	15,1	20,6	19,2	16,9	12,0	12,1	18,8	18,0	15,2
	VIII	11,3	11,5	18,5	16,1	14,1	14,4	13,4	21,0	20,3	17,3
	IX	4,1	2,7	11,0	8,0	6,5	—	—	—	—	—
Вырубка 1953 г.	VI	5,8	9,8	15,1	13,2	11,3	9,9	16,2	21,7	20,4	17,0
	VII	11,8	15,1	20,0	18,3	16,5	11,1	12,4	18,2	18,4	15,0
	VIII	9,3	11,1	19,0	17,0	14,1	13,3	13,0	20,1	20,0	16,7
	IX	2,6	1,9	11,0	7,6	5,6	6,3	5,1	11,6	9,1	7,6
Поляна	VI	4,9	10,1	15,4	14,3	11,2	6,1	14,7	20,9	19,6	15,4
	VII	10,4	16,2	20,4	19,0	16,5	8,7	11,7	17,9	17,6	14,0
	VIII	6,8	12,2	19,0	14,9	13,3	10,6	12,3	19,9	18,4	15,4
	IX	—0,3	0,3	11,2	6,1	4,6	5,5	5,6	12,7	9,9	8,4

* В июне наблюдения начаты с 20 числа.

кой и солонцовой поляной на южном склоне различия достигают 1,0—1,5°. Таким образом, небольшая разница средней температуры воздуха как между отдельными типами лиственничных и сосновых лесов, так и между ними и открытым пространством, выявившаяся при наблюдениях в 1958 и 1959 гг., вполне закономерна и может быть признана типичной для равнинных лесов Центральной Якутии. К этим особенностям различий в средней месячной температуре воздуха вернемся в дальнейшем, а сейчас обратимся к суточному ходу температуры на основании средних данных по месяцам.

Ночью (1 час) температура воздуха в лиственничниках приблизительно такая же, как на вырубке или немного выше. В сосняке она отчетливо выше, чем на вырубке. На поляне в ночные часы заметно холоднее, чем на вырубке.

Утром (7 часов) в лиственничниках температура ниже, чем на вырубке и в сосняке, причем наибольшее понижение наблюдается в лиственничнике с ольховником. Вообще оно несколько заметнее выражено в августе-сентябре.

Днем (13 часов) в лиственничниках и в сосняке заметно теплее, чем на вырубке, хотя эта разница снижается начиная с августа.

Вечером (19 часов) соотношение температур в лесу и на вырубке неустойчиво. С августа начинает проявляться тенденция к ее относительному снижению в лесу.

При осереднении температуры за отдельные сроки наблюдения различия разумеется сглаживаются, что относится и к среднесуточной температуре. Однако некоторые тенденции выявляются довольно отчетливо,

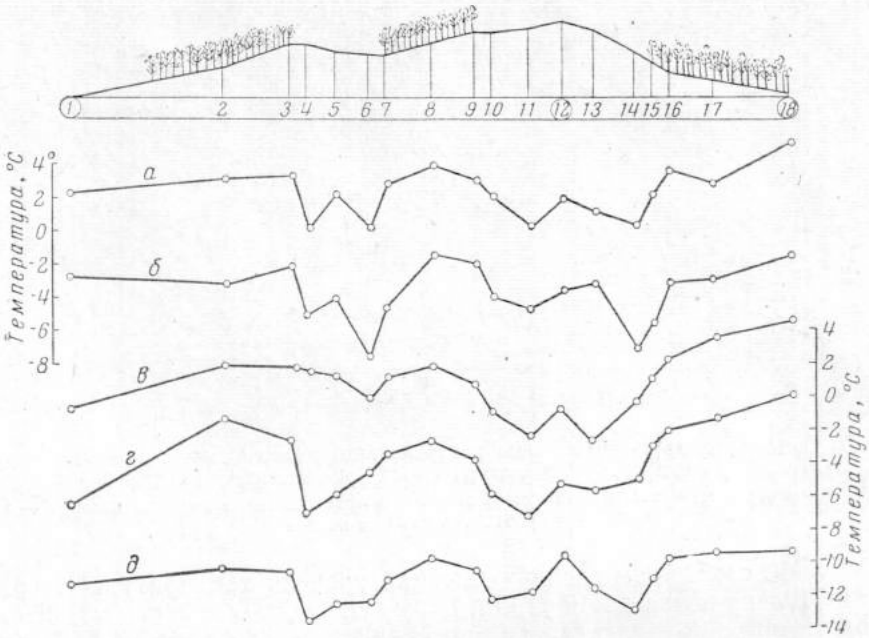

Рис. 46. Изменение средних и абсолютных минимальных температур по профилю.

а — средняя минимальная температура за вторую декаду июня, *б* — абсолютный минимум за то же время, *в* — средняя минимальная температура за вторую декаду августа, *г* — абсолютный минимум за то же время, *д* — средняя минимальная температура за третью декаду сентября. Постоянные метеоплощадки расположены в точках 1, 12 и 18

а средние, выведенные по многим наблюдениям, подчеркивают их типичность.

Повышение днем температуры в лесу по сравнению с вырубкой можно объяснить тем, что неполное поступление солнечного тепла компенсируется относительным спокойствием воздуха под пологом леса, затрудняющим теплообмен с соседними участками атмосферы.

Преобладание ясной погоды и бо́льшая продолжительность дня в первой половине лета благоприятствуют нагреванию стволов и ветвей деревьев. Деревья с темной корой являются хорошими аккумуляторами тепла, которое они отдают окружающему воздуху. Достаточно, например, указать на образование приствольных воронок перед началом весеннего таяния снега. На аккумуляцию тепла древесным пологом указывал М. И. Сахаров (1940). Детальное изучение температуры древесных стволов в зависимости от температуры воздуха провел А. А. Молчанов (1961) в Теллермановском лесничестве. По его данным, температура ствола в зависимости от степени развития листвы к вечеру может быть на 2—4° выше, чем воздуха. Температура дерева понижается в утренние часы.

Относительно высокая температура в лесу ночью, вероятно, в значительной степени объясняется тем, что деревья отдают окружающему

воздуху тепло, накопленное ими за длинный летний день. Известную роль в этом процессе играет и защитное влияние древесного полога, предохраняющего поверхность почвы от усиленного излучения, которое более резко выражено на вырубке и поляне.

К утру в лиственничниках, по-видимому, иссякают запасы аккумулированного древостоем тепла и температура воздуха снижается, в то время как на вырубке уже сказывается нагревание его солнцем.

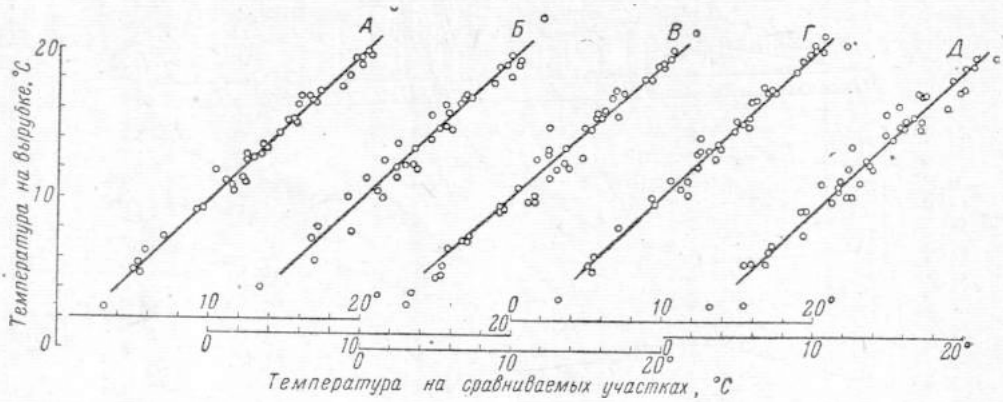

Рис. 47. Связь средних суточных температур по пентадам на высоте 1,5 *м* на вырубке и средних суточных температур на сравниваемых участках.

А — в лиственничнике 130 лет, *Б* — то же, 50 лет, *В* — в лиственничнике с ольховником, *Г* — в сосняке 115 лет, *Д* — на поляне

В слабо сомкнутом сосняке высокий уровень температуры сохраняется не только ночью, но и утром. Этому способствует еще и то, что песчаная почва с незначительной подстилкой и слаборазвитым живым покровом относительно сильно нагревается за день.

Аналогичное явление наблюдалось М. И. Сахаровым (1940) в лишайниково-мшистом сосняке Брянской области.

На величине относительного понижения средней суточной температуры в лиственничниках в летние месяцы, по-видимому, в основном сказывается термический режим утреннего периода, а начиная с августа, когда приток тепла ослабевает,— и вечернего. Заметим при этом, что при радиационном типе погоды как утром, так и вечером температура воздуха на уровне поверхности древесного полога (18 *м*) выше, чем под пологом на высоте 1,5 *м*. Температурный режим в лесу будет обусловливаться степенью проникновения тепла под полог леса, количество которого убывает к осени. Следует еще раз подчеркнуть, что пункт на вырубке, с которым сравниваются все наблюдения на лесных станциях, находится в условиях, не благоприятствующих застою холодного воздуха, когда интенсивность излучения не чрезмерно высока.

Для выявления связи в изменении средних суточных температур на вырубке и под пологом различных типов леса был применен метод средних разностей, широко использованный в микроклиматических исследованиях Д. И. Шашко (1961).

Графический анализ парных наблюдений осуществлялся следующим образом. По оси абсцисс откладывалась средняя суточная температура воздуха на вырубке, на оси координат соответствующая температура, наблюдавшаяся в каждом излучавшемся типе леса. Средние температуры за 1958 и 1959 гг. вычислены по пятидневкам. Соответствующие графики представлены на рис. 47. Как видно, между температурой на вырубке и под пологом леса существует отчетливо выраженная зависимость, близкая к прямолинейной. Это позволяет по средней суточной

температуры на вырубке найти вероятную величину ее под пологом сравниваемого участка леса. Более удобным для практического применения будет вычисление соответствующих микроклиматических разностей, показывающих, насколько среднесуточная температура под пологом леса будет отличаться от определенного уровня ее на вырубке. Температура в лесу будет в этом случае алгебраической суммой температуры на открытом месте и микроклиматической разности.

В связи со сравнительно небольшими различиями температуры в лесу и на вырубке графическая интерполяция оказалась затруднительной. Поэтому для каждой пары объектов были вычислены корреляционные уравнения, устанавливающие зависимость температуры под пологом леса от наблюдаемой на вырубке в интервале среднесуточных температур 10—20°. Эти уравнения имеют следующий вид:

$$y_1 = -0{,}06 + 0{,}99x$$

$$y_2 = -0{,}53 + 0{,}94x$$

$$y_3 = 2{,}14 + 0{,}84x$$

$$y_4 = 0{,}77 + 0{,}97x$$

$$y_5 = -0{,}55 + 0{,}98x$$

В уравнениях x означает среднесуточную температуру на вырубке, y_1 — в лиственничнике 130 лет, y_2 — в лиственничнике 50 лет, y_3 — в лиственничнике с ольховником, y_4 — в сосняке 115 лет и y_5 — на поляне. Соответствующие этим уравнениям прямые нанесены на графиках.

Пользуясь уравнениями, мы вычислили микроклиматические разности температуры, приведенные в табл. 47.

Таблица 47

Средние микроклиматические разности температуры в лесу по сравнению с вырубкой

Участок	Температура на вырубке, °С					
	10 *час*	12 *час*	14 *час*	16 *час*	18 *час*	20 *час*
Лиственничник						
130 лет	—0,2	—0,2	—0,2	—0,2	—0,2	—0,3
50 »	—0,1	—0,2	—0,3	—0,5	—0,6	—0,7
с ольховником	+0,5	+0,2	—0,1	—0,5	—0,8	—1,0
Сосняк 115 лет	+0,5	+0,4	+0,4	+0,3	+0,2	+0,2
Поляна	—0,7	—0,8	—0,8	—0,8	—0,9	—0,9

Сравнение средних декадных температур в 130-летнем лиственничнике с температурами, вычисленными по микроклиматическим разностям, показывает, что отклонения от фактических величин не превышают в среднем ±0,5°.

Микроклиматические разности весьма наглядно подчеркивают отмечавшиеся ранее, сравнительно небольшие различия температурного режима не только между отдельными типами леса, но и между ними и открытым пространством. Очевидно, что метод микроклиматических разностей может найти применение в тех случаях, когда не требуется большой точности выражения температуры или когда колебания ее за изучаемый период настолько велики, что они перекрывают возможную неточность вычисления. При этом желательно пользоваться среднесуточными температурами, вычисленными за достаточно большой срок, например за месяц.

Способ микроклиматических разностей является методом обработки материалов, собранных при наблюдениях на ряде станций. Представляется весьма перспективной идея построения микроклиматических исследований с расчетом получения соответствующих разностей как конечного результата. Это позволит сократить продолжительность наблюдений и упростить технику их проведения.

В этом направлении необходима постановка специальных экспериментальных исследований. Однако уже сейчас есть основания полагать, что для получения среднесуточных значений температуры за длительный период можно рассчитывать вероятные их величины для ряда объектов по наблюдениям только на некоторых из них, подобранных таким образом, чтобы они отражали определенные этапы развития данного ряда. Например, средняя температура в приспевающем древостое может быть интерполирована по наблюдениям в средневозрастном и спелом. Таким же образом могут быть подобраны ряды, отличающиеся по полноте, степени развития подстилки, покрова и т. д.

Наконец, учитывая относительно небольшие различия среднемесячной температуры в отдельных типах леса в пределах ограниченного района, можно представить себе выведение постоянных микроклиматических разностей, характеризующих термический режим отдельных типов или групп типов леса относительно поля, луга даже на обширной территории. Для подтверждения этой мысли можно привести высказывания Б. П. Кароля (1959), считающего, что микроклиматические различия сохраняют свой порядок при одинаковой погоде в самых различных климатических условиях крупных географических областей.

Средние декадные температуры на высоте 1,5 *м* на вырубке обнаруживают хорошо выраженную связь с соответствующими температурами на высоте 2 *м*, зарегистрированными на метеорологической станции, которая находится на надпойменной террасе Лены на расстоянии около 30 *км* от опытного участка (рис. 46). Аналитически она выражается уравнением

$$y = -1{,}12 + 0{,}98x,$$

где y — среднесуточная температура на высоте 1,5 *м* на вырубке, а x — температура на высоте 2 *м* на надпойменной террасе Лены. Как видно, в долине Лены температура воздуха более чем на 1° выше, чем на поверхности древнеаллювиальной равнины, возвышающейся над долиной приблизительно на 120 *м*. Эта разница имеет тенденцию к возрастанию с увеличением температуры.

Вместе с тем этот небольшой пример указывает на возможность использования станций гидрометеорологической службы как баз для проведения микроклиматических исследований в их окрестностях в тех случаях, когда необходимы средние характеристики температурного режима в лесу за длительные периоды.

Мы уделили много внимания среднесуточной температуре воздуха под пологом леса. Учет ее необходим при изучении процессов оттаивания почвы, условий плодоношения, при определении транспирации древостоев термовесовым методом, а также при ряде других экологических характеристик отдельных типов леса в целом. Однако для решения многих вопросов, связанных, например, с изучением влияния возобновления леса на сельскохозяйственные угодья, микробиологических процессов в лесной подстилке, необходимо более детально изучать климатические условия, причем решающее значение приобретают не средние, а крайние значения температуры. Важно знать, как изменяются метеорологические элементы с высотой, особенно до 1,5—2 *м* от поверхности почвы.

Заморозки на поверхности почвы

В экологическом отношении наиболее важны поздние весенние и ранние осенние заморозки в период активной вегетации на общем фоне высоких температур. При этом бо́льшее значение имеют заморозки на поверхности почвы, чем те, которые учитываются в метеорологических будках на высоте 2 *м*, так как неблагоприятное влияние низких температур может сказаться в первую очередь на подросте древесных пород или сельскохозяйственных растений.

Всходы лиственницы и сосны, по-видимому, слабо чувствительны даже к сильным заморозкам. Видимо, эти породы хорошо приспособлены к тем суровым условиям, в которых они произрастают. Учитывая перспективу расширения площади сельскохозяйственных угодий за счет раскорчевки леса, необходимо иметь представление о возможных изменениях микроклиматической обстановки вследствие этого и в первую очередь условий формирования заморозков, которые могут быть губительными для культурных растений.

В большинстве случаев в начале и в конце лета преобладают заморозки радиационного типа, наблюдающиеся при сравнительно высоком уровне температуры воздуха. При вторжении холодных воздушных масс возможно появление длительных заморозков адвективного типа, свойственных преимущественно ранневесеннему и позднеосеннему периодам. Летние заморозки могут быть и адвективно-радиационного типа, когда при общем снижении температуры воздуха создаются условия, благоприятствующие радиационному выхолаживанию. В последующем изложении упоминаются заморозки, относящиеся главным образом к радиационным и адвективно-радиационным.

Опасность возникновения заморозков во многом зависит от местных условий, определяющих приток охлажденного воздуха. В понижениях, в которые воздух стекает с окружающих склонов, степень морозоопасности возрастает с увеличением площади воздухосбора. Интенсивность и продолжительность заморозков в нижних частях склонов зависит от их облесенности. И. А. Гольцберг (1961) считает, что лес на склонах долины уменьшает ее морозоопасность, а наличие его в нижней части склона увеличивает ее на расположенных выше участках. Возрастает интенсивность и продолжительность заморозков преимущественно радиационного типа на лесных полянах. По данным того же автора, даже на полянах 0,5—0,8 *км* в поперечнике продолжительность безморозного периода сокращается в среднем на 20—25 дней.

Разница между температурой на поверхности почвы и на высоте 2 *м* может достигать большой величины.

По данным В. К. Иванова (1937), в Сибири наблюдаются случаи, когда сельскохозяйственные растения сильно страдают от заморозков до —5, —7° при положительной температуре на высоте 2 *см*.

На основании обобщения результатов специальных исследований, проведенных сетью метеорологических станций, И. А. Гольцберг (1961) рассчитала среднюю разность минимальной температуры между метеорологической будкой и высотой 2 *см* над поверхностью почвы ночью с заморозками при устойчивой средней суточной температуре выше 5°. Для Якутска средняя величина разности весной составляет 2,0°, максимальная —4,2°, а осенью, соответственно, 2,7 и 6,3°. При этом автор отмечает, что измерение температуры над поверхностью оголенной почвы (на 2 *см*) ближе соответствует той, которая наблюдается на поверхности травостоя, нежели на поверхности почвы.

Изучение распределения минимальных температур по вертикали на вырубке и в лесу производилось осенью 1959 г. В. И. Зюбиной.

Температура измерялась на многих точках профиля, на поверхности почвы и на высоте 20 и 150 *см*. Некоторые результаты наблюдений в ясные ночи с заморозками приведены в табл. 48.

Таблица 48

Минимальная температура воздуха на разных высотах, °С

Точки на профиле	Участок	Температура на высоте, *см*								
		15.IX			17.IX			20.IX		
		150	20	0	150	20	0	150	20	0
2	Лес	1,6	—0,8	0,5	—	—	—	—	—	—
4	Вырубка . . .	2,2	—1,5	—3,2	—0,8	—5,4	—8,4	—0,7	—3,6	—4,7
8	Лес	2,4	0,5	—0,1	—0,8	—1,7	—1,9	0,4	—1,4	—1,3
9	Северная опушка	2,1	—0,3	—0,4	—0,5	—3,8	—2,7	0,7	—1,6	—1,8
10	Вырубка . . .	1,7	—2,0	—1,2	—0,6	—5,8	—5,0	0,7	—3,8	—2,6
12	»	2,8	—1,4	—0,3	0,0	—6,0	—3,3	1,0	—2,8	—2,1
14	Южная опушка	2,1	—1,6	—2,6	—0,7	—7,0	—7,7	—0,5	—5,3	—5,5
18	Лес	—	1,0	0,8	0,0	—1,1	—1,3	—	—0,5	0,0

Данные табл. 48 свидетельствуют о резком понижении минимальных температур в слое 0—20 *см* по сравнению с наблюдаемыми на 1,5 *м*. В среднем оно составляет от 2,7 до 5,3°. В общих чертах снижение очень близко к тому, которое приводит И. А. Гольцберг для высоты 2 *м* и 2 *см* по станции Якутск. Можно заметить тенденцию к понижению температуры на высоте 20 *см*, т. е. на уровне поверхности травяно-кустарничковой растительности, по сравнению с поверхностью почвы. В среднем эта разница мала, но в отдельных случаях она достигает больших величин. Аналогичное явление понижения температуры на уровне травяного покрова наблюдал в континентальных условиях южного Забайкалья П. Б. Виппер (устное сообщение).

Таким образом, распределение температуры по вертикали при ночном излучении характеризуется устойчивой стратификацией в противоположность дневному режиму инсоляции, сопровождающемуся интенсивным перемешиванием воздуха. Характер изменения температуры по высоте, отмеченный приведенными наблюдениями, в общих чертах соответствует «типу луговых туманов», описываемому Р. Гейером (1960).

Остановимся на характеристике распределения минимальных температур в лесу и на граничащих с ним открытых местах. Наиболее удобным объектом для этой цели является упоминавшийся ранее профиль. К сожалению, мы не располагаем данными о распределении заморозков на пашнях и обширных лугах среди леса из-за отсутствия их в окрестностях опытного участка.

Для растений наибольшую опасность представляют поздние весенние и ранние осенние заморозки. Поэтому мы ограничиваемся приведением данных за вторую декаду июня и ту же декаду августа. Материалы представлены в виде графика (см. рис. 46), на котором для каждой декады даны средние минимальные температуры по наблюдениям за период с 1955 по 1959 г. и абсолютные минимумы за то же время. Здесь же помещены для сравнения данные о распределении средних минимальных температур за третью декаду сентября, когда заканчивается листопад и почти полностью осыпается хвоя у лиственницы.

Можно отметить хорошо выраженную зависимость изменения минимальной температуры от расположения точек ее измерения под пологом леса или на вырубках на различном удалении от стен леса. Типичность этого распределения подтверждается известной закономерностью изме-

нения температуры, прослеживаемой по многолетним средним и абсолютным минимальным величинам во все упомянутые периоды.

Наиболее высокие температуры на поверхности почвы наблюдаются в лесу. При этом как средние, так и абсолютные минимумы под пологом сомкнутого 130-летнего лиственничника (точка 18) выше, чем в изреженных древостоях лесных кулис, разделяющих вырубки. За пять лет наблюдений в этом лиственничнике не было заморозков на почве, хотя на вырубках за те же периоды температура опускалась в отдельных случаях до —6, —8°. Выше, чем на вырубках и в других лесных участках, она была и в конце осени.

Существенной разницы в уровне минимальных температур на вырубках шириной 100 и 200 *м* не обнаружено. Можно лишь говорить о некоторой тенденции к большему выхолаживанию поверхностного слоя воздуха на узкой вырубке. Наиболее низкие температуры на вырубках наблюдаются в полосах, примыкающих к опушкам, но не на самих опушках, где, возможно, сказывается защитное влияние древостоя, уменьшающего излучение. Довольно заметно выявляется влияние рельефа, хотя он и слабо выражен.

Так, в наиболее высоком месте широкой вырубки (точка 12, где находится метеорологическая площадка) температура все время выше, чем на других участках. Понижение минимальных температур вблизи опушек, вероятно, связано и с притоком охлажденного воздуха с более высоких участков. От опушки в глубь леса температура повышается, особенно на первых 20 *м*. На поляне шириной 50—60 *м* средние и абсолютные минимумы температуры приблизительно такие же, как в середине упомянутой вырубки.

Приведенные данные свидетельствуют о том, что под пологом леса ночное выхолаживание приземного слоя воздуха выражено слабее, чем на открытых местах. Это относится к незаболоченным лиственничникам и сосновым лесам, сравниваемым с вырубками, ширина которых не превышает 200 *м*, т. е. находящимся в условиях, благоприятных для застоя холодного воздуха при радиационных и адвективно-радиационных заморозках. Стекания холодного воздуха с поверхности крон на вырубку, по-видимому, не происходит, так как кулиса, разделяющая вырубки, узка, а лесной массив, ограничивающий ее с севера, расположен по пологому склону в сторону от вырубки.

О более сильном выхолаживании открытых мест по сравнению с лесом свидетельствуют ежедневные наблюдения, проводившиеся в августе и сентябре 1954 г. Средние декадные минимальные температуры приведены в табл. 49.

Таблица 49

Средние декадные минимальные температуры на поверхности почвы, °С

Участок	Август			Сентябрь		
	I	II	III	I	II	III
Поляна	7,9	1,3	—1,8	—4,1	—6,2	—8,8
Вырубка 1953 г.	9,5	1,9	0,1	—2,5	—5,5	—4,2
Лиственничник						
130 лет	12,2	4,8	5,0	1,6	—1,4	—3,6
50 »	12,3	5,7	4,9	2,0	—2,4	—2,7

Характерен пример 50-летнего лиственничника, где, несмотря на худшие условия прогревания почвы и высокую сомкнутость полога, минимальные температуры заметно выше, чем в 130-летнем. Это можно объяснить только резко выраженной стратификацией различно нагретых слоев воздуха и тем, что при радиационном типе заморозков (ко-

торые, видимо, преобладают) первостепенное значение имеет защитное влияние древесного полога, предохраняющего поверхность почвы от сильного излучения.

Пониженная степень ночного выхолаживания нижних слоев воздуха в лесу по сравнению с полянами не являются специфической особенностью лесного микроклимата Якутии, а широко распространена вообще.

Г. Н. Высоцкий (1950) еще в 1894 г., изучая заморозки в степи, под пологом леса и на полянах в Велико-Анадольском лесничестве, отмечал, что при температуре в открытой степи 0° на полянах разной площади она колеблется от —1,1 до —4,0°, в то время как под сомкнутым пологом леса температура была +1,1°.

Сравнивая микроклиматические условия сосняка и поляны в Брянском лесничестве, М. И. Сахаров (1948) отмечает, что в течение года дней с температурой на поверхности почвы ниже нуля в лесу было 155, на поляне — 193; весенних и осенних заморозков было соответственно 42 и 157. В другой работе того же автора (1940) также подчеркивается, что средняя минимальная температура на поляне бывает ниже, чем в лесу.

Ю. С. Петровский (1940) указывает, что в ночное время холодный воздух распространяется с полян и вырубок в глубь леса в зависимости от характера леса до 100 *м*.

Исследованиями А. А. Молчанова (1961) установлено, что в Теллермановском лесничестве повторяемость и интенсивность заморозков на высоте 5 *см* на открытом месте больше, чем под пологом дубрав, за исключением вязовника, находящегося на дне балки.

Д. Китредж (1951), обобщая многочисленные данные о влиянии леса на температуру воздуха в США, приводит ряд цифр, показывающих, что средний минимум температуры под пологом различных лиственных и хвойных лесов на 1—4° выше, чем на сравниваемых с ними открытых местах.

Наконец И. А. Гольцберг (1961) в обобщенной схеме изменения интенсивности весенних и осенних заморозков в воздухе указывает, что в умеренной зоне СССР на полянах заморозки в среднем на 2° сильнее, чем на открытом месте.

Известно, что подрост ели страдает от заморозков на открытых местах и сохраняется под пологом лиственных пород. А. А. Молчанов (1961) рекомендует культуры древесных пород, чувствительных к заморозкам, производить под пологом изверженных древостоев.

Все эти факты подтверждают то, что под пологом незаболоченных типов леса создаются условия, снижающие интенсивность и повторяемость заморозков на почве.

С этими положениями не согласуются выводы Д. И. Шашко (1961), считающего, что лес в условиях Якутии выхолаживается ночью быстрее, чем на открытом месте, и способствует выхолаживанию расположенных среди него полей. Если размеры полей, окруженных лесом, относительно невелики (насколько можно судить по имеющимся в работе упоминаниям, площадь их не превышала 50 *га*), то понижение температуры на них будет носить характер, близкий к тому, который наблюдается в самых различных районах страны, если сопоставимы размеры безлесных пространств, рельеф и другие условия. Д. И. Шашко часто подчеркивает значительное выхолаживание воздуха под пологом «загущенной замшелой тайги». По-видимому, это относится к одному из типов леса группы мшистых лиственничников.

Однако надо иметь в виду, что мшистые лиственничники в Центральной Якутии «в целом занимают небольшую площадь, хотя встречаются довольно часто. Они приурочены к отрицательным формам рельефа» (Уткин, 1959, стр. 92), поэтому температурный режим этих типов леса,

на долю которых приходится не более 2—3% покрытой лесом площади, не характерен для лесов Центральной Якутии, среди которых господствуют лиственничники, относящиеся к группе брусничных.

Длительные наблюдения в этих типах леса не дают оснований считать, что температурный режим приземного слоя воздуха в них принципиально отличен от свойственного незаболоченным светлохвойным или лиственным лесам, растущим в равнинных условиях. В целом же Д. И. Шашко подчеркивает высокую морозоопасность небольших полей среди леса, особенно тогда, когда эти участки располагаются в глубоких аласах, узких долинах таежных речек и других местах, где увеличивается площадь воздухосбора и ухудшаются условия воздухообмена.

Очевидно, что в равнинных лесах наименее морозоопасными будут обширные поля, на которых улучшаются условия перемешивания воздуха. При этом необходимо учитывать отепляющее влияние распашки почв, на которое особое внимание обращает П. И. Колосков (1932). Он указывает, что распашка целины может повысить температуру почвы на 3—4°, а это влечет за собой и соответствующее повышение температуры воздуха.

В тех же случаях, когда ширина поля или вырубки не превышает 200—300 *м*, даже в наиболее благоприятных условиях окружения их брусничными лиственничниками, под пологом которых минимальная температура на поверхности почвы меньше, чем на открытом месте, возникает опасность заморозков вследствие как излучения, так и стекания воздуха с поверхности крон, на которое обращал внимание Р. Гейер (1960), а в Якутии — Д. И. Шашко (1961).

Эти обстоятельства, как и условия потребления влаги лесом и лугом или пашней, необходимо учитывать при выборе площади и системы размещения участков, намеченных для раскорчевки. В тех случаях, когда будет признано целесообразным оставлять при раскорчевке лесные полосы, необходимо обеспечить сохранение продуваемой конструкции этих полос. Нарушение этого основного принципа создания полезащитных полос повлечет за собой образование морозоопасных зон и неравномерное отложение снега, столь отрицательно сказывающееся на сельскохозяйственном освоении межполосных пространств.

В заключение остановимся на сопоставлении минимальных температур на вырубке и на надпойменной террасе Лены, выявленных по наблюдениям на метеорологической станции. Сравнивались попарно минимальные температуры на поверхности почвы в различные дни наблюдений в летне-осенний период с 1955 по 1959 г. Средние величины минимальной температуры в долине Лены и разности между этими величинами и средними минимальными температурами на вырубке таковы:

В долине, °C . . .	—8	—6	—4	—2	0	2	4	6	8
На вырубке, °C	—0,8	1,7	1,6	2,0	2,3	2,7	3,1	3,5	3,8

Можно отметить тенденцию к уменьшению разницы при низких температурах и возрастание ее при более высоких. В целом же устанавливается, что минимальная температура на вырубке в тех пределах, которые отвечают возможности появления заморозков на почве, на 1—3° ниже, чем в долине Лены. При этом сокращается и длительность безморозного периода. Например, первый заморозок на почве на вырубке был в 1959 г. 11.VII, а в Якутске — 13.IX, а в 1960 — 28.VII и 29.VIII.

Таким образом, при сельскохозяйственном освоении лесных земель необходимо учитывать повышенную интенсивность заморозков на небольших площадях (200×500 *м*) древнеаллювиальной равнины, окруженных лесом, по сравнению с долиной, где сказывается отепляющее влияние Лены.

Динамика летнего оттаивания почвы в лесу

В области распространения многолетнемерзлых грунтов вся жизнедеятельность биогеоценозов связана с оттаивающим на лето деятельным слоем почвы. Динамичность термического режима и режима влажности почвы во многом определяются непрерывным процессом оттаивания почвы в течение вегетационного периода, заканчивающегося лишь в начале зимы. Глубина оттаивания почвы и изменение ее во времени теснейшим образом связаны с характером растительности, занимающей данный участок земной поверхности. Это подчеркивали в своих работах В. Н. Сукачев (1912) и Р. И. Аболин (1929).

Схематический процесс летнего оттаивания может быть представлен на каждом этапе как равнодействующая трех основных факторов: климата, растительности и почвы (преимущественно физических свойств). Влияние рельефа сказывается главным образом на перераспределении общих ресурсов тепла, поступление которого для ограниченной территории однородно. Мерзлотный режим при этом будет определяться свойствами почвы и растительностью. При однородном почвенном покрове будет доминировать влияние растительности, при резком различии свойств почвы процесс оттаивания может определяться последним. Однако четко разграничить влияние обоих этих факторов трудно. Поэтому вполне закономерно установление зависимости мерзлотного режима почв от характера растительности как одного из основных компонентов биогеоценоза. В таком направлении велось изучение процессов летнего оттаивания почвы на опытном участке.

Глубина оттаивания устанавливалась при каждом сроке взятия образцов почвы для определения ее влажности в период с 1955 по 1961 г. Обработка материалов производилась графически отдельно по каждому участку. На оси абсцисс откладывался календарь, а ординаты соответствовали глубине оттаивания по каждому сроку за весь период наблюдений. Во всех случаях в распределении точек обнаружена определенная

Таблица 50

Глубина оттаивания почвы в *см* и в % к максимальной

Участок	Единица измерения	1.VI	15.VI	1.VII	15.VII	1.VIII	15.VIII	1.IX	15.IX	1.X
Лиственничник 130 лет .	*см*	40	70	97	124	143	158	169	177	182
	%	22	38	53	68	79	87	93	97	100
» 100 » . .	*см*	32	60	84	102	115	128	138	145	152
	%	21	39	55	67	76	84	91	96	100
» 50 » . .	*см*	24	45	65	83	100	112	119	124	128
	%	19	35	51	65	78	87	93	97	100
Лиственничник с ольховником	*см*	20	45	65	86	104	117	127	132	136
	%	15	33	48	63	76	86	93	97	100
Лиственничник толокнянковый	*см*	64	92	117	141	159	176	189	200	206
	%	31	45	57	68	77	86	92	97	100
Березняк	*см*	55	81	104	125	139	152	163	171	177
	%	31	46	59	70	78	86	92	97	100
Вырубка 1953 г. . .	*см*	59	92	120	144	161	177	190	200	207
	%	28	44	58	70	78	86	92	97	100
» 1948 г.* . .	*см*	—	80	114	141	159	172	183	192	201
	%	—	40	57	70	79	86	91	96	100
Сосняк 115 лет . . .	*см*	82	137	170	193	209	223	234	240	243
	%	34	56	79	79	86	92	96	99	100
» 155 » . . .	*см*	98	148	185	209	224	235	246	255	262
	%	37	56	71	80	85	90	94	97	100

* Наблюдения велись два года.

закономерность, которая позволила заменить их интерполирующей кривой, полого вогнутой на участках с неглубоко оттаивающими почвами и круто вогнутой — на глубоко оттаивающих. С графиков брались отсчеты средней глубины оттаивания для 1 и 15 числа каждого месяца — с 1 июня по 1 октября. Соответствующие цифры приведены в табл. 50. Здесь же вычислена глубина оттаивания за каждый срок в процентах к максимальной, за которую принята глубина талого слоя 1 октября, что мало отличается от фактического максимума, наблюдаемого в конце этого месяца.

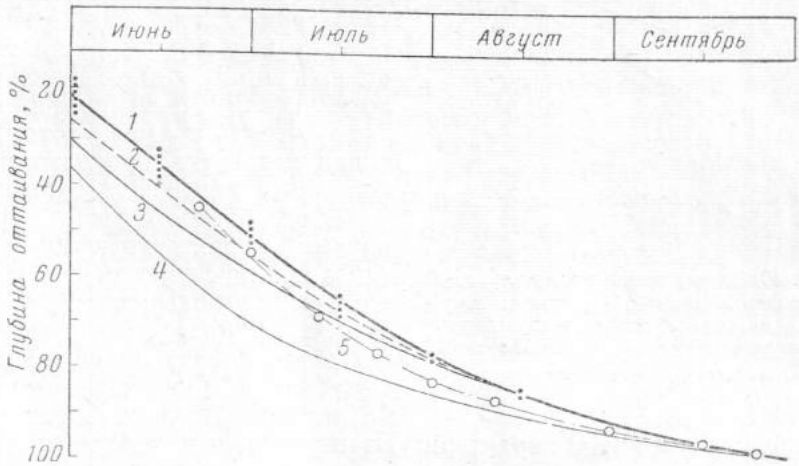

Рис. 48. Глубина оттаивания почвы, %

1 — в брусничных лиственничниках, *2* — в лиственничниках (среднее), *3* — в толокнянковом лиственничнике, вырубке и березняке, *4* — в сосняке, *5* — ход оттаивания почвы в лиственничнике в Верхоянске

Глубина оттаивания почвы, наблюдаемая осенью, изменяется от 2,4—2,6 *м* в сосняке на песчаной почве до 1,3—1,4 *м* в 50-летнем лиственничнике и в лиственничнике с ольховником. В лиственничнике она возрастает от средневозрастных к спелым древостоям. Вырубка и лиственничник толокнянковый на песчаной почве характеризуются примерно одинаковым оттаиванием почвы.

В тех случаях, когда почвы приблизительно однородны, глубина оттаивания в основном определяется сомкнутостью и степенью развития древесного полога, подлеска и травяно-кустарничкового яруса, а также мощностью и теплоизолирующими свойствами подстилки. При больших различиях свойств почв заметно превалирующее влияние последних. Это видно на примере лиственничника толокнянкового, растущего на песчаной почве, и задернелой вырубки — на суглинисто-супесчаной, оттаивающих на одинаковую глубину, хотя теплоизолирующее влияние древесного полога, хорошо развитого кустарничкового яруса и подстилки в лиственничнике толокнянковом несомненно выше, чем бруснично-злакового покрова вырубки, где подстилка почти отсутствует.

Иная зависимость наблюдается в динамике оттаивания почвы, если глубина талого слоя выражается в процентах к наибольшей, отмечаемой осенью.

Во всех лиственничниках, кроме толокнянкового, относительная глубина оттаивания выражается почти одними и теми же цифрами. Различия оказываются несколько большими в первой половине лета и практически исчезают во второй. Более высокой интенсивностью отличается ход оттаивания почвы в сосняке, причем на обоих участках он одинаков.

Промежуточное положение занимают лиственничник толокнянковый, березняк и вырубка, почва которых в первой половине лета оттаивает быстрее, чем в лиственничниках, но медленнее, чем в сосняках. Со второй же половины лета относительная глубина оттаивания в них такая же, как и в лиственничниках. Наглядно это представлено на рис. 48.

Во всех типах леса, кроме сосняка, различия в интенсивности оттаивания приходятся на первую половину лета, когда глубина ее наиболее изменчива не только в разных типах, но и пространственно. Поэтому представляется возможным кривые, характеризующие ход оттаивания почвы в первой половине лета в лиственничниках и лиственничнике толокнянковом, березняке и на вырубках заменить средней, которая, начиная с августа, продолжается одной общей для обеих групп кривой.

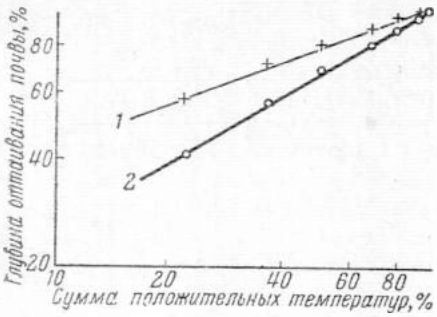

Рис. 49. Зависимость между глубиной оттаивания почвы (% к максимальной) и суммой положительных температур воздуха (% к наибольшей).
1 — сосняки, *2* — лиственничники

Таким образом, выделяются две кривые, характеризующие ход оттаивания почвы; с одной стороны, во всех незаболоченных равнинных лиственничниках на песчаных и супесчаных почвах и на задернелых вырубках и, с другой — в сосняках на песчаных почвах. Соответствующие средние величины характеризуют вероятную интенсивность оттаивания почвы за каждый промежуток времени в процентах к максимальной глубине, которая без большой погрешности определяется осенью.

На том же графике нанесена кривая, представляющая средний ход оттаивания почвы в лиственничниках Верхоянского района (Поздняков, 1956) за один год, которая показывает, что этот процесс в континентальной части Якутии подчинен общим закономерностям.

Очевидно, если конечный результат процесса оттаивания почвы, выраженный наибольшей глубиной талого слоя, зависит главным образом от характера растительности и теплопроводности почвы, то интенсивность его определяется общим притоком тепла. В упрощенном виде представление о динамике поступления тепла к поверхности почвы в летний период может дать сумма положительных температур воздуха, накопленная за тот или иной срок. Она также может быть вычислена в процентах к общей сумме положительных температур за вегетационный период и, следовательно, может выражаться в тех же величинах, что и изменение относительной глубины оттаивания почвы.

Для выявления зависимости интенсивности оттаивания почвы от притока тепла по данным станции «Якутск» были вычислены средние за период 1955—1961 гг. нарастающие суммы положительных температур на 1 и 15 число каждого месяца, аналогично вычислялась глубина оттаивания. Анализ показал, что между относительной глубиной оттаивания почвы к определенному календарному числу и относительным количеством тепла к той же дате существует зависимость, которая на графике (где на осях координат отложены логарифмы соответствующих величин) выражается для лиственничников и сосняков прямыми линиями (рис. 49). Аналитически эта зависимость может быть представлена отдельно для обобщенной группы лиственничников и сосняков уравнениями показательной кривой следующего вида:

Лиственничники . . . $y = 7{,}2x^{0{,}56}$

Сосняки . . . $y = 18{,}1x^{0{,}36}$

где y — глубина оттаивания на данное календарное число в процентах от наибольшей, а x — соответствующая сумма положительных температур в % от общей за вегетационный период.

Указанные зависимости справедливы для периода, начинающегося приблизительно с половины июня, так как в более раннее время довольно велико варьирование глубины оттаивания не только в различных типах леса, но и в пределах одного. На этом, в частности, сказывается и разная степень весеннего увлажнения почвы, с которой связаны ее теплопроводность и теплоемкость.

Таким образом, зная наибольшую глубину оттаивания почвы, которая для каждого типа леса с учетом его возраста и полноты довольно устойчива, и сумму положительных температур к какой-либо дате, можно с известной степенью вероятности вычислить глубину оттаивания почвы, используя уравнения связи. Поскольку изменение сумм положительных температур в разные годы, выраженное в относительных величинах, практически постоянно, такого рода вычисления можно производить, пользуясь многолетними средними данными. Возможность предварительного определения глубины оттаивания почвы даже в грубом приближении имеет большое значение. Можно полагать, что при проведении дополнительных исследований в разных районах Центральной Якутии представится возможность сделать обобщенные схемы, отражающие закономерности динамики летнего оттаивания почвы в различных группах типов леса, позволяющие прогнозировать изменение мерзлотного режима под влиянием вырубки леса или других мероприятий, резко изменяющих природу леса.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Характерной особенностью сурового и резко континентального климата Центральной Якутии является сравнительно теплая и сильно засушливая погода в течение почти всего вегетационного периода на фоне существования вечной мерзлоты.

Влага и тепло зачастую оказываются важнейшими факторами, определяющими характер лесных растительных группировок и взаимоотношения отдельных компонентов, их составляющих. Поэтому изучение режима влаги и тепла, а также того влияния, которое лес оказывает на их перераспределение, важно как для лесного, так и для сельского хозяйства.

Лиственничные леса Центральной Якутии в среднем задерживают своим пологом и испаряют в атмосферу около 15% жидких и 6—7% твердых осадков. В целом из 192 *мм* годовой суммы в лесу не достигает почвы 25 *мм* осадков. Суммарный расход влаги на транспирацию и испарение в лиственничном лесу, как правило, выше, чем на вырубке, лугу и, вероятно, в поле. Имеющиеся данные не дают оснований считать, что в равнинных условиях лиственничный лес является накопителем влаги в почве, хотя в отдельных случаях расход влаги лесом может быть и меньше, чем полем.

Сплошная рубка леса влечет за собой возрастание запасов влаги в почве, в том числе и в ее верхних горизонтах, главным образом вследствие увеличения поступления осадков и прекращения транспирационного расхода лесом. Зарастание вырубок кустарниками и порослью лиственных пород сопровождается снижением запасов почвенной влаги.

Изменение водного режима сплошных вырубок в лесах, относящихся к наиболее распространенной группе брусничных лиственничников, в целом благоприятствует развитию подроста лиственницы, в то время как разрастание злаковой растительности, часто следующее за удалением леса, препятствует появлению ее самосева. Вырубка порослевой березы, которая местами разрастается уже через 5—7 лет после рубки леса, способствует увеличению запасов влаги в верхних слоях почвы и улучшению роста лиственничного подроста.

Существование подроста лиственницы под пологом леса на известной стадии определяется не столько недостатком света, сколько иссушением поверхностных слоев почвы корнями материнского древостоя.

Изменение водного режима почвы после выборочных рубок будет зависеть от их интенсивности. По-видимому, при вырубке менее $^1/_3$ запаса существенного изменения условий увлажнения в сторону, благоприятствующую развитию подроста лиственницы, нельзя ожидать, учитывая поверхностное распространение корней материнских деревьев.

В районах, где на сплошных концентрированных вырубках возможно развитие процессов термокарста, способы рубок должны проектироваться с учетом сохранения мерзлотного режима местности, предотвращающего просадку и деформацию поверхности почвы.

На сплошных вырубках шириной 200—300 *м* по сравнению с брусничными лиственничниками увеличивается повторяемость и интенсивность заморозков. Подрост лиственницы мало чувствителен даже к сильным поздневесенним заморозкам, и возрастание морозоопасности на сплошных вырубках не имеет существенного значения.

При выборе размеров и системы размещения участков леса для раскорчевки под пашни необходимо учитывать морозоопасность последних. В тех случаях, когда будет признано необходимым оставить при раскорчевке лесные полосы, нужно обеспечить сохранение продуваемой конструкции полос. Нарушение этого основного принципа создания полезащитных полос повлечет за собой образование морозоопасных зон и неравномерное отложение снега, отрицательно сказывающееся на сельскохозяйственных работах. Ширина лесных полос не должна превышать 10—20 *м*.

Настоящая работа является первым опытом обобщения некоторых особенностей гидрологического и климатического режима лиственничных лесов, растущих в районе сплошного распространения вечной мерзлоты. Исследования, на которых она основывается, недостаточно полны как по длительности периодов, охватываемых ими, так и по широте и детализации изучения отдельных вопросов. В то же время анализ литературных источников показал, что многие закономерности гидрологического и климатического режима, свойственные лесам, растущим в других физико-географических условиях, могут быть применены и к якутским лесам. Это обстоятельство позволяет в ряде случаев распространить некоторые выводы, сделанные для лесов Центральной Якутии, на значительно бо́льшую территорию, где преобладают монодоминантные лиственничные леса.

Стационарные работы по изучению гидрологической и климаторегулирующей роли лесов должны быть расширены с охватом новых районов, в первую очередь тех, где развиты процессы мерзлотной деформации почвы и имеются массивы сельскохозяйственных земель. Необходимость этого подчеркивается перспективами строительства на Лене каскада гидравлических электростанций, о которых сообщалось в печати, и связанным с этим освоением для сельского хозяйства лесных площадей взамен тех, которые попадут в зоны затопления. Освоение таежных земель с самого начала должно быть поставлено так, чтобы гидрологическая и климаторегулирующая роль леса способствовала созданию высокопродуктивного сельского хозяйства.

При проектировании лесоводственных мероприятий, особенно тех, которые связаны с возобновлением леса, необходимо учитывать изменения в гидрологическом и микроклиматическом режиме лесных участков, которые могут проявиться после рубки леса. Регулирование их простейшими мерами позволит сократить период выращивания леса и тем самым поднять продуктивность якутских лесов.

ЛИТЕРАТУРА

Аболин Р. И. 1929. Геоботаническое и почвенное описание Лено-Вилюйской равнины. Труды Ком. по изуч. ЯАССР, т. X.

Абрамова М. М. 1958. Опыты по изучению испарения влаги из почвы. Труды Ин-та леса АН СССР, т. XXXVIII.

Алекин О. А. 1953. Основы гидрохимии. Л., Гидрометеоиздат.

Арманд Д. Л. 1961. Физико-географические основы проектирования сети полезащитных лесных полос. М., Изд-во АН СССР.

Бодров В. А. 1961. Лесная мелиорация. М., Сельхозгиз.

Бочков А. П. 1959. Влияние леса на водность рек. Труды Всес. гидролог. съезда, т. II. Л., Гидрометеоиздат.

Визе В. Ю. 1927. Климат Якутии. Сб. «Якутия». Л., Изд-во АН СССР.

Василевская Л. С. 1958. Изменение количества и состава лесной подстилки по типам леса. Сб. научных работ по лесн. хоз. Белорусского науч.-исслед. ин-та лесного хоз., вып. XIII.

Васильев И. С. 1940. К вопросу об учете осадков при работе с почвенными испарителями. Пробл. сов. почвовед., сб. 10. Изд-во АН СССР.

Васильев И. С. 1950. Водный режим подзолистых почв. Труды Почв. ин-та АН СССР, т. XXXII.

Васильев И. С., Роде А. А. 1950. «Мечение» почвенной влаги как метод изучения передвижения влаги в почве. «Почвоведение», № 4.

Виткевич В. Н. 1949. О методах измерения испарения с почвы. Докл. Тимирязевск. с.-х. академии, вып. VIII.

Вотяков И. Н. 1961. Физико-механические свойства многолетнемерзлых грунтов Центральной Якутии. Изд-во АН СССР.

Высоцкий Г. Н. 1950. Учение о влиянии леса на изменение среды его произрастания и на окружающее пространство (учение о лесной пертиненции). М.— Л., Гослесбумиздат.

Галахов Н. Н. 1955. Влияние лесообразующих пород на таяние снежного покрова. Сб. «Вопросы изучения снега и использование его в народном хозяйстве». Изд-во АН СССР.

Гейер Р. 1960. Климат приземного слоя воздуха. ИЛ.

Геоботаническая карта СССР. 1954. М.— Л., Изд-во АН СССР.

Гольцберг И. А. 1961. Агроклиматическая характеристика заморозков в СССР и методы борьбы с ними. Л., Гидрометеоиздат.

Готшалк Ю. Ф. 1939. Данные о гидрологической роли насаждений в районе Тростянецкой лесной опытной станции. Труды Всес. науч.-исслед. ин-та лесного хоз., вып. 8. Пушкино, Моск. обл.

Дадыкин В. П. 1952. Особенности поведения растений на холодных почвах. Изд-во АН СССР.

Дюнин А. К. 1961. Испарение снега, изд. Сиб. отд. АН СССР. Новосибирск.

Дылис Н. В. 1961. Лиственница Восточной Сибири и Дальнего Востока. Изменчивость и природное разнообразие. Изд-во АН СССР.

Егоров А. Д. 1942. Воды и озера якутских аласов. Изд. Якутск. педагог. ин-та.

Егоров А. Д. и Немчинов А. Г. 1954. Материалы по гидрохимической характеристике водоемов Центральной Якутии. Сб. «Материалы о природных условиях и сельском хозяйстве Центральной Якутии». Изд-во АН СССР.

Ефимов А. И. 1952. Незамерзающий пресный источник Улахан Тарын в Центральной Якутии. Сб. «Изучение вечной мерзлоты в Якутской республике», вып. 2. Изд-во АН СССР.

Ефимов А. И. 1954. Источники водоснабжения территории Центральной Якутии. Сб. «Материалы о природных условиях и сельском хозяйстве Центральной Якутии». Изд-во АН СССР.

Забелин И. М. 1959. Теория физической географии. М., Географгиз.

Зольников В. Г. 1954а. Рельеф и почвообразующие породы восточной половины Центральной Якутии. Сб. «Материалы о природных условиях и сельском хозяйстве Центральной Якутии». Изд-во АН СССР.

Зольников В. Г. 1954б. Почвы восточной половины Центральной Якутии и их использование. Сб. «Материалы о природных условиях и сельском хозяйстве Центральной Якутии». Изд-во АН СССР.
Зонн С. В. 1959. Почвенная влага и лесные насаждения. Изд-во АН СССР.
Иванов Л. А., Силина А. А., Жмур Д. Г., Цельникер Ю. Л. 1951. Об определении транспирационного расхода древостоев леса. «Бот. журнал», т. 36, № 1.
Иванов Л. А., Силина А. А. и Цельникер Ю. Л. 1953. О транспирации полезащитных полос в условиях Деркульской степи. «Бот. журнал», т. 38, № 2.
Иванов Л. А. 1953. Гидрологическое значение расходования влаги лесом в различных зонах Европейской части СССР. Докл. АН СССР, т. 90, № 4.
Иванов В. К. 1937. Климат Омской области. Омск.
Идзон П. Ф. 1961. Гидрологическое районирование Волго-Уральского междуречья и элементы водного баланса. Труды Лабор. лесоведения, т. III. Изд-во АН СССР.
Каманин Л. Г. 1947. Коллективная работа «Геоморфологическое районирование СССР». Изд-во АН СССР.
Караваев М. Н. 1955. К вопросу о геоботаническом районировании таежной зоны Якутии. Вестник МГУ, № 8.
Караваев М. Н. 1957. Опыт дробного геоботанического районирования восточной части Центральной Якутской равнины. Вестник МГУ, № 2.
Кароль Б. П. 1959. Микроклимат и методы его изучения при геоботанических исследованиях. Сб. «Полевая геоботаника», т. I. М.— Л., Изд-во АН СССР.
Качинский Н. А. 1927. Замерзание, размерзание и влажность почвы в зимний сезон в лесу и на полевых участках. Труды ин-та почвоведения МГУ.
Киссит Т. Я. и Польский М. Н. 1958. Особенности водного режима темноцветных почв больших падин под древесными насаждениями. Труды Ин-та леса АН СССР, т. XXXVIII.
Китредж Д. 1951. Влияние леса на климат, почвы и водный режим. ИЛ.
Колосков П. И. 1932. Отношение температуры почвы к температуре воздуха. Труды Комиссии по изуч. вечной мерзлоты, т. I.
Колосков П. И. 1937. Природные условия внутрипочвенной конденсации атмосферных паров. Сб. «Проблемы физ. географии», т. IV.
Колосков П. И. 1938. Сорбция как один из источников почвенно-грунтовой воды. Сб. «Проблемы физ. географии», т. VI.
Коплан С. И. 1940. Влияние леса на поверхностный сток. Труды Всес. науч.-исслед. ин-та лесного хоз., вып. 18. Пушкино, Моск. обл.
Коржуев С. С. 1959. Геоморфологическое строение долины Средней Лены в связи с ее хозяйственным освоением. Труды ин-та географии АН СССР, вып. 78.
Коровин А. И. и Дохунаев В. Н. 1954. Некоторые данные о проникновении в почву корневых систем дикой и культурной растительности в районе г. Якутска. Уч. зап. Якутск. пед. и учительского ин-та, вып. III. Якутск.
Красильников П. К. 1960. Методика изучения подземных органов деревьев, кустарников и лесных сообществ при полевых геоботанических исследованиях. В кн.: «Полевая геоботаника», т. II. М.— Л., Изд-во АН СССР.
Кузьмин П. П. 1961. Процесс таяния снежного покрова. Л., Гидрометеоиздат.
Лебедев А. Ф. 1931. Почвенные и грунтовые воды. М.— Л., Сельхозгиз.
Медведев Л. М. 1940. Мощность, запасы и морфологический состав напочвенного покрова в сосняках. Труды Брянск. ин-та лесного хоз., т. IV.
Мелехов И. С. 1957. Об отложении лесной подстилки в зависимости от типа леса. Труды Архангельск. лесотехн. ин-та, т. XVII. Архангельск.
Мина В. Н. 1954. Взаимодействие между древесной растительностью и почвами в некоторых типах дубового леса южной лесостепи. Труды ин-та леса АН СССР, т. XV.
Молчанов А. А. 1952. Гидрологическая роль сосновых лесов на песчаных почвах. Изд-во АН СССР.
Молчанов А. А. 1960. Гидрологическая роль леса. Изд-во АН СССР.
Молчанов А. А. 1961. Лес и климат. Изд-во АН СССР.
Мямлин Г. Д. 1940. Агроклиматические условия ЯАССР. «Соц. строительство», № 10—11.
Никитин Г. П. 1957. О роли парообразной влаги атмосферы в водном режиме почв Центральной Якутии. Изв. Вост. фил. АН СССР, № 12.
Орешкина Н. С. 1959. Опыты по изучению водоудерживающей способности фракции мелкого песка и крупной пыли. «Почвоведение», № 1.
Петровский Ю. С. 1940. Температура и влажность воздуха в лесонасаждениях. Труды Всес. науч.-исслед. ин-та лесного хоз., вып. 18.
Поздняков Л. К. 1956. О влиянии растительности на глубину летнего оттаивания почвы. Сб. работ по геоботанике, лесоведению, палеогеографии и флористике. М.— Л., Изд-во АН СССР.
Поздняков Л. К. 1956. О роли осадков, проникающих под полог леса, в процессе обмена веществом между лесом и почвой. Докл. АН СССР, т. 107, № 5.

Поздняков Л. К. 1957. Задержание дождевых осадков кронами деревьев и сток по стволам в лесах Центральной Якутии. Сб. работ по лесному хоз. М., Изд. науч.-техн. об-ва сельск. и лесн. хоз.
Поздняков Л. К. 1961а. Леса верхнего течения Яны. Труды Ин-та биологии Якутск. фил. Сиб. отд. АН СССР, вып. VII.
Поздняков Л. К. 1961б. Лиственничные и сосновые леса Верхнего Алдана. Изд-во АН СССР.
Поздняков Л. К. 1962. О влиянии растений живого покрова на прорастание семян и развитие всходов даурской лиственницы. Изд-во АН СССР.
Попов Л. В. 1958. Опыт изучения капиллярных свойств лесной подстилки. Изв. Сиб. отд. АН СССР, № 10.
Протодьяконов М. М. 1960. Определение максимального стока поверхностных вод с малых водосборов. Л., Гидрометеоиздат.
Пьявченко Н. И. 1958. Торфяники Русской лесостепи. Изд-во АН СССР.
Пьявченко Н. И., Сибирева З. А. 1959. О роли атмосферной пыли в питании болот. Докл. АН СССР, т. 124, № 2.
Ремезов Н. П. 1959. О методике изучения биологического круговорота элементов в лесу. «Почвоведение», № 1.
Рихтер Г. Д. 1945. Снежный покров, его формирование и свойства. Изд-во АН СССР.
Рихтер Г. Д. 1951. Снежный покров и полезащитное лесоразведение. Сб. «Пробл. физ. географии», т. 16. М.— Л., Изд-во АН СССР.
Рихтер Г. Д. 1955. Использование снега в народном хозяйстве и задачи его изучения. Сб. «Вопросы изучения снега и использования его в народном хозяйстве». Изд-во АН СССР.
Роде А. А. 1952. Почвенная влага. Изд-во АН СССР.
Роде А. А. 1960. Методы изучения водного режима почв. Изд-во АН СССР.
Родин Л. Е. 1960. О динамике органического вещества и биологическом круговороте азота и зольных элементов в некоторых пустынных сообществах. Труды Москов. об-ва испыт. природы, т. III.
Рутковский В. И. и Кузнецова З. И. 1940. Влияние насаждений на снеговой режим. Сб. «Водоохранная роль леса», изд. ВНИИЛХ.
Салазанов В. В. 1957. К вопросу об испарении с поверхности снега в условиях Якутии. Труды Центр. ин-та прогнозов, вып. 58.
Сапожникова С. А. 1950. Микроклимат и местный климат. Л., Гидрометеоиздат.
Сапожникова С. А. 1958. Опыт агроклиматического районирования территории СССР. Сб. «Вопросы агроклиматического районирования СССР». М., Изд-во МСХ СССР.
Сахаров М. И. 1940. Фитоклиматы лесных фитоценозов. Труды Брянск. лесохоз. ин-та, т. IV.
Сахаров М. И. 1948. Зависимость температурного режима почв от характера лесного покрова. «Почвоведение», № 3.
Созыкин Н. Ф. 1939. Гидрологическое значение лесной подстилки и физических свойств лесных почв. Труды ВНИИЛХ, вып. 8.
Созыкин Н. Ф. 1940. Влияние леса на водные свойства почв. Труды Всес. науч.-исслед. ин-та лесного хоз., вып. 18.
Сочава В. Б. 1956. Лиственничные леса. В кн.: «Растительный покров СССР», пояснительный текст к геоботанической карте СССР, т. I.
Сукачев В. Н. 1912. Растительность верхней части бассейна р. Тунгира Олекминского округа Якутской области (фитосоциологический очерк). Труды Амурск. экспед., т. 16, Бот. исслед. 1910 г., вып. 16.
Тимофеев В. П. 1947. Лиственница в культуре. М., Гослесбумиздат.
Третьяков Н. В., Горский П. В. и Самойлович Г. Г., 1952. Справочник таксатора. М., Гослесбумиздат.
Тугаринов В. В. 1949. Перспективы практического применения процессов конденсации водяных паров воздуха. Докл. Тимирязевск. с.-х. академии, вып. IX.
Тюлина Л. Н. 1957. Очерк лесной растительности верхнего течения р. Алдана. Труды ин-та биол. Якутск. фил. АН СССР, вып. III.
Тютюнов И. А. 1951. Миграция воды в торфяно-глеевой почве в период замерзания и замерзшего ее состояния в условиях неглубокого залегания вечной мерзлоты. Изд-во АН СССР.
Тютюнов И. А. 1960. Процессы изменения и преобразования почв и горных пород при отрицательной температуре. Изд-во АН СССР.
Тютюнов И. А. 1961. Введение в теорию формирования мерзлых пород. Изд-во АН СССР.
Уткин А. И. 1958. Некоторые особенности распространения корневых систем древесных пород в холодных почвах. Сообщ. Ин-та леса АН СССР, вып. 9.
Уткин А. И. 1959. Краткая характеристика лиственничных лесов Центральной Якутии. Изв. Сиб. отд. АН СССР, № 3.
Уткин А. И. 1960. О роли вечной мерзлоты в лесах Центральной Якутии. Сб. «Новые лесоводственные исследования». Изд-во АН СССР.

Федоровский Д. В. 1954. Методы определения некоторых физических и водных свойств почвы, применяемые при полевых и вегетационных опытах. Сб. «Агрохимические методы исследования почв». М., Изд-во АН СССР.

Цыпленкин Е. И. 1937. Почвенно-агрономические исследования на Крайнем Севере. Труды Всес. науч.-исслед. ин-та удобрений, агротехники и агропочвоведения, вып. 19.

Цыпленкин Е. И. 1944. Вечная мерзлота и ее агрономическое значение. Труды Ин-та мерзлотоведения АН СССР, т. IV.

Цыпленкин Е. И., Шедеров С. Г., Потапов Н. Г. 1941. Агротехника зерновых культур в правобережных районах Якутской АССР, СОПС, Якутская экспедиция 1938 г. Изд-во АН СССР.

Шашко Д. И. 1958. Агроклиматическое районирование СССР по обеспеченности растений теплом и влагой. Сб. «Вопросы агроклиматического районирования СССР». М., Изд-во МСХ СССР.

Шашко Д. И. 1961. Климатические условия земледелия Центральной Якутии. Изд-во АН СССР.

Шимановский С. В. 1955. Наблюдения над температурным режимом снежного покрова в Якутске, Игарке и Подмосковье. Сб. «Вопросы изучения снега и использования его в народн. хозяйстве». Изд-во АН СССР.

Шостакович В. Б. 1927. Материалы по климату Якутской республики и сопредельных с ней частей Северной Азии. Труды Ком. по изуч. ЯАССР, т. VI.

Щербакова Е. Я. 1961. Восточная Сибирь. Серия — Климат СССР, вып. 5. Л., Гидрометеоиздат.

Щербаков И. П. и Уртаев Г. Т. 1961. Леса и лесная промышленность Якутии. М.— Л., Гослесбумиздат.

Arens K. 1934. Die kuticuläre Extretion des Laubblätters Jahrbuch Wissensch. Botanic, 80.

Arens K. 1936. Kann mah in allen Fällens aus den Ergebnissen der Aschenanalysen Schlüsse auf Lebensfunctioonen der Pflanze? Landwirtschaft Jahrbuch. Bd. 82, H. 3.

Laus I. O. 1941. Measurements of the fall velocities of waterdrops and raindrops. Trans Amer. Geophys. Part 111.

Lausberg Th. 1953. Quantitative Untersuchungen über die kutikuläre Extretion des Laubblätters Jahrbuch Wissenschaft Botanic, 81.

Rubner K. 1932. Der Nebelniderschlag in Wald und seine Messung. Tharandter Forestl. Jahrbuch, 83.

Tamm Carl Olof. 1951. Removal of Plant Naturients from Tree Crowns by Rain Physiologia plantarum, vol. 4, fasc. 1. Copenhagen.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие 3
Природные условия Центральной Якутии 5
Краткая характеристика опытного участка 11
Лес и осадки 26
Проникновение дождевых осадков сквозь полог леса 26
Стекание дождевых осадков по стволам деревьев 36
Снежный покров в лесу 41
Лесная подстилка и ее влияние на режим влаги в лесу 54
Роль жидких осадков, проникающих под полог леса, в процессе обмена веществом между лесом и почвой 62
Лес и почвенная влага 73
Влажность почвы в лесу 73
О режиме влажности лесных почв 74
Распределение в почве корневых систем лиственницы и сосны 87
Поверхностный и внутрипочвенный сток 98
Сток дождевых (ливневых) вод 98
Сток талых вод 99
Сток с лесных бассейнов 102
Внутрипочвенный надмерзлотный сток 105
Парообразная влага в почве 107
Изменение запасов влаги в почве 111
Расход влаги лесом 116
Некоторые особенности температурного режима в лесу 124
Заморозки на поверхности почвы 131
Динамика летнего оттаивания почвы в лесу 136
Заключение 140
Литература 142

Лев Константинович Поздняков

Гидроклиматический режим лиственничных лесов Центральной Якутии

Утверждено к печати Институтом леса и древесины Сибирского отделения АН СССР

Редактор издательства *В. Н. Тихомиров*
Технический редактор *Ю. В. Рылина*

РИСО АН СССР № 79—138В. Сдано в набор 17/I 1963 г.
Подписано к печати 16/V 1963 г. Формат $70 \times 108^1/_{16}$
Печ. л. $9^1/_4$. усл. печ. л. 12,67. Уч.-изд. л. 12,2. Изд. № 1543.
Тираж 800 экз. Т-06929. Тип. зак. № 5526

Цена 85 к.

Издательство Академии наук СССР,
Москва, Б-62, Подсосенский пер., 21

2-я типография Издательства АН СССР,
Москва, Г-99, Шубинский пер., 10