

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
ЦЕНТРАЛЬНЫЙ СИБИРСКИЙ БОТАНИЧЕСКИЙ САД

И. В. ТАРАН, В. И. СПИРИДОНОВ

УСТОЙЧИВОСТЬ РЕКРЕАЦИОННЫХ ЛЕСОВ

Ответственный редактор
д-р биол. наук проф. *А. В. Кумина*

864752

**ВОЛОГОДСКАЯ
областная библиотека
им. Н. В. Бабушкина**



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
Новосибирск-1977

УДК 634.0.27 : 502.7(571.14)

В монографии обобщены результаты многолетних исследований рекреационного использования лесов зеленой зоны Новосибирска в районе Академгородка СО АН СССР. Освещено влияние рекреационной нагрузки на некоторые физические свойства, водный и температурный режим почв. Установлена зависимость между показателем рекреационной нагрузки и состоянием травяного покрова, ходом естественного возобновления, ростом основных лесообразующих пород, интенсивностью деградации древостоев. Разработана система лесоводственных мероприятий по сохранению, повышению устойчивости и долговечности насаждений в условиях высокой рекреационной нагрузки.

Работа рассчитана на ботаников, лесоводов, лесоустроителей, специалистов зеленого и лесопаркового строительства.

Т $\frac{40502-833}{055(02)-77}$ 698-77

© Издательство «Наука», 1977.

ВВЕДЕНИЕ

Ускоренное развитие народного хозяйства в нашей стране, рост жизненного уровня и баланса свободного времени населения существенно изменили взаимоотношения между человеком и природой. В этих условиях лесам как главному компоненту зеленого покрова планеты придается важное значение, в том числе и рекреационное.

Урбанизация жизни обусловила вовлечение в сферу рекреационного использования больших территорий природных ландшафтов и, прежде всего, пригородных лесов. В настоящее время для отдыха используется около 32 млн. га лесов, в перспективе их площадь значительно возрастет. Между тем пригородные леса еще недостаточно подготовлены к приему всевозрастающего количества отдыхающих. Под влиянием высоких рекреационных нагрузок ухудшается общее состояние лесов, снижаются защитные, санитарно-гигиенические и эстетические функции. Искусственное уплотнение почвы, разрушение лесной подстилки, вытаптывание травяного покрова, повреждение подлеска и подроста нарушают водно-воздушный и температурный режим почвы, вызывают ослабление и деградацию насаждений.

Рациональное использование лесов для организации отдыха — сложная проблема, приобретающая большой научный и практический интерес. Поэтому важную роль играют исследования, направленные на изучение вопросов рекреации с целью совершенствования лесоводственных основ повышения устойчивости насаждений, увеличения их рекреационной емкости, определения путей рациональной организации отдыха

и благоустройства пригородных лесов. Эти вопросы в нашей стране и особенно в Сибири еще мало изучены.

Намп исследована зеленая зона Новосибирска в районе Академгородка СО АН СССР — своеобразная лаборатория в природе по изучению вопросов рекреации. В настоящей работе освещены итоги исследований и результаты 20-летних производственных опытов по сохранению, преобразованию и повышению устойчивости лесов в условиях высокой рекреационной нагрузки. Основное внимание сосредоточено на количественных и качественных изменениях в лесных фитоценозах под влиянием уплотнения почвы и сделана попытка определить пути предотвращения деградации рекреационных насаждений с помощью целенаправленных лесоводственных мероприятий.

Авторы выражают благодарность сотрудникам лаборатории рекреационных лесов и лесопарков и Лесозащитной опытной станции Центрального сибирского ботанического сада В. Т. Бакулину, А. А. Дьяконовой, Р. Д. Ероховой, Л. И. Кайгородской, М. Г. Креквину, А. И. Плутахишу за помощь и содействие при проведении исследований. За ценные советы в период подготовки рукописи к изданию авторы глубоко признательны доктору биологических наук профессору А. В. Куминовой.

САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ЗЕЛЕННЫХ НАСАЖДЕНИЙ

В эпоху научно-технической революции многогранность полезности лесов неуклонно возрастает. Лес — источник разнообразного сырья для многих отраслей народного хозяйства. Вместе с тем он выполняет защитные, водоохранные, противозерозионные, бальнеологические, эстетические, рекреационные и другие полезные функции, объединяемые в лесоводственной науке в общее понятие — «невесомые полезности леса» (Протопопов, Гукасян, 1966; Мелехов, 1972). Развитие промышленности и урбанизация увеличили влияние неблагоприятных факторов, особенно в крупных городах, на окружающую среду и самого человека. Своеобразным стабилизатором жизненной среды человека становятся леса и зеленые насаждения. Это источник здоровья, зеленые фабрики кислорода. С каждым годом в градостроительной практике нашей страны вопросам озеленения, создания парков и лесопарков, зеленых зон, использованию лесов в рекреационных целях уделяется все больше внимания.

Санитарно-гигиенические функции лесов зеленых зон и внутригородских насаждений проявляются прежде всего в их способности снижать концентрацию углекислоты в воздухе и одновременно обогащать его кислородом. Наблюдения показывают, что в теплые солнечные дни 1 га леса, поглощая 220—280 кг углекислого газа, выделяет 150—220 кг кислорода, достаточного для дыхания 40—50 чел. (Белов, 1964а, б; Baumgartner, 1970). При образовании 1 т органической массы поглощается в среднем 1,6—2 т углекислого газа (табл. 1) и выделяется 1,3—1,5 т кислорода (Белов, 1964а; Болычевцев, 1968; Brünig, 1971).

Самое большое количество кислорода выделяют средневозрастные насаждения (от 30 до 60—80 лет). Сосновые насаждения I класса бонитета с полнотой 0,8 выделяют в год 10,9 т/га кислорода, березовые — 10,8, осиновые — 9,7 т/га. По данным В. Г. Болычевцева (1968), выделение кислорода 36—60-летними дубовыми и лиственничными насаждениями III—IV классов

Т а б л и ц а 1

Поглощение CO_2 и выделение O_2 при образовании 1 т органической массы (по Белову, 1964а), кг

Порода	Поглощение CO_2	Выделение в атмосфере O_2
Сосна		
древесина	1820	1398
хвоя	1949	1535
Береза		
древесина	1835	1393
листва	1652	1302
Осина		
древесина	1846	1423
листва	1652	1302

бонитета составляет 6,7 т/га, березовыми — 5,9, сосновыми — 4,8, осиповыми — 5,7 т/га.

Выделенный растениями кислород переносится ветром на большие расстояния, улучшая состав воздуха городов и поселков.

Большое значение имеет степень ионизации кислорода воздуха, обуславливающая его биологическую активность. Зеленые насаждения играют положительную роль в поддержании ионного режима

воздуха. Степень ионизации характеризуется числом положительных и отрицательных, легких и тяжелых ионов в 1 см^3 воздуха. В природных условиях наблюдается небольшое преобладание положительных ионов над отрицательными, тяжелых над легкими. Их отношение (коэффициент униполярности $-q$) для нижних слоев атмосферы составляет 1,1—1,2 (Минх, 1963).

Для определения гигиенического эффекта ионизации особое значение имеет главным образом концентрация легких положительных и отрицательных ионов в воздухе. Чем коэффициент униполярности меньше, тем воздух считается более чистым и благоприятным в гигиеническом отношении.

Среднее количество легких ионов в городском воздухе значительно ниже, чем в загородном. В промышленных городах, в многолюдных помещениях их концентрация колеблется в пределах 100—500, а иногда исчисляется десятками ионов в 1 см^3 . За городом она выше в 2—3 раза (табл. 2).

Приято считать, что 25 легких отрицательных ионов в 1 см^3 воздуха — минимальный предел.

Исследования, проведенные на курортах Кавказа (Берашвили, 1964, 1968), показали, что воздух в лесу характеризуется высокой степенью ионизации. Концентрация легких ионов при этом в сосновых лесах в 2 раза выше, чем в лиственных, а коэффициент униполярности всегда меньше единицы (0,7—1), в лиственных насаждениях — больше единицы. На безлесных полянах концентрация легких ионов в среднем в 2—2,5 раза ниже, чем в лесу, коэффициент униполярности гораздо больше единицы.

Установлено, что насыщенность воздуха легкими ионами в культурах сосны (Подмосковье) колеблется в течение вегета-

Степень ионизации воздуха в различных условиях (по Белову, 1964б)

Условия	Число легких ионов в 1 см ³ воздуха
Над лесами и вблизи леса	2000—3000
В горах	2000—3000
В чистой атмосфере без влияния леса	1000
Над морями в 5 км от берега	800—900
В парке культуры и отдыха	800
Вблизи заводов	220—400
В закрытых многолюдных помещениях	25—100

ционного периода от 614 до 896 ионов в 1 см³, а коэффициент униполярности в большинстве случаев составляет 0,9—1, что свидетельствует о довольно высоких биоклиматических достоинствах этих насаждений. В культурах лиственницы общее количество легких ионов также довольно высоко — 528—802 см³, но среди них преобладают ионы положительного знака ($q = 1—1,6$). На разнотравно-злаковой вырубке число легких ионов в 1,5—2 раза меньше, чем в культурах, среднемесячные значения коэффициента униполярности достигают 1,6—4. Таким образом, вырубка характеризуется более низкими показателями естественной ионизации в сравнении с участками, занятыми лесом любого дендрологического состава (Власюк, 1970).

На ионизацию воздуха в лесу оказывают влияние смолистые и ароматические вещества, выделяемые древесными растениями в процессе их жизнедеятельности (Сверчков, 1964).

Ионизированный воздух благотворно влияет на самочувствие человека. Его лечебные свойства используют при гипертонической болезни, атеросклерозе, бронхиальной астме, легочном туберкулезе, бессоннице, переутомлении и др.

Велика роль зеленых насаждений в поглощении пыли, в очищении воздуха от вредных газов. Задерживая твердые и газообразные примеси, они служат своеобразным фильтром, очищающим атмосферу городов и поселков. По данным Д. Филизова и других (1972), в 1 м³ воздуха промышленных центров содержится от 100 до 500 тыс. частиц пыли и сажи, в лесу их почти в 1000 раз меньше. Насаждения, произрастающие под Ленинградом и в Подмоскovie (до 7 км), задерживают на кронах от 6 до 78 кг/га твердых осадков, что составляет 40—80% взвешенных примесей в воздухе (Ишин, 1965а; Подзоров, 1967).

Запыленность воздуха в городских зеленых насаждениях в 2—3 раза меньше, чем на улицах и площадях. Даже небольшие участки насаждений снижают запыленность городского возду-

ха в летнее время на 30—40% (Берюшев, 1961; Костюкевич, 1974).

Способность зеленых насаждений очищать воздух от газов зависит от многих факторов: породного состава и полноты древостоев, ширины полос, формы, ажурности, высоты и размещения деревьев и кустарников. Наиболее эффективны для очистки воздуха от газов лиственные насаждения. Установлено, что полосы шириной 30—60 м снижают концентрацию окиси углерода в выхлопных газах автотранспорта более чем в 2—3 раза (Берюшев, 1961). По данным Г. П. Кириллова и В. Ф. Сидоренко (1972а, б), 2—6-рядные защитные насаждения из древесных и кустарниковых растений на улицах Волгограда снижают содержание окиси углерода в выхлопных газах в зимний период на 5—50, в летний — на 7—75%. Наблюдения в Донбасе и Ростовской области показали (Бобохидзе, 1973), что под влиянием зеленых насаждений концентрация сернистого газа на расстоянии 1000 м от ТЭЦ, металлургического завода, коксохимического комбината снижается на 20—29%, на расстоянии 1500—2000 м — на 38—42%.

Фильтрующая роль зеленых насаждений в отношении вредных газов объясняется тем, что часть газов поглощается листьями растений в процессе их фотосинтетической деятельности. Некоторое количество газов рассеивается кронами деревьев в верхние слои атмосферы, благодаря вертикальным и горизонтальным воздушным потокам, возникающим в связи с перепадом температур воздуха на открытых участках и под пологом насаждений. Эти потоки способствуют отводу загрязненного воздуха с территорий, примыкающих к промышленным предприятиям и жилым кварталам.

Одна из важных санитарно-гигиенических функций зеленых насаждений — их способность снижать уровень шума. Хорошо развитые древесные и кустарниковые защитные насаждения шириной до 40—45 м снижают шум от городского транспорта в Москве на 17—23 дБ. Полоса насаждений шириной 30 м при редкой посадке деревьев снижает уровень шума на 8—11 дБ, небольшие скверы и изреженные внутриквартальные зеленые насаждения на 4—7 дБ; травяной покров в квартале на 6—11 дБ (Берюшев и др., 1957; Берюшев, 1961; Машинский, 1962).

В. Т. Сазонов (1971) установил, что существующие снегозащитные полосы вдоль железнодорожных путей способны уменьшить шум от проходящих поездов на 2—8 дБ. Шумозащитная роль зеленых насаждений зависит от размеров массива. Исследования показали, что в лесу на расстоянии 30 м от опушки шум уменьшается на 6—8 дБ (Филизов и др., 1972). Крупные лесные массивы снижают шумовой фон на 19—20 дБ (Машинский, 1973).

Зеленые насаждения оказывают значительное влияние на температурный режим городов. Установлено, что температура воздуха летом среди внутриквартальных зеленых насаждений

на 7—10°, в скверах на 5,2, в палисадниках на 3,4 и в односторонних уличных посадках на 2° ниже, чем на городских улицах, площадях и во дворах домов (Издебский, 1949; Берюшев, 1961; Машинский, 1962, 1973; Ананьев, 1964, Пивкин, Школлер, 1970). Температура почвы во внутриквартальных насаждениях на 17—24, а в односторонних уличных посадках на 6—10° ниже, чем на неозелененных территориях города (Берюшев, 1961, и др.).

В городских условиях значительно снижается относительная влажность воздуха. По данным наблюдений Л. О. Машинского (1962), на улицах и в жилых кварталах Москвы воздух нагревается в летнее время до 30—35°, его относительная влажность снижается до 20—24%. Вследствие этого создаются условия, сходные с климатом пустынь с его иссушающей жарой и крайней сухостью воздуха. Зеленые насаждения повышают влажность воздуха. В жаркие летние дни относительная влажность воздуха среди них на 7—40% выше, чем в городских кварталах (Шелейховский, 1948; Издебский, 1949; Берюшев, 1961; Ананьев, 1964; Машинский, 1973).

Под влиянием зеленых насаждений почти в 3 раза снижается скорость ветра в городских условиях (Издебский, 1949). Причем это влияние эффективно проявляется на расстоянии 12—13-кратной высоты деревьев (Машинский, 1973). Исследования В. М. Пивкина и Л. Я. Школлер (1970) в Сибири показали, что ажурные и продуваемые лесные полосы шириной 7—15 м снижают скорость ветра зимой с наветренной стороны у стены полосы на 30—50%, на расстоянии, равном 2—3 их высотам, — на 20%. С подветренной стороны полос скорость ветра на расстоянии 4 высот уменьшается по сравнению с первоначальной на 90%, 12 высот — на 50, 24—25 высот — на 20%.

Крупные массивы зеленых насаждений оказывают влияние на температуру и относительную влажность воздуха, ветровой режим не только под кронами деревьев, но и на прилегающей к ним территории. Так, температура воздуха на открытом месте на расстоянии 100 м от леса на 1—1,5° ниже, чем на более удаленных от лесного массива участках вследствие усиления циркуляции воздуха вблизи зеленых насаждений (Берюшев, 1961; Машинский, 1962). Относительная влажность воздуха может повышаться под влиянием леса на 30% по сравнению с влажностью открытых территорий в зоне до 500 м от стены леса (Берюшев, 1961). Даже неширокие (10 м) полосы зеленых насаждений увеличивают относительную влажность воздуха на расстоянии 400—500 м. Повышение относительной влажности воздуха на 15% воспринимается как понижение его температуры на 3,5° (Машинский, 1962).

Наблюдениями в лесостепной зоне Средней Сибири установлено, что температура и влажность воздуха, а также ветровой режим на территориях, прилегающих к лесу, зависят от их лесистости.

стости (Протопопов, Зюбипа, 1969; Зюбина, Протопопов, 1974). Так, увеличение лесистости с 30 до 70 % обуславливает снижение температуры воздуха в течение вегетационного периода на 5—13% по сравнению со средней температурой окружающей местности. При увеличении лесистости на 10% температура воздуха снижается в среднем на 0,2°. С увеличением лесистости территории на 50% (в интервале от 10 до 50%) абсолютная и относительная влажность воздуха в течение вегетационного периода возрастает на 6—12%, а средняя скорость ветра снижается на 40—45%. Приведенные данные свидетельствуют о том, что лес изменяет основные климатические факторы не только внутри насаждений, но и на прилегающих территориях.

Зеленые насаждения значительно снижают солнечную радиацию (прямую и рассеянную). По данным А. М. Издебского (1949), суммарная радиация в зеленых насаждениях (в условиях Киева) составляет всего 16% от суммарной радиации открытого места. И. В. Бериашвили (1964), проводивший исследования в лесах Кавказа, установил, что по сравнению с открытой территорией прямая и рассеянная радиация составляет в сосновом насаждении 45%, в лиственном — около 30, в еловом — около 25%.

Для оценки санитарно-гигиенических и бальнеологических свойств лесов большое значение имеет их фитонцидность. Фитонциды — это вещества, продуцируемые растениями и проявляющие бактерицидное, фунгицидное и протистоцидное действие. По физическому состоянию они могут быть твердыми, жидкими и газообразными. Химическая природа их весьма разнообразна. В большинстве случаев это комплекс органических соединений, относящихся к биологически активным веществам. Они содержат соединения различных классов: углеводороды, в том числе эфирные масла, смолы и бальзамы; спирты, альдегиды и кетоны; органические кислоты и их соли, углеводы, аминокислоты и белки. По времени действия они способны длительно сохранять свою активность или мгновенно превращаться во внешней среде в другие вещества (Токин, 1957; Якимов, 1957; Пряжников, 1966; Протопопов и др., 1974).

Фитонцидными свойствами обладают все растения — бактерии, низшие грибы, высшие цветковые растения, хвойные, наземные и водные растения (Токин, 1957).

Результаты исследований, проведенных в различных районах СССР, показывают, что большинство видов травянистых растений, произрастающих в лесах, отличаются высокой фитонцидной активностью. Установлено, что соки листьев купальницы азиатской, кровохлебки аптечной, костяники, борщевика сибирского, какалии копьевидной вызывают мгновенную гибель инфузорий *Paramecium caudatum* и *Spirostomum teres* (Гром, 1967). В течение 1—3 мин простейшие погибают в соке василистников малого и среднего, земляники лесной, сныти

и др. Высокую антимикробную активность проявляют дикорастущие луки Сибири, прострел, княжик сибирский, душица обыкновенная, ломоносы, пион и многие другие (Вернер и др., 1961; Вернер, Делова, 1965; Крылов, Пряжников, 1965).

Высокими фитонцидными свойствами характеризуются летучие выделения деревьев и кустарников: сосны обыкновенной, пихты сибирской, ели обыкновенной, лиственницы сибирской, кедра сибирского, березы бородавчатой, черемухи обыкновенной, рябины сибирской, смородины черной и красной, таволги средней и дубровколистной, калины обыкновенной и др. (Крылов, Пряжников, 1965; Протопопов, Гукасян, 1966; Пряжников, 1966; Гром, 1967; Делова, 1967; Старовойтова, Лахно, 1967; Токин, 1967; Власюк, 1968; Гуревич, 1974; и др.). Установлено, что степень фитонцидности достигает максимума в весенне-летние месяцы, в основном в период цветения и активного роста растений, и снижается к осени, причем фитонцидная активность молодых листьев и хвон, как правило, выше, чем старых (Протопопов, Гукасян, 1966; Токин, 1967; Протопопов и др., 1974).

Среди древесных растений по своим фитонцидным свойствам особенно выделяются хвойные деревья. По данным Б. П. Токина (1967), смолы и живицы хвойных деревьев, особенно пихты, убивают бактерии дифтерии в столь малых концентрациях, что превышают активность многих биологических антисептиков — пенициллина, грамицидина и др. Доказано, что уже в первые минуты соприкосновения с экстрактами коры пихты дифтерийные палочки погибают.

Велико стерилизирующее воздействие фитонцидов на микрофлору окружающего воздуха. В лесном воздухе содержится значительно меньше микроорганизмов, чем в городе, в жилых и производственных помещениях (Пряжников, 1966). Д. Филизов, П. Пеев, Б. Минчев (1972) установили, что в 1 м^3 городского воздуха насчитывается в среднем 30—40 тыс. бактерий и других микроорганизмов, лесного воздуха — от 30 до 400, т. е. в сотни раз меньше. Даже в воздухе городских парков содержится в 200 раз меньше бактерий, чем в воздухе улиц (Костюкевич, 1974). Данные по плотности микроорганизмов, полученные в некоторых районах Сибири и Московской области, показывают, что количество микробов в 1 м^3 воздуха в сосновых и кедровых насаждениях в 1,5—3 раза меньше, чем в березовых, а также на вырубках, лесных лугах и болотах (табл. 3).

Производительность летучих веществ и антимикробный эффект насаждений связаны с их составом (Пряжников, 1966; Протопопов и др., 1974). Более высокую производительность имеют кедровые и сосновые леса. По наблюдениям В. В. Протопопова и Г. П. Черняевой (1967 а, б), в Красноярской лесостепи древостой 70-летнего сосняка бруснично-разнотравного продуцируют в день до 3,8 кг/га, а 65-летнего березняка разно-

Количественная характеристика микрофлоры воздуха в лесных фитоценозах в 1 м³ воздуха

Характеристика лесных участков	Всего	В том числе		Район исследования	Автор
		бактерий	грибов		
Сосняк мшисто-ягодниковый	734	170	564	Томская обл.	Коваленок, Токин, Ягнович (1952)
Кедровник разнотравный	1540	700	840		
Березняк разнотравный	∞	1806	∞		
Заросли черемухи	2024	1590	434	Саяны	Протопопов (1967)
Лесной луг	2004	634	1370		
Сосняк бруснично-багульниковый, 70 лет	1120	331	789		
Кедровник чернично-долгомошниковый, 220 лет	814	226	588		
Кедровник бруснично-зеленомошниковый, 200 лет	1064	311	753	Алтай	Крылов, Пряжников (1965)
Лиственничник бруснично-багульничково-зеленомошниковый, 180 лет	1842	742	1100		
Старая вырубка	1592	318	1274		
Кедровник разнотравный, 200 лет	510	192	318	Московская обл.	Бласюк (1970)
Березняк разнотравный, 100лет	956	127	829		
Вырубка разнотравно-злаковая	9350	5579	3871		
Культуры сосны, 21 год	2750	660	2090		
Культуры лиственницы, 21 год	1450	1399	51		
Культуры березы, 21 год	3150	1984	1166		

травного — до 3 кг/га (за вегетационный период соответственно 500 и 300 кг) летучих органических соединений. В 200-летних кедровниках Западного Саяна в течение вегетационного периода выделяется примерно 450—500 кг/га фитонцидных веществ (Протопопов и др., 1974). Близкие к этим данные получены А. Н. Пряжниковым (1966) для кедровников Алтая.

Исследования показали, что наряду с антимикробной активностью фитонциды некоторых растений (черемухи обыкновенной, ирги обыкновенной, борщевика сибирского, пихты, рябины и др.) проявляют инсектицидные свойства (Тарханова, 1952; Оленев, 1955; Токин, 1967; Гуревич, 1974).

Приведенные выше данные свидетельствуют о разнообразном и благотворном влиянии лесов и зеленых насаждений на состояние внешней среды и вследствие этого на организм человека. Они улучшают ионизационный, температурный режим и влажность воздуха, обогащают его кислородом и фитонцидами, очищают от пыли и газов, ослабляют силу ветра и снижают уровень шума и т. д., что вызывает необходимость все шире использовать их для улучшения условий жизни, труда и отдыха населения городов.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ

ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ

Новосибирский научный центр Сибирского отделения Академии наук СССР расположен на правом берегу Обского водохранилища, в 25 км от Новосибирска (рис. 1). В геоморфологическом отношении он лежит в пределах Приобского плато — грядово-увалистой возвышенности с высотами 100 — 240 м над ур. м., включает пойму реки Оби и три надпойменные террасы, ширина которых на отдельных участках достигает в совокупности несколько десятков километров. Террасы сложены древнеаллювиальными песчаными и супесчаными отложениями и покрыты почвами легкого механического состава.

Поверхность представляет дренированную равнину с преобладающим уклоном на юг и юго-запад. Она охватывает водоразделы небольших рек — Нижней Ельцовки, Зырянки, Шадрихи, имеющих хорошо развитые долины шириной 150—200 м.

Сильное расчленение территории речками и овражно-балочной сетью приводит к перераспределению поверхностных и грунтовых вод. Основной источник питания рек —

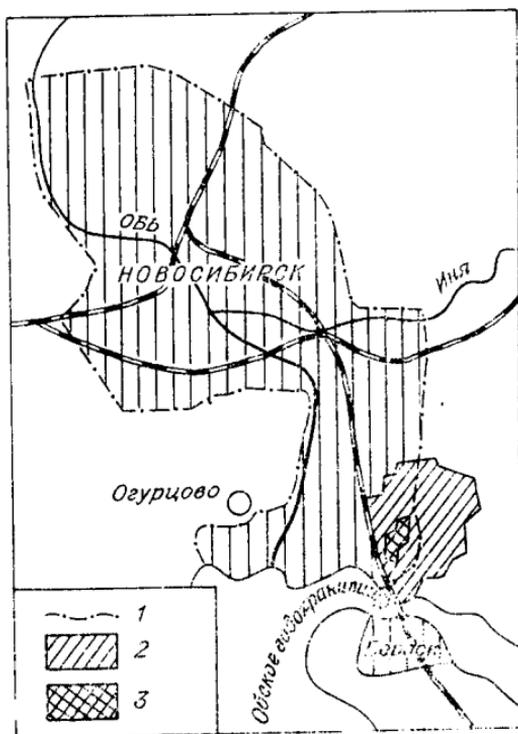


Рис. 1. Схема расположения района исследований.

1 — граница города Новосибирска; 2 — район исследований; 3 — Академгородок.

поверхностный сток атмосферных осадков и в незначительной степени грунтовые воды, вследствие чего в отдельные засушливые годы и периоды некоторые из них пересыхают.

Земли Новосибирского научного центра общей площадью 9,1 тыс. га входят в состав зеленой зоны города. Часть их (2,8 тыс. га) расположена в пределах городской черты. С юга и юго-запада они граничат с водохранилищем, с севера и востока — с лесами Бердского и Новосибирского лесхозов.

Климат рассматриваемого района резко континентальный с умеренной обеспеченностью теплом и влагой (Агроклиматические ресурсы Новосибирской области, 1971). По многолетним наблюдениям ближайшей гидрометеостанции Огурцово, находящейся в 10—12 км от места исследований, продолжительность периода с устойчивым снежным покровом 157—162 дня. Абсолютный минимум температуры опускается до минус 50°. Средняя высота снежного покрова на открытых участках 35 см, в лесу — до 60—70 см. Низкие зимние температуры обуславливают промерзание почвы на открытых местах на глубину 150—240 см.

Весна и осень короткие. Безморозный период продолжается в среднем 120 дней. Последние весенние заморозки прекращаются в начале третьей декады мая, но в отдельные годы отмечаются 1—10 июня. Первые осенние заморозки обычно начинаются во второй половине сентября.

Вегетационный период (период с температурой воздуха выше 5°C) продолжается в среднем 155 дней, с первой декады мая до первой декады октября.

Сумма температур воздуха выше 10° равна 1800—1950°. Гидротермический коэффициент 1,2—1,0, что характеризует достаточную увлажненность вегетационного периода.

По многолетним данным (табл. 4), средняя месячная температура самого теплого месяца (июля) 18,8°C, самого холодного (января) минус 19,6°C. Летом в отдельные дни максимальная температура воздуха достигает 35—37°C. Минимальная относительная влажность воздуха отмечается в мае — июне (61—66%), максимальная — в ноябре — декабре (83,3—84,3%).

Годовое количество осадков — 414 мм. В холодный период (ноябрь — март) выпадает 128 мм, с апреля по октябрь — 286 мм, или 69% годовой нормы. Наименьшее количество осадков наблюдается в марте и апреле, наибольшее (60 мм) — в июле. В отдельные годы отмечаются значительные отклонения от средних многолетних данных.

Наиболее холодной была зима 1968/69 г. Средняя температура января достигала — 30,7°C (рис. 2). Более теплыми были зимы 1967/68, 1969/70 и 1972/73 гг., на протяжении которых температура самого холодного месяца не опускалась ниже средней многолетней.

Особый интерес представляет изменение температуры воздуха в течение вегетационного периода (май — сентябрь). Хо-

Характеристика термического режима и увлажнения (по данным гидрометеостанции Огурцово)

Месяц	Температура воздуха, °С				Средняя относительная влажность воздуха, %	Количество осадков, мм
	средняя	минимальная	максимальная	абсолютный минимум		
Январь	-19,6	-24,2	4	-50	80,6	26
Февраль	-18,0	-22,7	4	-45	81,0	21
Март	-11,6	-17,6	7	-41	79,0	17
Апрель	-0,9	-5,9	26	-31	72,6	17
Май	9,5	3,4	34	-17	61,0	33
Июнь	16,1	9,8	35	-2	66,0	51
Июль	18,8	12,7	37	3	71,6	60
Август	16,1	10,4	34	-1	75,3	53
Сентябрь	10,0	4,5	29	-8	75,3	38
Октябрь	1,3	-2,7	23	-32	79,0	34
Ноябрь	-9,5	-12,8	10	-45	84,3	37
Декабрь	-17,0	-21,7	2	-48	83,3	29
Среднее за год . . .	-0,4	-5,6	20,4	-26,4	75,7	414

лоднее обычного (на 1—3°) было в июне 1968, июле 1970—1972, августе 1967, 1969 и 1972 гг. (см. рис. 2). Теплее обычного (на 1—2°) был июнь 1973, июль 1967, сентябрь 1970, 1971 и 1973 гг. В июле 1969 г. средняя температура превышала среднюю многолетнюю на 4,3°.

Годовые и месячные суммы осадков также имели значительные отклонения от средних многолетних (рис. 3). Наименьшая сумма осадков (330 мм) зарегистрирована в 1973 г., наибольшая (506 мм) — в 1972 г. Наибольшее количество осадков отмечено в июле и августе 1970 и 1971 гг., когда оно превышало средние многолетние в 1,5—2,5 раза. Средняя температура воздуха в эти же месяцы была на 1—2°С ниже нормы.

Из восьми лет (1967—1974 гг.), в течение которых проводились исследования, наиболее засушливыми были 1967, 1968 и 1973 гг. На протяжении вегетационных периодов этих лет лесные насаждения в известной мере испытывали недостаток влаги

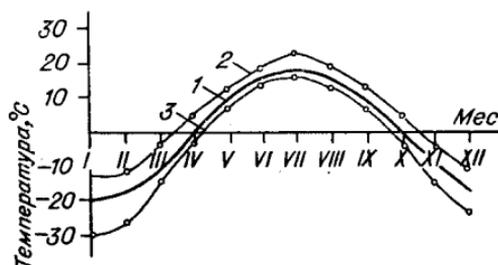


Рис. 2. Динамика среднемесячной температуры воздуха за 1966—1975 гг.

1 — средняя многолетняя; 2 — максимальная; 3 — минимальная.

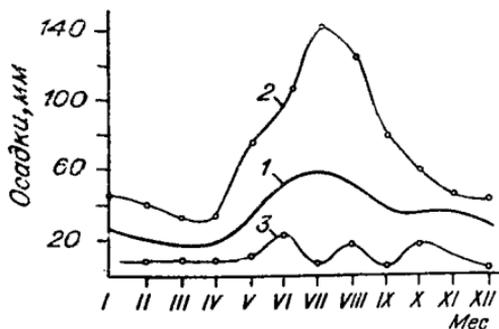


Рис. 3. Амплитуда колебаний атмосферных осадков за 1966—1975 гг.

1 — средняя многолетняя сумма осадков; 2 — максимальная; 3 — минимальная.

в почве, особенно заметно в местах интенсивного антропогенного воздействия. В другие годы климатические условия и, в частности режим увлажнения, не оказывали неблагоприятного влияния на рост и развитие растений.

Почвы. Характеристика почв правобережья лесостепного Приобья приведена в монографиях Н. И. Гуськова (1947), К. П. Горшенина (1955), в книге «Почвы Новосибирской области» (1966). Сведения о почвах террас Оби имеются также в работах А. А. Дьяконовой, А. П. Киселевой (1965), А. А. Дьяконовой (1968, 1973) и др.

Одной из особенностей почвенного покрова района исследований является автоморфность его развития. Глубокое залегание грунтовых вод (на глубине 15—25 м и более) на большей части территории исключает возможность влияния их на ход почвообразовательного процесса.

Важная особенность почв — наличие гидрофильного уплотненного плювиального горизонта на глубине около 1 м, обладающего слабой водопроницаемостью. В связи с этим, несмотря на глубокое залегание грунтовых вод и легкий механический состав почв, создаются благоприятные условия для роста не только сосны, свойственной террасам, но и других древесных и кустарниковых пород как местных, так и многих интродуцированных.

Под сосновыми лесами высоких террас Оби развиваются дерново-подзолистые и подзолистые почвы, на низких террасах и в пойме — луговые и болотно-аллювиальные. Под березовыми насаждениями преобладают преимущественно серые лесные почвы. В составе земельного фонда Новосибирского района подзолистые, дерново-подзолистые и серые лесные почвы занимают 52, черноземы — 19% (Почвы Новосибирской области, 1966).

На территории Новосибирского научного центра СО АН СССР по данным А. А. Дьяконовой (1973), распространены дерново-подзолистые и серые лесные почвы.

Серые лесные среднеподзоленные почвы занимают преимущественно пологие склоны и повышенные элементы рельефа,

участки, давно освободившиеся из-под леса и используемые в сельском хозяйстве.

На крутых южных и юго-западных склонах под сосновым лесом сформировались дерново-подзолистые почвы с хорошо выраженным мощным тяжелым иллювиальным горизонтом.

В понижениях среди березового леса на юго-восточных склонах или в микрозападинах на вершинах грив развиты серые лесные олуговелые почвы с кислой реакцией почвенного раствора, темноцветные с пороховидной структурой. Олуговению этих почв способствовали поверхностный сток и временное переувлажнение.

Темно-серые почвы занимают верхние части восточных склонов, на осветленных полянах с хорошим травостоем. Подстилающие породы темно-серых почв — карбонатные.

По западинкам и ложбинкам, в местах с периодически застойным переувлажнением отдельными небольшими контурами встречаются торфянисто-болотные, перегнойно-болотные почвы с хорошо выраженным кочковатым фитогенным микрорельефом. В верхних горизонтах почвы оглеены за счет временного переувлажнения, которое морфологически выражается в виде ржаво-бурых пятен окисного железа. Сизая и голубая окраска закисных соединений железа образуется в местах постоянного переувлажнения.

Согласно почвенной карте, подготовленной А. А. Дьяконовой, дерново-подзолистые и серые лесные почвы занимают на территории Центрального сибирского ботанического сада СО АН СССР (ЦСБС), лесопарковой хозчасти и зоны застройки 88% площади. Основной фон на территории зоны застройки и лесопарковой хозчасти создают дерново-сильноподзолистые почвы.

Дерново-подзолистые и серые лесные почвы отличаются значительным содержанием илстых частиц: в верхних горизонтах 9—5%, в горизонтах *B* и *BC* — 14—12%. В серых лесных почвах распределение илстых частиц по профилю более или менее равномерное — около 10—12% (Дьяконова, 1973).

Удельный вес дерново-среднеподзолистой почвы колеблется по профилю от 2,42 в верхнем горизонте до 2,61 г/см³ в иллювиальном на глубине 36—70 см и 2,49 г/см³ в подстилающих породах (табл. 5). Серые лесные среднеподзоленные почвы формируются на более тяжелых подстилающих породах. В связи с этим их удельный вес изменяется по горизонтам не так резко, как дерново-среднеподзоленных. В темно-серых слабоподзоленных оглеенных почвах он изменяется от 2,64 в верхнем (0—23 см) слое до 2,56 г/см³ в подстилающих породах на глубине 160 см, плавно снижаясь с глубиной.

Объемный вес дерново-подзолистых почв колеблется от 1,1 до 1,28 г/см³ в верхнем 20-сантиметровом слое и от 1,5 до 1,74 г/см³ в иллювиальном горизонте. В серых лесных почвах он варьи-

Удельный вес почв (по Дьяконовой, 1973)

Дерново-среднепод- золистая, р. 9		Серая лесная сред- неподзоленная, р. 3		Серая лесная сред- неподзоленная, р. 8		Темно-серая лесная слабоподзоленная, р. 5	
глубина см	удельный вес, г/см ³	глубина, см	удельный вес, г/см ³	глубина, см	удельный вес, г/см ³	глубина, см	удельный вес, г/см ³
0—10	2,42	0—20	2,55	0—20	2,50	0—23	2,64
10—36	2,57	20—36	2,58	20—40	2,53	23—45	2,60
36—55	2,61	36—51	2,59	40—55	2,55	45—70	2,60
55—76	2,56	51—81	2,60	55—80	2,53	70—104	2,55
76—85	2,52	81—113	2,62	127—170	2,53	104—118	2,58
85—115	2,55	113—146	2,60	170—190	2,51	118—160	2,56
115—135	2,53	146—180	2,62	—	—	—	—
135—150	2,49	—	—	—	—	—	—

рует от 0,8—1,18 в слое 0—20 см до 1,38—1,68 г/см³ в иллювиальных горизонтах.

Рассматриваемые почвы относятся к мало- и среднегумусным (Дьяконова, 1973). Содержание гумуса в слое 0—20 см колеблется от 2 до 4%, лишь только в темно-серых олуговелых почвах достигает 5,14% (табл. 6). Содержание гумуса падает вниз по профилю и на гл. 50—60 см не превышает 0,3—0,8%.

Количество общего азота в верхней части (0—15 см) гумусового горизонта невелико и не превышает в дерново-подзолистых почвах 0,138—0,176%, в серых лесных 0,269—0,406%, резко снижаясь вниз по профилю; валового фосфора (в форме окиси фосфора P₂O₅) соответственно — 0,036—0,080 и 0,115—0,268% (Почвы Новосибирской области, 1966).

При общих небольших запасах питательных веществ почвы характеризуются значительной подвижностью азота, фосфора, калия. В 100 г верхнего слоя дерново-подзолистых почв содержится 4,5—6,5 мг легкогидролизуемого азота, 10—15 мг подвижного фосфора и до 25 мг подвижного калия, в серых лесных почвах соответственно 5,6—9,7 мг легкогидролизуемого азота, от 5 до 10 мг P₂O₅ и 10—12 мг подвижного калия.

Дерново-подзолистые почвы характеризуются малой емкостью поглощения (8,5—9,7 м-экв/100 г почвы) и неполной насыщенностью основаниями. Емкость поглощения серых лесных почв составляет в горизонте A₁ 22—35 м-экв, а в более глубоких горизонтах — 14—22 м-экв/100 г почвы. Среди обменных катионов преобладает кальций (75—90% суммы).

Реакция почвенной среды этих почв кислая или слабокислая. Показатель кислотности для всего профиля дерново-подзоли-

Содержание гумуса в дерново-подзолистых и серых лесных почвах (по Дьяконовой, 1973)

Почва	Глубина, см	Гумус, %
Дерново-слабоподзолистая (окультуренная)	0—15	2,63
	15—40	0,89
	40—76	0,71
	76—121	0,47
Дерново-сильноподзолистая (склоп)	0—12	3,34
	12—27	2,97
	27—49	1,13
	49—74	0,34
	74—134	0,12
Серая лесная слабоподзоленная (окультуренная)	20—37	2,04
	37—50	1,00
	50—73	0,68
	73—83	0,52
Серая лесная среднеподзоленная (залежь)	0—20	2,93
	20—36	1,77
	36—51	1,14
	51—81	0,84
Серая лесная слабоподзоленная олуговелая	0—27	5,14
	27—46	2,59
	46—69	1,13
	69—117	0,52
	117—142	0,39
Темно-серая лесная слабоподзоленная	0—12	4,09
	17—35	3,20
	35—50	2,10
	50—72	0,94
	72—95	0,68

стых почв колеблется в пределах 5,5—6,9 солевой вытяжки. В серых лесных почвах он во всей выщелоченной толще равен 5,5—6,0. В карбонатном горизонте реакция среды щелочная (рН водной суспензии 7,8—7,9).

В заключение следует отметить, что дерново-подзолистые и серые лесные почвы обладают высокими лесорастительными свойствами, производительность произрастающих насаждений характеризуется I—II классами бонитета.

ХАРАКТЕРИСТИКА ЛЕСОВ

Основным элементом ландшафта рассматриваемого района, как и всей зеленой зоны г. Новосибирска, являются леса. По лесорастительному районированию (Крылов, 1961) они входят

в Приобский сосново-боровый лесостепной район, по геоботаническому (Куминова и др., 1963) — в боровой округ правобережной Приобской лесостепи.

Еще в прошлом веке леса занимали почти всю территорию. В конце минувшего столетия с прокладкой Транссибирской железнодорожной магистрали, возникновением и бурным ростом Новониколаевска они начали интенсивно эксплуатироваться. Вырубка лесов для нужд строительства, развивающейся промышленности и сельского хозяйства значительно сократила их площади. По сохранившимся лесоустроительным материалам к 1911 г. в лесном массиве Новониколаевского лесничества Алтайского округа почти все спелые сосновые насаждения были вырублены или очень сильно расстроены выборочными рубками (Таран, Спиридонов, 1971).

Данные обследования, проведенного в начале 30-х годов специальной экспедицией треста «Новосиблес», показали, что спелые насаждения в пригородных Новосибирском и Бердском лесхозах занимали не более 5% площади, не покрытые лесом участки (вырубки, пустыри, прогалины, редины) — около 25%. В кратком отчете начальник экспедиции С. Д. Розинг писал: «Это остатки сосновых боров, некогда располагавшихся по берегам рек Обь и Бердь, часть их сменилась лиственными насаждениями» (цит. по Тарану, Спиридонову, 1971, с. 75).

В послевоенный период быстро растущий Новосибирск еще более потеснил леса. Возникли Дзержинский и Советский районы, построена Новосибирская ГЭС, в связи с чем общая площадь пригородных лесов сократилась почти на 20 тыс. га. Наряду с этим они оказались расчлененными линиями электропередач, дорогами и другими коммуникациями, что отрицательно повлияло на их рост, устойчивость и общее состояние.

В последние годы значительно усилилось рекреационное использование пригородных лесов. Этот вид антропогенного воздействия, пожалуй, один из ведущих, способный сравнительно быстро привести к нарушению и изменению лесорастительных условий, обеднению флоры, сокращению численности и даже полному исчезновению отдельных видов растений. Особенно сильное и все возрастающее рекреационное воздействие стали испытывать лесные ландшафты в районе исследований после создания водохранилища и завершения строительства Новосибирского научного центра СО АН СССР.

Из общей площади земель СО АН СССР 9073 га покрытая лесом составляет 4257,5 га. Распределение по категориям приведено в табл. 7.

В составе нелесных земель значительную часть (более 2 тыс. га) занимают сельскохозяйственные угодья экспериментального хозяйства Сибирского отделения, являющегося опытно-производственной базой для внедрения в практику научных разработок многих научно-исследовательских институтов. В кате-

Распределение земель СО АН СССР по категориям

Категория земель	Площадь, га	% от общей площади
Общая площадь	9073,0	100,0
Лесная	4553,4	50,2
В том числе:		
покрытая лесом	4257,5	46,9
несомкнувшиеся культуры	45,4	0,5
не покрытая лесом	250,5	2,8
из них редины	196,2	2,2
» пустыри и прогалины	54,3	0,6
Нелесная	4519,6	49,8
В том числе:		
угодья (пашни, сенокосы, пастбища)	2572,0	28,4
воды	48,3	0,5
площади специального хозяйственного назначения (дороги, просеки, усадьбы, постоянные питомни- ки, электротрассы и прочие земли)	1673,6	18,4
неиспользуемые площади (болота, пески и камени- стые россыпи, овраги и крутые склоны)	225,7	2,5

горю земель специального назначения включены территории, занимаемые Академгородком и поселками им. Кирова, Каинская заимка, Чербузы и Нижняя Ельцовка, а также экспозициями и питомниками ЦСБС и Института цитологии и генетики СО АН СССР.

Состав лесообразующих пород не отличается большим разнообразием. Из хвойных произрастают сосна обыкновенная (*Pinus silvestris*), в культурах—лиственница сибирская (*Larix sibirica*), кедр сибирский (*Pinus sibirica*), ель сибирская (*Picea obovata*). Из лиственных широко распространены береза бородавчатая (*Betula verrucosa*), осина (*Populus tremula*), ивы древовидные (*Salix alba*, *S. caprea*) и кустарниковые. Преобладают средневозрастные насаждения (81%), на долю молодняков приходится 12,7%, приспевающие и спелые древостои составляют 6,3% (табл. 8).

Важный таксационный показатель рекреационных лесов — полнота насаждений, различия в которой вносят элемент разнообразия в лесные ландшафты. В рассматриваемых лесах доминируют насаждения с низкими и средними полнотами (табл. 9), что свидетельствует об интенсивном хозяйственном их использовании в прошлом (рубки, пастьба скота, сенокосение и др.).

Интенсивная хозяйственная деятельность человека наложила отпечаток и на типологический состав лесов. Здесь распространены главным образом насаждения разнотравных типов (81,7%), встречаются мшисто-ягодниковый (2%), папоротниковый (9,5%),

Распределение покрытой лесом площади по преобладающим породам, группам возраста и классам бонитета, га

Преобладающая порода	Всего	В том числе				Средний класс бонитета
		молодняки	средне-возрастные	при-спевающие	спелые и перестойные	
Сосна	961,4	380,8	526,6	53,1	0,9	I, 5
Кедр	0,8	0,8	—	—	—	I, 0
Лиственница	9,4	9,4	—	—	—	I, 2
Ель	0,2	0,2	—	—	—	III, 0
Береза	2824,4	56,1	2662,5	81,0	24,8	I, 8
Осина	260,8	24,6	130,5	77,5	28,2	I, 5
Ива	200,5	70,1	124,6	5,8	—	III, 6
Итого	4257,5	542,0	3444,2	217,4	53,9	I, 8

травяно-болотный (1,8%) и разнотравно-пойменный (4,7%) типы (табл. 10).

Сосновые леса занимают 961,4 га и представлены мшисто-ягодниковым, разнотравным и папоротниковым типами.

Сосновые леса мшисто-ягодникового типа характерны высоким террасам Оби. Они занимают 84,5 га (см. табл. 10) и произрастают на дерново-сильнопodzолистой супесчаной почве. Это густые (полнота 0,8—1,0) и чистые по составу древостой с высокой производительностью I—II классов бонитета. Средняя высота их в возрасте 80—100 лет 23—27 м.

В насаждениях, не подвергающихся антропогенному воздействию, сосновый подрост составляет от 20 до 50 тыс. экз/га, средняя высота его 1—2 м.

Подлесок различной густоты состоит главным образом из акации желтой (*Caragana arborescens*), ив (*Salix caprea*, *C. cinerea*),

Т а б л и ц а 9

Распределение насаждений по полнотам

Преобладающая порода	Общая площадь, га	В том числе по полнотам			Средняя полнота
		0,3—0,4	0,5—0,7	0,8-1,0	
Сосна	961,4	187,1	494,6	279,7	0,62
Кедр	0,8	—	0,8	—	0,70
Лиственница	9,4	—	3,9	5,5	0,77
Ель	0,2	—	0,2	—	0,70
Береза	2824,4	947,1	1663,1	214,2	0,53
Осина	260,8	26,4	159,1	75,3	0,65
Ива	200,5	2,3	195,8	2,4	0,59
Итого	4257,5	1162,9	2517,5	577,1	0,56

Распределение покрытой лесом площади по типам леса, га

Тип леса	Сосна	Кедр, лиственница, ель	Береза	Осина	Ива	Всего	% от общей площади
Мшисто-ягодниковый	84,5	—	—	—	—	84,5	2,0
Разнотравный	846,5	10,4	2424,6	198,5	—	3480,0	81,7
Вейниковый	—	—	14,5	—	—	14,5	0,3
Папоротниковый	30,4	—	310,7	62,3	—	403,4	9,5
Травяно-болотный	—	—	74,6	—	—	74,6	1,8
Разнотравно-пойменный	—	—	—	—	200,5	200,5	4,7
Итого	961,4	10,4	2824,4	260,8	200,5	4257,5	100,0

шиповника (*Rosa acicularis*). В местах с повышенным рельефом он очень редкий, в понижениях — густой, группового расположения.

В травяно-кустарничковом ярусе преобладает брусника (*Vaccinium vitis-idaea*), в более влажных, пониженных элементах рельефа — черника (*Vaccinium myrtillus*). Из других видов в покрове обычны майник двулистный (*Majanthemum bifolium*), купена лекарственная (*Polygonatum officinale*), кошачья лапка (*Antennaria dioica*), касатик русский (*Iris ruthenica*). По пониженным местам чаще встречаются костяника (*Rubus saxatilis*), грушанка (*Pirola rotundifolia*), зеленые мхи и др.

Сосновые насаждения разнотравного и папоротникового типов леса имеют негустой древостой (сомкнутость крон 0,5—0,6) из сосны с примесью березы. Средняя высота деревьев сосны 15—25 м, класс бонитета II—III.

Подрост (до 20 тыс. экз/га) состоит из сосны с небольшой примесью осины и березы. Высота его 2—3 м.

Подлесок различной густоты из ивы, акации желтой, шиповника и др.

Общая черта травостоя этих лесов — доминирование разнотравья и незначительное участие злаков и осок. Травостой часто пятнист, покрытие его колеблется от 40 до 90%, задернованность всегда небольшая (2—5%). Видовое разнообразие невелико — до 35—45 видов на пробной площади (Павлова, 1963).

Как постоянные субдиффикаторы в составе разнотравного соснового леса встречаются касатик русский и клубника (*Fragaria viridis*), лишь в папоротниковом типе они вытеснены папоротником-орляком (*Pteridium aquilinum*). Из злаков в небольшом количестве обычны в травостое вейник лесной (*Calamagrostis arundinaceae*) и коротконожка перистая (*Brachypodium pinnatum*), а из осок — осока большехвостая (*Carex macroura*).

В группе разнотравья высоким обилием выделяется ряд видов: золотая розга (*Solidago vigravea*), медуница мягчайшая (*Pulmonaria mollissima*), подмаренник северный (*Galium boreale*), сныть (*Aegopodium podagraria*), костяника, герань лесная (*Geranium silvaticum*) и др. Из бобовых всюду встречаются клевер лупиновый (*Trifolium lupinaster*), горошек лесной (*Vicia silvatica*), чина луговая (*Lathyrus pratensis*), чина Гмелина (*Lathyrus gmelinii*) и др.

В интенсивно посещаемых местах, вдоль троп и дорог развиваются устойчивые к уплотнению почвы растения, способные быстро отрастать при повреждении, переносить повышенную засоленность и сухость почвы: клевер ползучий (*Trifolium repens*), тысячелистник (*Achillea millefolium*), подорожники (*Plantago media*, *P. major*, *P. stepposa*) и др.

Березовые леса занимают 2824,4 га. Они представлены разнотравным, папоротниковым, травяно-болотным и вейниковым типами (см. табл. 10). Это разреженные (сомкнутость крон 0,4—0,7), чаще с небольшой примесью осины, насаждения. Средняя высота древостоев колеблется от 10 до 20 м. Преобладающий диаметр стволов 14—20 см.

Возобновление в большинстве случаев порослевое. Подрост редкий, высота его 2—3 м.

Подлесок выражен слабо, единично встречаются акация желтая, черемуха (*Padus racemosa*), крушина (*Frangula alnus*), калина (*Viburnum opulus*), шиповники и др.

Травяной покров развит хорошо, с ясно выраженной злаковой основой. Проективное покрытие его 90—100%. Число видов на одной пробной площади колеблется от 40 до 70.

В травяном покрове березовых лесов разнотравного типа хорошо заметны три яруса. Высота первого яруса 80—150 см, второго — 50—80, третьего — 5—15 см (Лапшина, 1963). Верхний ярус составляют крупные злаки — ежа сборная (*Dactylis glomerata*), вейник лесной и высокие зонтичные — реброплодник уральский (*Pleurospermum uralense*), борщевик (*Hieracium dissectum*), дудник лесной (*Angelica silvestris*). Во втором ярусе распространены коротконожка перистая и различные виды разнотравья — кровохлебка лекарственная (*Sanguisorba officinalis*), василистники (*Thalictrum simplex*, *Th. minus*), клевер лупиновый, чина луговая. Третий ярус образуют низкорослые виды — касатик русский, костяника, фиалки (*Viola hirta* и *V. montana*), земляника (*Fragaria vesca*), медуница, осока большехвостая и др.

В травяном покрове папоротникового березового насаждения преобладает папоротник-орляк, расселяющийся под кронами деревьев. На более осветленных местах господствует крупнотравье — сныть, скерда сибирская (*Crepis sibirica*), вейник тростниковидный или осока большехвостая. В строении травостоя обычно выделяется 2 яруса: первый высотой 150—180 см

образован крупными злаками — ежкой сборной и вейником лесным и разнотравьем — василистниками простым и малым, скердой сибирской и др.; второй ярус высотой 70—90 см составляет господствующий папоротник-орляк. В некоторых фитоценозах четко выделяется еще и третий ярус, образованный осокой большехвостой, высотой до 40 см.

Травяно-болотный тип березовых лесов занимает слабо дренированные блюдцеобразные понижения с иловато-болотными почвами. Возобновление в них неудовлетворительное. Подлесок довольно густой, часто образует труднопроходимые заросли из ив, калины, черемухи, смородины черной (*Ribes nigrum*) и др.

Травяной покров хорошо развит. Наиболее распространены в нем осоки (*Carex caespitosa*, *C. gracilis*), лабазник (*Filipendula ulmaria*), вейник Лангсдорфа (*Calamagrostis langsdorffii*), сабельник болотный (*Comarum palustre*) и др. По микроповышениям встречаются майник двулистный, звездчатка злаковидная (*Stellaria graminea*) и др.

Осиновые леса представлены разнотравным и папоротниковым типами. Они занимают ровные, слегка пониженные места. По составу чистые или с небольшой примесью березы. Их площадь 260,8 га. Это довольно густые, с высокой сомкнутостью (0,8—1,0) кроны насаждения. Средняя высота древостоев колеблется от 10 до 14 м, средний диаметр 12—14 см, класс бонитета II—III. Подрост и подлесок в них редкий.

Травяной покров густой и разнообразный, состоит из лесных и лугово-лесных видов. Проективное покрытие 90—100%. Преобладают в нем сыть, скерда сибирская, борец высокий (*Aconitum excelsum*). Реже, но повсеместно встречаются папоротник-орляк, какалия копьевидная (*Cacalia hastata*), василистник малый, золотая розга, чина весенняя (*Lathyrus vernus*), костяника, медуница, подмаренник северный и др.

Ивовые леса образованы насаждениями разнотравно-пойменного типа. Распространены преимущественно в поймах рек. В подлеске встречаются черемуха, местами очень густо, смородина черная, шиповник. В травяном покрове преобладают осоки и злаки, обычны лабазник, какалия копьевидная и др.

Кедровые, лиственничные и еловые леса, как было отмечено выше, представлены насаждениями искусственного происхождения. Они посажены на участках, вышедших из-под сельскохозяйственного пользования. Травяной покров, характерный этим насаждениям, здесь еще не сформировался. Поэтому тип леса для них определен с учетом типа лесорастительных условий.

Из приведенных данных видно, что лесорастительные условия района позволяют выращивать высокопродуктивные насаждения, которые в зависимости от целевого назначения и направленности лесоводственного воздействия могут выполнять защитные, бальнеологические и рекреационные функции.

Распределение земель СО АН СССР по хозяйственным зонам и категориям, га

Зона	Лесная	Нелесная	Всего	В том числе лесопокрытая
Селитебная	318,8	673,3	992,5	281,2
Лесопарковая	564,3	99,6	663,9	540,1
Ботанический сад	636,2	364,5	1000,7	599,8
Пригородная	1439,2	1334,6	2773,9	1354,6
Лесохозяйственная	1594,8	2047,2	3642,0	1481,8
Итого	4553,4	4519,6	9073,0	4257,5

ленная от Академгородка и путей транспорта, используемая для размещения оздоровительных учреждений — пионерских лагерей, домов отдыха, профилакториев.

В состав лесохозяйственной зоны входят земли экспериментального хозяйства СО АН СССР. В лесах этой зоны мероприятия направлены на усиление почвозащитных, водоохраных и водорегулирующих свойств насаждений, а также на повышение их санитарно-гигиенических функций.

Леса Новосибирского научного центра — уникальная лаборатория в природе по изучению рекреации. Архитектурно-планировочное решение строительства городка с учетом максимального сохранения лесов в селитебной зоне, сочетание удобств благоустроенного города с непосредственной близостью к природе — все это предопределило сложное и многообразное влияние человека на лес. В то же время в Академгородке нет источников загрязнения атмосферы пылью, дымом и вредными газами, что позволяет ставить относительно чистые опыты по влиянию рекреационной нагрузки на насаждения, определять их рекреационную емкость, разрабатывать лесоводственные и лесохозяйственные приемы по их реконструкции, повышению эстетической и санитарно-гигиенической значимости, устойчивости и долговечности.

Программой исследований предусматривалось:

- выявить влияние рекреационной нагрузки на физические и химические свойства, водный и температурный режимы почвы;
- изучить интенсивность воздействия рекреационной нагрузки на состав и структуру лесных фитоценозов и определить устойчивость их отдельных ярусов;
- разработать систему мероприятий по сохранению и повышению долговечности рекреационных насаждений.

Для получения репрезентативных данных особое внимание уделялось правильному выбору местоположения пробных площа-

дей, их величине, количеству измерений, математической обработке данных с применением методов вариационной статистики.

Для выполнения намеченной программы исследований в насаждениях различных категорий и типов было заложено 21 постоянная (табл. 12) и 39 временных пробных площадей, обследовано 167 участков леса в трех микрорайонах (А, Б, В) Академгородка. Характеристика насаждений в селитебной зоне приведена ниже.

В основу изучения влияния рекреации на состояние лесов положены методы биогеоценологических исследований (Сукачев, Зопп, 1961).

Постоянные пробные площади заложены по общепринятой в лесной таксации методике (Анучин, 1960). Перечет деревьев на них производился по 2-сантиметровым ступеням толщины с разделением по состоянию на четыре категории: 1) хорошего и удовлетворительного роста; 2) ослабленного роста; 3) сухoverшинные; 4) сухостойные.

К категории деревьев хорошего и удовлетворительного роста относили те, у которых при визуальном обследовании не обнаружено каких-либо заметных изменений в росте. Кроны их были нормально развиты, хорошо облиственны.

К категории деревьев ослабленного роста относили деревья прирост осевого побега которых слабо выражен, крона изрежена и притуплена.

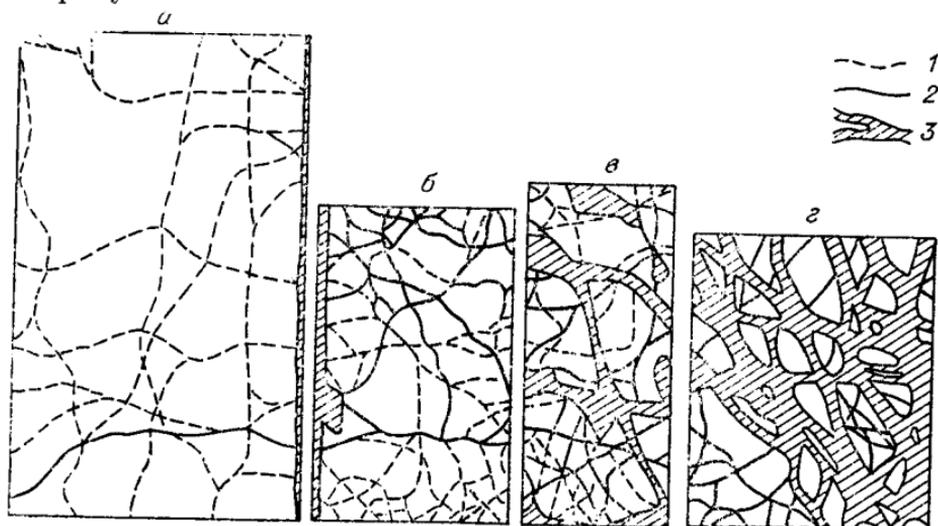


Рис. 5. Схема дорожно-тропичной сети на пробных площадях 7(а), 4(б), 2(в) и 6(г).

Площадь уплотненной поверхности: а — 5%; б — 20%; в — 42%; г — 68%; 1 — тропы шириной менее 0,5 м; 2 — тропы шириной 0,5—1 м; 3 — площадки с уплотненной поверхностью и тропы шириной более 1 м.

Таксационная характеристика пробных площадей

Пробная площадь	Номер квартала, выдела	Состав и средний возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Полнота	Тип леса	Запас растущего леса, м ³ /га	Показатель рекреационной нагрузки, %	Подрост			
									состав	возраст, лет	средняя высота, м	количество, тыс. экз/га
1	20,13	10С(95)	25,5	27,1	1,00	Смя	419	7	10Сед.Ос	4—10	0,5	34,5
1а	48,39	9Б(40)1Ос(30)ед. С	17,0	20,2	0,74	Брт	112	40	8Б2Осед.С	3—10	0,8	1,0
1д	47,1д	10С(21)	10,0	12,0	0,90	Срт	130	15	Отсутствует			
2	20,3	10С(80)ед. Б	22,9	34,2	0,84	Смя	317	42	5СЗБ2Ос	4—20	0,7	5,0
2б	64а,11	8Б(40)2С(50)+Ос	15,7	16,8	0,62	Брт	117	16	8Б2Осед.С	3—8	0,8	1,1
2в	46,2	6С(100)4Б(40)ед. Ос	18,9	29,2	0,65	Срт	142	30	6Ос4Б	2—6	0,9	0,7
3	20,4	10С(80)ед. Б	22,4	30,9	1,00	Смя	369	23	9С1Б+Ос	5—25	0,6	10,0
3б	64,27	8Б(40)2С(50)+Ос	15,8	16,4	0,64	Брт	124	8	8Б1Ос1С	3—8	0,8	1,5
4	20,4	10С(80)ед. Б	22,8	33,1	0,94	Смя	355	20	10Сед.Ос	5—25	0,9	23,1
5	32,24	8С(100)2Б(40)+Ос	19,7	28,6	0,78	Срт	232	26	7Ос3Бед.С	2—5	1,0	3,5
5в	46,5	8С(100)2Б(40)ед. Ос	19,2	30,8	0,76	Срт	217	15	8Б2Осед.С	3—8	0,7	1,8
6	48,52	8С2Б(40)+Ос	19,0	21,4	0,84	Срт	240	68	10Ос	2—4	0,8	1,2
6б	65,6	9Б1С(40)+Ос	16,5	19,7	0,67	Брт	127	80	Отсутствует			
7	63,2	10С(100)+Б	23,0	37,9	0,67	Срт	234	5	6С3Ос1Б	5—15	2,2	16,2
7б	64,7	6С(100)4Б(40)ед.Ос	19,4	31,8	0,59	Срт	147	51	6Ос3Б1С	3—10	0,8	1,0
8	48,52	8Б1С(40)1Ос(30)	18,7	20,1	0,59	Брт	133	19	10Осед.С	2—5	0,8	4,7
9	46,31	8Б(40)2Ос(30)ед. С	16,7	16,5	0,70	Брт	131	26	9Ос1Б	2—5	0,5	2,6
10	64,10	8Б1С(40)ос(30)	16,3	18,5	0,64	Брт	120	32	5Б5Ос	3—8	1,0	3,3
11	94,8	9Б1С(40)+Ос	15,3	14,0	0,91	Брт	151	9	5С5Ос	3—15	0,8	10,4
17	32,17	9Б1С(40)+Ос	17,0	20,6	0,70	Брт	130	20	8Ос2Б	5—15	1,5	4,5
20	46,20	6БЗС(40)1Ос(30)	17,0	22,0	0,70	Брт	134	60	10Осед.С	3—5	0,6	0,5

Примечание. Смя — сосняк мшисто-ягодниковый, Срт — сосняк разнотравный, Брт — березняк разнотравный.



Рис. 6. Участок леса с сильно вытоптанным травяным покровом (пр. пл. 6). Тропы и площадки с уплотненной поверхностью почвы занимают 68% площади.

Суховершинными считались деревья, крона у которых слабо облиственна, а вершина ее и часть боковых побегов усыхают. К сухостойным деревьям отнесены те, рост которых к моменту исследования прекратился.

На каждой пробной площади измерена поверхность уплотненной почвы, учтен подрост и подлесок, собран гербарий травянистых растений, описан почвенный разрез, определены объемный вес и капиллярная влагоемкость почвы по генетическим горизонтам и 10-сантиметровым слоям до глубины 1 м, взяты образцы для изучения физических и химических свойств почвы. Пробные площади заложены в 1968 г.

Тропы и площадки с уплотненной почвой картировали с помощью мерных инструментов. Пробные площади разбивали на серию квадратов. Участки с уплотненной почвой снимали на миллиметровую бумагу в масштабе. По полученному плану вычисляли занятую ими площадь, которая выражалась в процентах от площади пробы. Размещение пешеходных троп и участков с уплотненной поверхностью на некоторых пробных площадях показано на рис. 5.

Ниже приведены выполненные А. А. Дьяконовой описания почвенных разрезов под сосновым и березовым насаждениями на пробных площадях 6 и 11, расположенных соответственно в зоне застройки Академгородка (кв. 48, выд. 52) и на территории ЦСБС (кв. 94, выд. 8).¹

На пробной площади 6 (рис. 6) почва имеет следующие морфологические признаки:

A_1	0—3 см	Серо-белый, супесчаный, бесструктурный, рыхлый, свежий, пронизан корнями растений. Переход в следующий горизонт постепенный. Оподзоленность слабая с поверхности.
A_1A_2	3—8 см	Неравномерно бело-серый, супесчаный, бесструктурный, рыхлый, свежий, пронизан корнями растений. Переход в следующий горизонт постепенный.
A_2	8—75 см	Песчаный, с белесоватыми пятнами, бесструктурный, рыхлый, тонкий песок, свежий, пронизан корнями растений. Оподзоленность средняя с 37 см и сильная с 56 см. Имеет кремнеземистую присыпку. Переход в следующий горизонт постепенный. С глубины 35 см начинается средний песок, а с 55 см — белесый, крупный, песчаный, с бурыми тяжами и светло-оранжевыми пятнами окислов железа.
B_1	75—95 см	Палево-темный, с вертикальными потеками светло-охристого цвета и черными точками, глыбисто-пористый, очень плотный, свежий, пронизан корнями растений. Имеются окиси железа, марганца и охра. Переход в следующий горизонт ясный по цвету и плотности.
B_2	95—130 см	Бурый ожелезненный песок, глыбисто-пористый, плотный, свежий, пронизан корнями растений. Имеет кремнеземистую присыпку. Переход четкий.
C	130—150 см	Аллювиальный песок с блестками слюды, бесструктурный, рыхлый, свежий.

Под березовым насаждением (пр. пл. 11, рис. 7) почва характеризуется следующими морфологическими признаками:

A_1	0—10 см	Черный, легкий суглинок, ореховатый, рыхлый, свежий, пронизан корнями растений. Имеет кремнеземистую присыпку. Переход в следующий горизонт постепенный.
A_1A_2	10—26 см	Палево-пятнистый, легкий суглинок, комковатый, непрочный, рыхлый, свежий, пронизан корнями растений. Оподзоленность слабая. Имеет кремнеземистую присыпку. Переход постепенный.
A_2	26—70 см	Белесый, неравномерный книзу, легкий суглинок, бесструктурный, плотноватый, свежий, пронизан корнями растений. Оподзоленность сильная. Имеет кремнеземистую присыпку. Переход в следующий горизонт ясный.
B_1	70—97 см	Темно-бурый, тяжелый суглинок, глыбисто-слитный, очень плотный, свежий, пронизан корнями растений. Имеет пятна окислов железа. Переход четкий.
B_2	97—147 см	Светло-бурый, глыбисто-слитный, очень плотный, свежий, пронизан корнями растений. Имеет пятна окислов железа. Переход в следующий горизонт постепенный.
C	147—150	Палево-серый, с блестками слюды, песок бесструктурный, рыхлый, свежий.



Рис. 7. Насаждения, испытывающие относительно слабую антропогенную нагрузку (пр. пл. 11). Троцы занимают 9% площади.

Морфологические характеристики почвы на других пробных площадях близки приведенным. Несколько отличаются они друг от друга по мощности генетических горизонтов (табл. 13).

Из табл. 13 видно, что в почвенных профилях описанных участков, за исключением пробной площади 1, на глубине от 70 (проба 11) до 138 см (проба 2) залегают горизонты B_1 и B_2 с сильно плотной почвой, которые служат хорошим водоупором. Естественно, что они оказывают определенное влияние на влажность почвы, накопление и расход влаги в корнеобитаемой толще, особенно в слое 50—100 см.

Приведенные описания характеризуют типичные дерново-сильнопodzольные почвы: горизонт A_2 значительно превышает по мощности горизонт A_1 . Однако в зависимости от произрастающей растительности они имеют отличия по мощности, оструктуренности и механическому составу верхних горизонтов. На участках березового леса (пробные площади 8—11) горизонты A_1 и $A_1 A_2$ мощнее, они более оструктурены, содержание глинистых частиц в них больше, чем в таких же горизонтах почвы под сосновыми насаждениями. Мощность podzольного горизонта A_2 под березовым лесом меньше. Причиной этих различий является произрастающая на участках растительность: оподзоливающее действие березы слабее, чем сосны, а травяной покров, опад которого содержит много золы и быстро разлагается, оподзоливания не вызывает (Роде, Смирнов, 1972). Тем не менее довольно

близкие характеристики почвенных профилей говорят о вторичном происхождении березняков, которые вытеснили в прошлом сосновые насаждения под влиянием антропогенных факторов (сельскохозяйственное использование, рубки, пастьба скота, сенокосение и др.).

Влияние уплотнения почвы на некоторые ее физические свойства изучали с 1968 по 1974 г. на всех постоянных пробных площадях и отдельных участках (более 10) леса зоны застройки и лесопарковой. Динамика влажности запасов влаги в корнеобитаемой толще почвы исследована на 9 пробных площадях (2, 3б, 6, 6б, 7, 9—11, 17), температуры почвы и припочвенного слоя воздуха — на пробной площади 10, а также в процессе изучения роста корней деревьев (пр. пл. 1а, 1д и 10), начальная скорость впитывания воды в почву определялась на пробе 17.

Изменение запасов лесной подстилки под влиянием рекреационной нагрузки изучено на 11 пробных площадях (1, 2, 2в, 5в, 7, 7б, 8—11 и 20), имеющих близкие таксационные показатели.]

Естественное возобновление обследовано на всех постоянных и временных (заложенных в 1969—1971 гг. в различных хозяйственных зонах) проб-

Таблица 13

Мощность генетических горизонтов почвы на различных участках леса, см

Горизонт	Пробная площадь										
	1	2	4	5	6	7	8	9	10	11	
A ₀	0—1	—	—	—	—	0—1	0—2	—	—	—	
A ₁	1—10	0—10	0—12	0—8	0—3	1—7	2—5	0—12	0—7	0—10	
A ₁ A ₂	10—40	10—20	12—23	8—18	3—8	7—12	5—15	12—20	7—14	10—26	
A ₂	40—96	20—80	23—136	18—65	8—75	—	15—85	20—80	14—65	26—70	
A ₂ B	96—150	80—110	—	65—82	—	12—122	—	—	65—87	—	
B ₁	—	110—138	—	82—140	75—95	122—138	85—110	—	87—145	70—97	
B ₂	—	138—155	136—150	—	95—130	148—170	110—150	80—140	—	97—147	
C	—	—	—	—	130—150	190—210	—	—	—	147—150	

ных площадях, а также участках леса, входящих в зону застройки.

Изучение влияния уплотнения почвы на рост и состояние основных лесообразующих пород проводилось на постоянных пробных площадях и многих участках леса с близкими таксационными показателями в зоне застройки, лесопарковой и пригородной.

Опыты и эксперименты с целью разработки и изучения эффективности системы лесохозяйственных мероприятий по улучшению роста и состояния, повышению устойчивости и долговечности естественных насаждений в условиях высокой рекреационной нагрузки заложены и проведены почти на всех постоянных пробных площадях и многих других лесных участках.

Разработанные рекомендации в порядке проверки внедряли в лесохозяйственное производство Лесозащитной опытной станции Центрального сибирского ботанического сада.

ДИНАМИКА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАСАЖДЕНИЙ ПОД ВЛИЯНИЕМ АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ

ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА СОСТОЯНИЕ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАСАЖДЕНИЙ В ЗОНЕ ЗАСТРОЙКИ

Города и населенные пункты оказывают разностороннее воздействие на состояние природной среды. Поэтому ее рациональное использование, сохранение и преобразование имеет важное значение в градостроительстве.

При создании городов очень важно, используя особенности рельефа и растительности, удачно вписать их в ландшафт местности, достичь соответствия города его природному окружению, обеспечить человеку наиболее благоприятные условия для жизни, труда и отдыха. Строительство городов и населенных пунктов, новых жилых и промышленных районов завершается работами по благоустройству и озеленению. Выращивание искусственных зеленых насаждений требует значительных капитальных вложений и больших затрат времени. Сохранение естественных насаждений в городах позволяет значительно сократить время и затраты на озеленение и благоустройство.

Между тем использовать и сохранить при строительстве леса довольно сложно. Вырубка деревьев под здания и различные коммуникации расчленяет крупные лесные массивы на мелкие участки и отдельные группы деревьев. Исторически сложившиеся условия существования древесных растений при этом сильно и почти внезапно меняются, в результате нарушаются физиологические процессы, снижается интенсивность роста деревьев и увеличивается отпад. В последующий период деградация сохранившихся естественных насаждений, особенно с открытым режимом пользования, еще более усиливается под влиянием разнообразных антропогенных факторов, в том числе и рекреационной нагрузки. Ослабление роста и преждевременное усыхание деревьев в лесопарках и жилых кварталах различных городов отмечалось многими исследователями (Зеликов, Пшоннова, 1961; Мирзоев, 1963; Бойченко, 1968; Федорова, Чичкин, 1968; Нестеров, Ишин, 1969; Ружицкая, 1970; и другие).

Работ, посвященных этим вопросам, в условиях Сибири очень мало. Имеются лишь сведения о состоянии насаждений в парках и лесопарках Новосибирска и Новосибирского Академгородка (Зубкус и др., 1962; Тарап, 1971; Бакулин, Спиридонов, 1972), на территории жилых микрорайонов Ангарска (Мирзоев, 1963). Основное внимание исследователей в последние годы направлено на подбор ассортимента устойчивых к неблагоприятным условиям городской среды местных и интродуцированных деревьев и кустарниковых пород и повышение их декоративных свойств (Крылов, 1957; Коропачинский, Скворцова, 1969; Хлонов, 1969; Коновалов, 1970; Мамаев, 1970; Субоч, 1971; и др.).

Обычно в ходе строительства новых городов и поселков на залесенной территории выкорчевывались все деревья, что упрощало проведение работ и даже несколько снижало их себестоимость. При этом не учитывался значительно возрастающий объем работ по озеленению, терялась на длительное время полезная роль зеленых насаждений.

При строительстве Академгородка было решено максимально сохранить леса. Этому вопросу уделялось особое внимание в процессе разработки генплана. В основу планировочной структуры положена задача не только сочетания удобств благоустроенного города с непосредственной близостью к природе, но и включения объектов природы (сосново-березовых лесов) в качестве одного из главных компонентов, определяющих облик научного центра. Особое внимание обращалось на тесную архитектурно-композиционную связь между естественными насаждениями и объектами застройки, предполагалось, что лес всегда будет неотъемлемой частью жилой зоны.

В основу архитектурно-планировочной организации территории положены следующие принципы:

- а) максимальное сохранение лесных массивов как вокруг зоны застройки, так и внутри ее;
- б) четкое функциональное зонирование территории с учетом расположения лесных участков;
- в) размещение зданий с учетом наиболее благоприятной ориентации по странам света;
- г) разделение селитебной зоны на микрорайоны площадью 25—40 га с населением 6—8 тыс. чел;
- д) исключение из зоны застройки всех видов внешнего транзитного движения транспорта.

Планировочная структура городка разрабатывалась с учетом данных детального изучения лесов в натуре: планов лесонасаждений, таксационных описаний, подеревной съемки наиболее ценных участков леса.

При размещении селитебной и внеселитебной зон, трасс улиц и инженерных коммуникаций, транспортных магистралей и других объектов учитывалось наличие непокрытых ле-

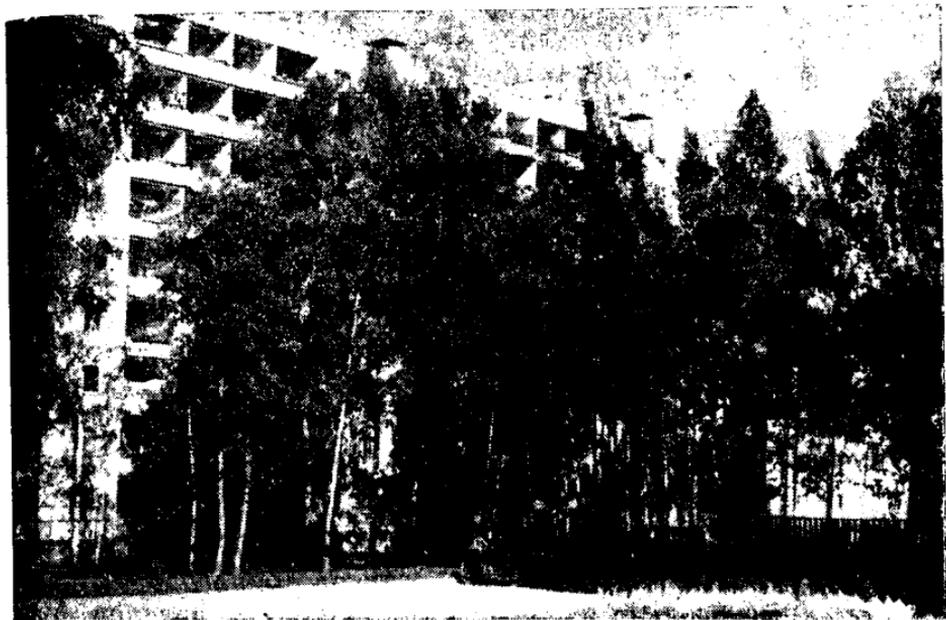


Рис. 8. Сохранение леса при строительстве. Фото О. Крюгера.

сом площадей — прогалин, редиц, полян, просек, лесных дорог что позволило вписать городок в естественный ландшафт. В ходе строительства принимались меры по сохранению насаждений: строительные площадки огораживали, а также устраивали защитные приспособления на отдельных деревьях внутри площадок. Склады строительных деталей и материалов размещались по возможности на непокрытых лесом участках, не допускались завалы земель и строительным мусором корневых систем деревьев и травяного покрова (Строительство городка науки, 1963; Тарап, Спиридонов, 1976). Соблюдение перечисленных мер позволило сохранить значительные лесные массивы и участки с наиболее ценными насаждениями (рис. 8). Однако леса подверглись влиянию ряда факторов, вызвавших ухудшение их общего состояния. С целью их выявления и определения степени влияния на динамику лесного фонда, рост, развитие и устойчивость насаждений были детально изучены леса трех микрорайонов Академгородка. Обследование насаждений проводилось по общепринятой в лесной таксации методике (Анучин, 1960). На всех участках площадью до 0,2 га произведен сплошной пересчет деревьев (по 2-сантиметровым ступеням толщины), на участках леса более 0,2 га — ленточный. Учетные ленты шириной 10 м размещались в наиболее характерном для исследуемого насаждения месте. Деревья при пересчете разделяли по состоянию на 4 категории (гл. II). В процессе исследования насаждений отмечали основные

причины, вызвавшие снижение роста или усыхание деревьев: травмирование или уплотнение почвы. Механические повреждения деревьев описаны согласно ГОСТу 2140—43 (Краткий справочник лесоустроителя, 1958) и классификации их И. Я. Шемякиным (1961).

Нами установлено, что к числу основных факторов, вызывающих снижение устойчивости насаждений, следует отнести:

- расчленение крупных лесных массивов объектами застройки (зданиями, магистралями, коммуникациями) на мелкие участки и отдельные группы деревьев;
- повреждение деревьев в ходе строительных работ;
- антропогенная нагрузка на насаждения при использовании их для отдыха.

ДИНАМИКА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАСАЖДЕНИЙ В ЗОНЕ ЗАСТРОЙКИ

К началу строительства обследованная территория характеризовалась довольно высокой лесистостью (Спиридонов, Таран, 1971). Из общей площади 163,6 га поляны, пашни, прогалины занимали 31,7% (табл. 14). Для размещения жилых и общественных зданий и различных коммуникаций вырублено 57,1 га насаждений, в том числе под здания и сооружения 37 га, под коммуникации 20,1 га. Лесистость территории снизилась в 2 раза, но оставалась довольно высокой (33%). Территория была покрыта преимущественно смешанными средневозрастными и приспевающими насаждениями с преобладанием сосны и березы, по понижениям встречались небольшие участки осиновых молодняков (табл. 15). За время строи-

Т а б л и ц а 14

Распределение обследованной площади зоны застройки по категориям земель, га

Категория земель	Итого	В том числе по микрорайонам		
		А	Б	В
Общая площадь	163,6	55,1	73,0	35,5
<i>До строительства</i>				
Покрытая лесом	111,7	38,8	38,0	34,9
Не покрытая лесом	51,9	16,3	35,0	0,6
Лесистость, %	68,3	70,4	52,1	98,3
<i>В зоне застройки в 1969 г.</i>				
Покрытая лесом	54,6	18,3	26,5	9,8
Не покрытая лесом	109,8	36,8	46,5	25,7
Лесистость, %	33,4	33,2	36,3	27,6

Распределение покрытой лесом площади по преобладающим породам, га

Преобладающая порода	Итого	В том числе по микрорайонам		
		А	Б	В
<i>До строительства</i>				
Сосна	28,1	7,2	10,1	10,8
Береза	72,4	26,4	26,2	19,8
Осина	11,2	5,2	1,7	4,3
Итого	111,7	38,8	38,0	34,9
<i>В зоне застройки в 1969 г.</i>				
Сосна	14,7	3,4	5,4	5,9
Береза	38,8	14,5	20,4	3,9
Осина	1,1	0,4	0,7	—
Итого	54,6	18,3	26,5	9,8

тельства площадь сосновых и березовых насаждений уменьшилась почти в 2 раза, а осиновые древостои как менее ценные в эстетическом отношении были вырублены почти полностью.

До строительства в границах обследованной территории было три участка леса, обособленных пашней от сплошного лесного массива. В ходе строительных работ произошло расчленение насаждений зданиями, улицами, проездами на мелкие участки и отдельные группы деревьев (всего 167 участков). Большинство образовавшихся участков леса (78,4%) по размерам не превышают 0,3 га (табл. 16). Лесная обстановка на них резко изменилась, что, в свою очередь, привело к нарушению роста и общего состояния деревьев. Участки площадью более 1 га занимают на обследованной территории 53,3% покрытой лесом площади.

Участки леса, размеры которых не превышают 0,3 га, можно было бы сравнить по условиям роста с семенными куртинами, оставляемыми на вырубках. Данные различных исследователей (Огневский, 1898; Побединский, 1964; Грибанов, 1960; Мелехов, 1966; и др.) показывают, что изменение лесорастительных условий в таких случаях приводит к временному снижению прироста деревьев. При отсутствии других неблагоприятных факторов деревья в семенных куртинах и подрост оставшийся после рубки, постепенно приспосабливаются к новым условиям.

На территории селитебной зоны такого явления не наблюдается. В период строительства произошло не только расчленение лесного массива, но и многим деревьям нанесены раз-

Т а б л и ц а 16

Степень разобщенности лесопокрытой площади к началу строительства и в зоне застройки

Площадь участков леса, га	Количество участков		Общая площадь		Средняя площадь участка, га
	шт.	%	га	%	
<i>До строительства</i>					
0,51—1,00	3	75,0	2,6	2,3	0,85
Более 1,00	1	25,0	109,1	97,7	109,10
Итого	4	100,0	111,7	100,0	27,9
<i>В зоне застройки в 1969 г.</i>					
0,01—0,10	85	50,9	4,0	7,4	0,05
0,11—0,30	46	27,5	8,5	15,5	0,18
0,31—0,50	12	7,2	4,3	7,8	0,36
0,51—1,00	12	7,2	8,7	16,0	0,73
Более 1,00	12	7,2	29,1	53,3	2,42
Итого	167	100,0	54,6	100,0	0,33

личные механические повреждения. Из почти 20 тыс. обследованных деревьев 4,9 тыс. (24,5%) имеют травмы: затески, зарубы, обдиры коры, поранение корней, повреждение ветвей, вершин, причем только 19,8% травм возникло в результате действия абиотических факторов (табл. 17, рис. 9). Основное количество повреждений (80,2%) возникло преимущественно в результате поранения корней (28,4%) и засыпки грунтом корневых шеек деревьев (32,3%). Они во мно-

Т а б л и ц а 17

Распределение травмированных деревьев по видам повреждений (по данным обследования 1969 г.)

Наименование повреждений	Повреждено деревьев	
	шт.	%
Повреждения, нанесенные энтомо- вредителями	4	0,1
Морозобойные трещины	27	0,6
Снеголом	254	5,2
Сухобочины и прорости	678	13,9
Обдир коры	212	4,3
Затески, зарубы	716	14,6
Засыпка корневой шейки	1583	32,3
Повреждение корней	1391	28,4
» вершин	30	0,6
Итого	4895	100,0



Рис. 9. Наиболее распространенные механические повреждения деревьев в зоне застройки.
а — сухобочина; *б* — затеска; *в* — обдир коры; *г* — повреждение корней; *д* — засыпка корневых шеек.

случаях были неизбежны. Крупные травмы и засыпка корневых шеек землей ослабили жизнеспособность деревьев, а в отдельных случаях явились причиной их усыхания. Наибольшее количество травмированных деревьев оказалось на мелких участках леса, окруженных со всех сторон строительными объектами и пронизанных коммуникациями (табл. 18).

Зависимость среднего количества травмированных деревьев в естественных насаждениях застроенной части Академгородка от площади участков (по данным обследования 1969 г.)

Площадь участка, га	Количество травмированных деревьев, %				
	в первом ярусе				во втором ярусе
	сосна		береза, 30—45 лет	итого	
40—50 лет	100—110 лет				
0,01—0,25	20,0	33,1	33,5	31,3	21,6
0,26—0,50	19,6	33,0	28,1	26,1	17,3
0,51—0,75	11,4	17,9	21,3	19,7	6,4
0,76—1,00	8,7	18,5	20,0	17,4	0,9
1,01—1,25	5,3	21,7	16,1	14,4	1,4
1,26—1,50	5,3	0	6,5	4,8	1,9
1,51 и более	1,7	9,5	8,9	7,7	2,5

Однако преобладающим фактором, отрицательно влияющим на рост и состояние естественных насаждений в зоне застройки и за ее пределами, является уплотнение почвы, вызываемое массовым и беспорядочным движением пешеходов.

В жилой зоне отсутствуют насаждения, не испытывающие рекреационной нагрузки. Обследования показали (табл. 19), что участки леса, в которых поверхность уплотненной почвы не превышает 30% площади, занимают в ней менее половины территории. В остальных насаждениях площадь уплотненной почвы значительно больше.

Таблица 19

Распределение обследованных в зоне застройки насаждений по площади уплотненной поверхности почвы (по данным обследования 1969 г.)

Площадь троп и площадок с уплотненной поверхностью почвы, %	Площадь насаждений	
	га	%
До 10	9,0	16,5
11—30	18,7	34,2
31—50	14,9	27,3
51—80	11,0	20,1
Более 80	1,0	1,9
Итого	54,6	100,0

Если учесть, что часть деревьев, произрастающих на участках с уплотненной поверхностью, имеет различные повреждения, то общее количество деревьев, испытывающих заметное влияние антропогенных факторов (травмирование и уплотнение почвы), составило 64,6%.

При обследовании насаждений обнаружено 2,4 тыс.

пней, преимущественно осиновых. Большинство деревьев из числа вырубленных усохло, несомненно, под влиянием уплотнения почвы и других антропогенных факторов. Следовательно, общее количество деревьев, подвергавшихся их воздействию, было до обследования несколько больше.

Результаты исследований показывают, что степень сохранности естественных насаждений в условиях города зависит от величины участков леса и рекреационной нагрузки на них (Бакулин, Спиридонов, 1972). Мелкие участки (0,01—0,25 га), расположенные в жилых дворах и на территории детских садов, наиболее расстроены (табл. 20). Большая нагрузка на них приводит к вытаптыванию травяного покрова, сильному уплотнению верхнего слоя почвы и нарушению водно-воздушного режима в корнеобитаемых горизонтах. Лесная подстилка на этих участках выражена слабо или отсутствует, скелетные корни многих деревьев обнажены, лесовозобновительный процесс прекращен. Тропы и площадки с уплотненной поверхностью почвы, где полностью уничтожен травяной покров, занимают в среднем 52% общей площади участков. Лесная среда здесь сильно изменилась. Часть деревьев, произрастающих в этих условиях, преждевременно усыхает. Особенно высокий процент отпада наблюдается у осины, характеризующейся поверхностной корневой системой.

Участки леса площадью 0,26—0,5 га также расстроены. Семенного возобновления на них нет, травяной покров сильно изрежен. Количество усыхающих и сухостойных деревьев в первом ярусе насаждений этой группы составляет около 8—11%, т. е. значительно больше, чем в лесном массиве.

Относительную устойчивость к измененным факторам среды проявляют лесные насаждения, площадь которых превышает 1 га. Хотя на этих участках почва уплотнена на 15—25% поверхности и частично поврежден подрост, тем не менее здесь лучше сохранились черты естественного леса.

Следует отметить также, что и небольшие по площади участки леса (до 0,5 га), расположенные вне зоны сквозного движения пешеходов, сохранились значительно лучше, чем те, которые расположены в жилых дворах.

Устойчивость основных лесообразующих пород к антропогенным воздействиям, приведенным выше, различна. Из общего количества обследованных в 1969 г. деревьев (19 918) сосны, березы и осины 36,2% оказалось хорошего и удовлетворительного роста, 41,9% — ослабленного роста, причем наиболее устойчивыми можно считать деревья березы бородавчатой, малоустойчивой — осину (табл. 21). Повторное обследование этих насаждений в 1974 г. показало, что процент деревьев хорошего и удовлетворительного роста почти не изменился, а деревьев ослабленного роста несколько возрос. Суммарное же количество деревьев этих категорий увеличилось с 78 до

Состояние естественных насаждений зоны застройки Академгородка

Площадь участков леса, га	Показатель рекреационной нагрузки, %	Среднее количество усыхающих и сухостойных деревьев, %					Проективное покрытие травяного покрова, %	Оценка семенного возобновления
		первый ярус				второй ярус		
		сосна		береза, 30—45 лет	итого	осина, 25—30 лет		
		40—50 лет	100—110 лет					
0,01—0,25	52,0	13,1	14,6	13,8	13,7	40,3	Отсутствует	
0,26—0,50	31,4	7,9	11,5	10,1	9,4	48,4	»	
0,51—0,75	29,5	3,7	Не опр.	6,4	5,9	54,0	»	
0,76—1,00	26,3	3,2	»	4,8	4,3	48,7	Неудовлетворительное	
1,01—1,25	23,6	2,3	»	2,1	2,1	21,9	»	
1,26—1,50	21,4	—	»	1,7	1,0	21,9	»	
1,51 и более	19,6	1,3	1,4	1,2	1,2	45,5	Слабое	
Сплошной лесной массив (контроль)	8,0	—	0,9	0,7	0,8	19,4	Удовлетворительное	

Распределение деревьев в зоне застройки по состоянию, %

Порода	Год обследования	Хорошего и удовлетворительного роста	Ослабленного роста	Суховершинных	Сухостойных
Сосна . . .	1969	38,8	52,0	6,4	2,8
	1974	28,3	53,9	15,6	2,2
Береза . .	1969	46,5	45,6	6,6	1,3
	1974	41,0	53,1	5,2	0,7
Осина . . .	1969	23,5	34,1	24,1	18,3
	1974	27,7	50,0	16,6	5,7
И т о г о . . .	1969	36,2	41,9	13,6	8,3
	1974	34,8	52,3	10,4	2,5

87%. Причем доля суховершинных и сухостойных деревьев уменьшилась в 1,3 и 3,3 раза. Это свидетельствует о том, что с учетом процесса естественного отпада деревьев общее состояние насаждений на протяжении последних 5 лет стабилизировалось. Основное влияние на это оказали различные лесохозяйственные мероприятия (рубки ухода и санитарные, изоляция насаждений от антропогенного воздействия, посадка деревьев и кустарников, рыхление почвы и др.), проводившиеся в течение прошедшего периода.

Следовательно, с целью сохранения леса в условиях городка на длительный период очень важно предотвратить массовое и беспорядочное движение пешеходов. Л. О. Машинский (1963б) считает, что свободный режим пользования зелеными насаждениями без ущерба для их состояния возможен только при небольшом количестве посетителей (примерно 8—10 чел. на 1 га). Если количество посетителей превышает 100 чел. на 1 га, то хождение допускается только по дорожкам. Эти нормы и предложения необходимо соблюдать в лесах Новосибирского научного центра, где рекреационная нагрузка на многие участки, особенно расположенные в жилых микрорайонах, обычно превышает критическую величину.

Проекты застройки микрорайонов необходимо разрабатывать с учетом допустимой нагрузки на естественные насаждения, оставляемые в селитебной зоне. Для размещения зданий и сооружений следует в первую очередь использовать открытые площади, редины и участки с малоценными насаждениями, сохраняя ценные лесные массивы для создания внутримикрорайонных садов, скверов, парков и лесопарков.

Таким образом, состояние естественных насаждений в зоне застройки Академгородка зависит главным образом от интенсивности антропогенного воздействия на них. Наиболее нарушены участки леса площадью до 0,5 га, расположенные внутри жилых дворов, на территории детских садов, в местах массового и неупорядоченного движения пешеходов. Нагрузка на них достигает более 500 чел. на 1 га. Менее расстроены и относительно устойчивы насаждения площадью более 1 га, расположенные вне зоны массового движения пешеходов и мало посещаемые населением.

Из перечисленных в предыдущей главе антропогенных факторов наиболее сильный способный вызвать быструю деградацию естественных насаждений, используемых в рекреационных целях,—уплотнение почвы. Его влияние на некоторые свойства почвы, запасы лесной подстилки, динамику отдельных компонентов лесного фитоценоза рассмотрено в последующих главах.

ВЛИЯНИЕ УПЛОТНЕНИЯ ПОЧВЫ НА НЕКОТОРЫЕ ЕЕ ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА, ВОДНЫЙ И ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ И ЗАПАСЫ ЛЕСНОЙ ПОДСТИЛКИ

ИЗМЕНЕНИЕ НЕКОТОРЫХ СВОЙСТВ ПОЧВЫ ПОД ВЛИЯНИЕМ РЕКРЕАЦИИ

В литературе очень мало данных, освещающих реакцию лесных фитоценозов и их отдельных ярусов на уплотнение почвы. Этим вопросам начали уделять внимание совсем недавно — примерно 10—15 лет назад. Причем имеющиеся данные получены главным образом в европейской части СССР, в основном в лесопарках и пригородных лесах Подмосковья. Немногочисленны также исследования о влиянии уплотнения почвы в лесу на ее физические и химические свойства, водный и температурный режим, плодородие и др.

Уплотнение почвы (прикатывание посевов) — один из агротехнических приемов, применяемый в сельском хозяйстве. Его влияние на различные свойства почвы изучено в этой отрасли достаточно хорошо.

Известно, что расположение частиц твердой фазы почвы, размеры и соотношение промежутков различной величины в ней характеризуют ее структуру. Структура почвы, создавая те или иные условия для всех почвенно-биологических процессов, определяет ее плодородие (Доярченко, 1963а). От нее зависит водо- и воздухопроницаемость, влагоемкость, капиллярное передвижение влаги, газо- и парообмен, испаряемость влаги из почвы и т. д.

Уплотнение почвы изменяет расположение и форму почвенных частиц, уменьшает промежутки между ними, т. е. нарушает ее структуру. В почве уменьшается содержание пор с диаметром выходных отверстий более 5 мкм и значительно увеличивается объем пор размером менее 5 мкм (Соколовская, 1967, 1968; В. В. Попов, 1969), что, в свою очередь, снижает в ней запасы доступной для растений влаги. Так, по данным Б. И. Мичурина (1968), с увеличением объемного веса ростовского чернозема с 1 до 1,3 г/см³ при полевой влагоемкости запас доступной влаги в нем уменьшается с 18 до 10%, т. е. почти в 2 раза. А. Иванов, К. Стойнев (1967) установили, что при повышении плотности чернозема на 0,1 г/см³ количе-

ство недоступной влаги увеличивается примерно на 10%.

Одним из существенных факторов плодородия почвы является ее водопроницаемость. Она определяет условия водно-воздушного режима корнеобитаемого слоя (Дояренко, 1963б) и способствует накоплению запасов воды в почве, газообмену почвенного воздуха с атмосферным, удалению из почвы продуктов биологических процессов и зависит от ее физических и химических свойств: объемного веса, общей порозности, содержания органического вещества и т. д. Установлена довольно тесная зависимость инфильтрации от указанных показателей: коэффициент множественной корреляции колеблется в зависимости от количества факторов от 0,71 до 0,795 (Грин, 1972).

Скорость впитывания воды в почву в лесу всегда выше, чем на других угодьях (Назаров, 1970; Николаева, 1970; Грин, 1971; и др.). Так, на серых лесных почвах она (средняя за 60 мин) равна в лесу 4,7—5 мм/мин, в поле — 0,2—0,5, на выщипаемой целине — 0,5—0,6 мм/мин (Грин, Назаров, 1965а). Высокая скорость фильтрации обеспечивается разрыхленностью лесных почв в верхних горизонтах и лесной подстилкой, поддерживающей высокую водопроницаемость и защищающей почву от заиления.

Увеличение объемного веса почвы заметно снижает фильтрацию. Результаты исследований, проводившихся в европейской части СССР, показывают, что при объемном весе серой лесной почвы 1 г/см³ установившаяся скорость впитывания воды равна немногим более 5 мм/мин, а при плотности почвы 1,4—1,5 г/см³ — всего 0,1—0,2 мм/мин (Грин, Назаров, 1965б). Аналогичные данные получены для светло-серой лесной почвы Приобья (Трубецкая и др., 1969).

Плохая водопроницаемость уплотненной почвы снижает доступ воздуха в нее, увеличивает сток и испарение влаги из почвы и с ее поверхности (Колясев, 1939; Ишемьяров, 1966; Перетягин, 1970; и др.). По данным А. Тинджюлиса и А. Зимкувене (1968), повышение плотности дерново-глеевого выщелоченного среднего суглинка с 1 до 1,6 г/см³ увеличивает испарение влаги из почвы в зависимости от первоначальной влажности примерно в 2—5 раз.

Воздухопроницаемость и степень аэрации уплотненных почв значительно ухудшаются (Кочановский, 1964; Гринько, 1968; Николаева, 1970; Перетягин, 1970; и др.). С. И. Долгов, С. А. Модина (1969) пришли к выводу, что при содержании в почве около 15% (от объема почвы) воздуха обмен его с припочвенным атмосферным воздухом затруднен вследствие частичной и всевозрастающей его вакуолизации. В условиях недостаточной аэрации почвы сокращается нарастание активных корней, листьев и побегов древесных растений (Кочановский, 1962). Одновременно в листьях снижается (в 1,3—2,3 раза)

содержание неорганических форм калия, магния, железа и повышается (в 1,2—2,5 раза) накопление неорганической серы и хлора.

Следовательно, сильное уплотнение поверхности почвы создает в корнеобитаемом слое близкие к анаэробным, а в некоторых случаях полностью анаэробные условия. Особенно заметно это проявляется в периоды сильного увлажнения и глубокого промерзания почвы. И. П. Гречин (1964) отмечает, что в почвах, испытывающих весной временные условия анаэробнобиозиса, образуется меньше подвижных форм фосфатов, снижена нитрификационная способность, общий запас нитратного и аммиачного азота менее благоприятен, чем в почвах не подвергающихся весеннему анаэробнобиозису. Общие запасы перегноя в профиле дерново-подзолистой почвы как под лесом, так и на пашне меньше там, где наблюдался временный анаэробнобиозис. В то же время перегной лесной почвы (под сосновым лесом), испытывавшей временное затопление, имеет более широкое отношение C:N по сравнению с перегноем почвы, не испытывавшей его.

В условиях временного анаэробнобиозиса изменяются окислительно-восстановительные процессы. Основной фактор этих изменений — концентрация кислорода в почвенном воздухе. При концентрации кислорода от 5 до 20% в дерново-подзолистой почве поддерживаются благоприятные окислительно-восстановительные условия. Концентрация кислорода, равная 2,5%, считается рубежом перехода от аэробных условий к анаэробным (Гречин, Курлыкова, 1962).

С увеличением плотности почвы повышается ее теплопроводность и температуропроводность (Гупало, 1959). По данным ряда исследователей (Ишемьяров, 1966; Гринько, 1968; Шевлягин, 1968; и др.), средняя температура уплотненной почвы в течение вегетационного периода на 1—2° выше, чем рыхлой.

Уплотненная почва оказывает большое сопротивление росту корней (Кочановский, 1962, 1964; Иванов, Стойнев, 1967; и др.), затрудняя проникновение корневых волосков в мелкие поры (Качинский, 1947). Н. Н. Третьяков и В. К. Иванов (1968) установили, что корни многих культурных растений на суглинистых дерново-подзолистых почвах не проникают в слой почвы с объемным весом более 1,4 г/см³. При встрече с уплотненным слоем они приобретают уродливый вид и начинают распространяться вдоль него. Аналогичное поведение корней отмечено В. А. Колесниковым (1962) для плодовых деревьев. По данным Г. В. Бульботко (1973), рост корней яблони затухает при объемном весе почвы 1,57—1,73 г/см³.

Почва с объемным весом более 1,4 г/см³ также труднопреодолима и для корней лесных древесных пород. Косвенно на это указывает тот факт, что в верхних слоях почвы (0—50 см),

объемный вес которых не превышает в большинстве случаев 1,35—1,45 г/см³, сосредоточено 70—95% общей массы корней (Качинский, 1925; Шиманюк, 1950; Зудин, 1961; Рахтеенко, 1963; Саурина, Каменецкая, 1969; Николаева, 1970 и др.). В более глубокие горизонты почвы, имеющие плотность выше 1,5 г/см³, корни деревьев проникают по старым корневым ходам, червоточинам, трещинам.

Уплотнение почвы нарушает условия минерального питания растений, снижает количество нитратов и ее нитрификационную способность (Ремезов, Погребняк, 1965; Жучешков, 1969; Наумов, 1969), уменьшает количество перегноя, общего гумуса, валового и подвижного азота, фосфора (Сокол, 1966, 1968; Кротова, 1969). При сильном уплотнении почвы и недостатке влаги ухудшается снабжение растений фосфором (Ильин, 1968), что, видимо, связано со снижением его подвижности и фиксацией Р₂О₅ в результате высушивания почвы (Адерихин, Чурилина, 1965).

На основании обобщения лабораторных и полевых экспериментов и литературных данных С. И. Долгов и С. А. Модина (1969) называют три основные причины угнетения культурных растений при произрастании их в слишком плотной почве.

1. Быстрое заполнение водой (дождевой или талой) сильно уменьшенной в плотной почве порозности со снижением содержания воздуха до таких величин, при которых он оказывается «защемленным» почвенной влагой в виде отдельных пузырьков (вакуоли) в почвенных порах. При таком состоянии почвенного воздуха отсутствует возможность возобновления запасов кислорода, что приводит к угнетению жизнедеятельности полезных аэробных почвенных микроорганизмов и корней растений.

2. Плотная почва сама по себе и особенно при переувлажнении поверхностного слоя дождями или талыми водами обладает резко пониженной водопроницаемостью, вследствие чего при подсохшем состоянии не возобновляются запасы влаги, а образующиеся на поверхности потоки воды стекают, размывая почву.

3. Плотные почвы оказывают большое, подчас непреодолимое сопротивление развивающимся корням растений и особенно объемистым подземным образованиям — утолщенным корням, корнеплодам, клубням.

В лесах, интенсивно используемых для отдыха, перечисленные выше причины существенно влияют на состояние как фитоценозов в целом, так и их отдельных ярусов.

Влияние уплотнения почвы на изменение ее некоторых физических свойств изучали на пробных площадях, характеризующихся близкими таксационными показателями, но отличающихся площадью уплотненной поверхности почвы (см.

табл. 12). В основу исследований положены общепринятые методики.

Для оценки интенсивности антропогенного воздействия на насаждения предложен коэффициент рекреационной нагрузки (K_p), представляющий отношение уплотненной поверхности почвы к общей площади участка. Метод определения площади уплотненной почвы на участке описан в главе II.

Объемный вес почвы определяли методом колец (объем кольца 500 и 250 см³, высота соответственно 10 и 5 см), удельный вес твердой фазы почвы — пикнометрически (Роде, 1969) с последующим расчетом по формуле

$$V_{\text{уд}} = \frac{P_3}{P_1 + P_3 - P_2},$$

где P_1 — вес пикнометра, заполненного водой; P_2 — вес пикнометра с почвой, заполненного водой, после кипячения; P_3 — вес сухой почвы.

Общая порозность ($R_{\text{общ}}$) верхнего 10-сантиметрового слоя почвы рассчитана по формуле

$$R_{\text{общ}} = 100 \left(1 - \frac{V_{\text{об}}}{V_{\text{уд}}} \right) \%,$$

где $V_{\text{об}}$ — объемный вес почвы, г/см³; $V_{\text{уд}}$ — удельный вес почвы, г/см³.

Удельный вес почвы определяли с помощью пикнометров емкостью 100 мл. Для вычисления объемного веса почвы взято 1338 образцов, общей порозности — 45 образцов.

Капиллярную влагоемкость верхнего 10-сантиметрового слоя почвы изучали в лабораторных условиях по методике, приведенной в «Практикуме по почвоведению» (Гречин и др., 1964). Для этой цели использовано 480 образцов почвы.

При изучении начальной скорости впитывания воды в почву применяли упрощенную методику, описанную в работах В. М. Клычникова (1952) и В. А. Чернышева (1960). Произведено 32 определения в 5 точках, различающихся плотностью верхнего 5-сантиметрового слоя почвы.

Результаты исследований показывают (Спиридонов, 1974), что массовое посещение лесов приводит к сильному уплотнению почвы и увеличению ее объемного веса в основном до глубины 10—15 см (табл. 22). По данным пробных площадей в естественном 45—50-летнем сосновом насаждении и в культурах объемный вес дерново-подзолистой супесчаной почвы в слоях 0—5 и 5—10 см на уплотненных участках значительно выше, чем на участках с неуплотненной поверхностью. Различия в объемном весе достоверны ($t > 9$), в более глубоких горизонтах плотность почвы зависит главным образом от ее механического состава ($t < 9$).

Таблица 22

Изменение объемного веса дерново-сильнопodzолистой супесчаной почвы под влиянием уплотнения, г/см³

Глубина, см	Сосновые насаждения в возрасте (лет)				Березовые насаждения в возрасте (лет)			
	45—50		21		30—40		45—50	
	$M \pm m$	t	$M \pm m$	t	$M \pm m$	t	$M \pm m$	t
0—5	$\frac{0,88 \pm 0,02}{1,24 \pm 0,02}$	12,7 > 9	$\frac{1,12 \pm 0,01}{1,39 \pm 0,01}$	19,3 > 9	$\frac{0,91 \pm 0,03}{1,21 \pm 0,01}$	9,5 > 9	$\frac{0,85 \pm 0,03}{1,34 \pm 0,01}$	15,5 > 4,5
5—10	$\frac{1,16 \pm 0,02}{1,38 \pm 0,01}$	9,9 > 9	$\frac{1,16 \pm 0,01}{1,36 \pm 0,01}$	13,6 > 9	$\frac{1,02 \pm 0,02}{1,23 \pm 0,01}$	9,4 > 9	$\frac{1,01 \pm 0,04}{1,31 \pm 0,02}$	6,7 > 4,5
10—20	$\frac{1,31 \pm 0,02}{1,38 \pm 0,02}$	2,5 < 9	$\frac{1,37 \pm 0,01}{1,38 \pm 0,02}$	0,4 < 9	$\frac{1,22 \pm 0,02}{1,38 \pm 0,02}$	4,9 < 9	$\frac{1,21 \pm 0,02}{1,32 \pm 0,01}$	4,9 > 3,5
20—30	$\frac{1,41 \pm 0,01}{1,43 \pm 0,01}$	1,4 < 9	$\frac{1,52 \pm 0,01}{1,50 \pm 0,01}$	—	$\frac{1,37 \pm 0,02}{1,40 \pm 0,01}$	1,3 < 9	$\frac{1,37 \pm 0,02}{1,38 \pm 0,02}$	0,4 < 4,5
30—40	$\frac{1,47 \pm 0,01}{1,46 \pm 0,02}$	—	$\frac{1,50 \pm 0,01}{1,53 \pm 0,01}$	2,1 < 9	$\frac{1,48 \pm 0,01}{1,48 \pm 0,01}$	—	$\frac{1,53 \pm 0,03}{1,52 \pm 0,02}$	—

Примечание. В числителе — на контрольном участке, в знаменателе — на участке с уплотненной поверхностью почвы.

В березовых насаждениях наблюдения проводили на стихийно устроенных спортивных площадках размером 15×20 м. Увеличение объемного веса почвы на таких участках распространяется на глубину более 10 см. В 45—50-летнем березняке достоверные различия в плотности почвы ($t > 5$) установлены для слоя 10—15 см.

Аналогичные данные для дерново-подзолистых почв европейской части СССР получены В. Д. Зеликовым, В. Г. Пшонновой (1964), Н. Г. Кротовой (1969) и И. Н. Васильевой (1973). Н. П. Ремезов и П. С. Погребняк (1965), И. М. Сокол (1966) отмечают, что при выпасе скота в лесу объемный вес почвы в связи с уплотнением ее поверхности повышается только до глубины 20 см.

Интересно сопоставить изменение объемного веса почвы по глубине на участках с уплотненной поверхностью и на некотором удалении от них. Наблюдения проводили на тропах шириной 0,8 и 1,6 м и спортивной площадке диаметром более 30 м (пр. пл. 17). Образцы почвы брали в 5—6 точках, расположенных на линиях, проходящих перпендикулярно тропам или через середину спортивной площадки (рис. 10). Точка 1 расположена посередине тропы или в центре спортивной площадки, точка 3 — на их границе. Точка 2 делит расстояние между ними пополам. Последующие 4, 5, 6-я точки удалены от точки 3 соответственно на четверть, половину или три четверти ширины тропы или диаметра спортивной площадки.

Наблюдения показали, что наиболее сильно почва уплотнена по оси тропы или в центре площадки (рис. 11). Так, в середине троп объемный вес почвы в слое 0—10 см равен $1,38 \text{ г/см}^3$ (рис. 11, а, б), по обочинам (в точках 4—6) — в 1,5 раза меньше. В центре спортивной площадки плотность почвы

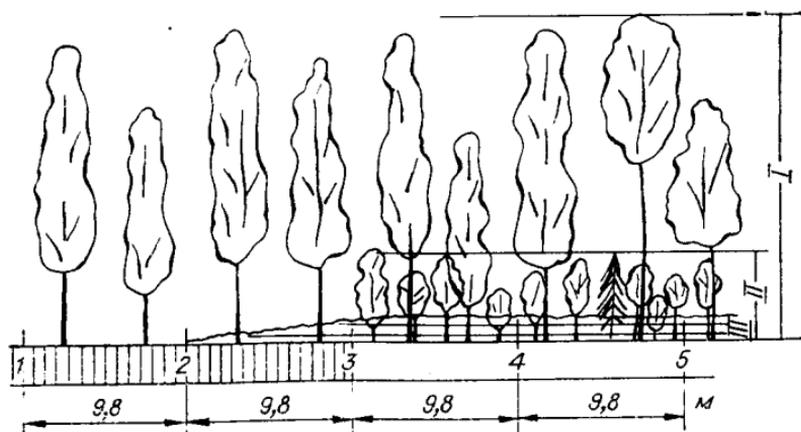


Рис. 10. Схематический профиль пробной площадки 17.

I — древесный ярус; II — подрост; III — травяной покров. 1—5 — точки взятия образцов почвы для анализа.

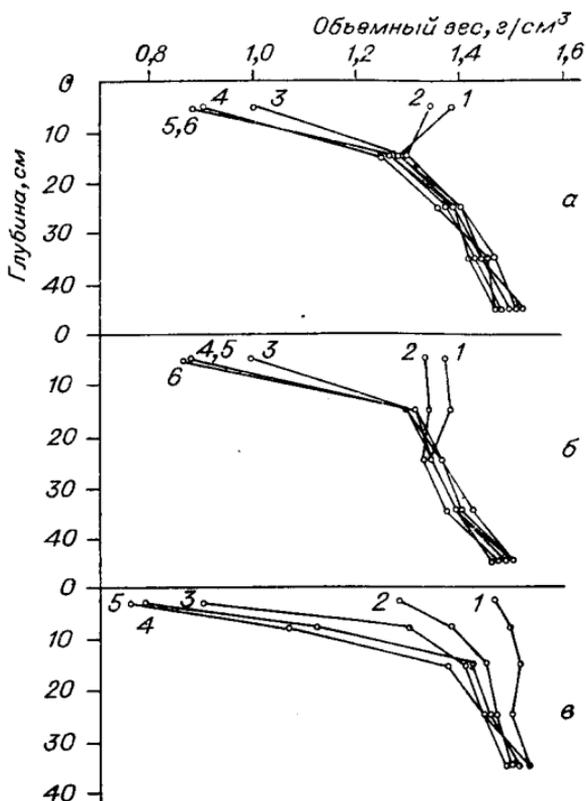


Рис. 11. Изменение объемного веса дерново-подзолистой суглинистой почвы в березняке разнотравном под тропами шириной 0,8(а), 1,6 м(б) и спортивной площадке (в).

1—6 — точки определения плотности почвы (объяснение в тексте).

в слое 0—10 см достигает $1,5 \text{ г/см}^3$ (рис. 11, в). В этом же слое в точках 4 и 5 она меньше почти в 2 раза.

Близкие результаты получены Ю. Д. Ишиным (1965б), установившим, что плотность верхнего слоя почвы на некоторых тропах в подмосковных лесах в 1,5—1,8 раза выше, чем на целинных участках.

Значительное увеличение плотности почвы в 10-сантиметровом слое наблюдается и в точке 2. Объемный вес почвы на границе троп и спортивной площадки (точка 3) также несколько выше, чем за их пределами, в точках 4—6. В слое 10—20 см плотность почвы во всех точках на тропе шириной 0,8 м практически одинакова. На более широкой тропе, в точках 1 и 2, она несколько выше, чем в точках 3—6 (см. рис. 11, б). Еще заметнее она увеличивается в этих же точках на спортивной площадке (см. рис. 11, в). На глубине более 20 см объемный вес почвы во всех точках как под тропами и спор-

тивной площадкой, так и за их пределами почти не изменяется, т. е. влияние уплотнения почвы на изменение ее плотности на этой глубине не сказывается.

Следовательно, повышение объемного веса дерново-подзолистой супесчаной почвы в лесу при уплотнении ее пешеходами происходит в основном до глубины 10—15 см.

С увеличением объемного веса почвы снижается ее общая порозность. При повышении плотности почвы с 0,77 до 1,34 г/см³ общая порозность уменьшается с 70 до 48,9% (рис. 12). Значит, при уплотнении почвы на 0,1 г/см³ общая порозность снижается в среднем на 4%. Причем между объемным весом и порозностью почвы наблюдается прямая зависимость: коэффициент корреляции $r = -0,97 \pm 0,02$, корреляционное отношение $\eta = 0,98 \pm 0,02$. Имеются указания (Грин, 1972), что общая порозность практически функционально ($r = 0,99$) связана с объемным весом почвы.

С общей порозностью тесно связаны влагоемкость и водопроницаемость почвы.

Влагоемкость почвы — это ее способность вмещать и удерживать в себе определенное количество воды. Основным же источником воды для снабжения растений является капиллярная влага — самая доступная для них форма влаги. Это то количество воды, которое удерживается в капиллярных промежутках почвы с размером $10^{-1} - 10^{-4}$ см капиллярными силами (Гречин и др., 1964).

Полученные нами данные показывают, что по мере увеличения объемного веса почвы ее капиллярная влагоемкость заметно снижается (рис. 13). С увеличением плотности почвы в слое 0—10 см от 0,8 до 1,4 г/см³ капиллярная влагоемкость уменьшается с 57 до 30%. Иначе говоря, увеличение объемного веса почвы на 0,1 г/см³ снижает ее капиллярную влагоемкость примерно на 4,5%. Между этими величинами установлена тесная обратная зависимость: коэффициент корреляции $r = -0,91 \pm 0,01$, корреляционное отношение $\eta = 0,92 \pm 0,01$.

Повышение плотности почвы и вследствие этого значительное ухудшение ее порозности снижает скорость впитывания воды в нее. Так, на участке березового леса (пр. пл. 17), в точке с объемным весом верхнего 5-сантиметрового слоя почвы 0,76 г/см³ (точка 5) 20 мм воды впиталось за 0,5 мин. В центре спортивной площадки, в точке 1, где объемный вес почвы равен 1,47 г/см³, за 124 мин впиталось всего 5 мм воды. Следовательно, средняя скорость впитывания в точках 5 и 1 равнялась соответственно 40 и 0,04 мм/мин (рис. 14), а ход изменения скорости аналогичен кривой, полученной более точными и совершенными методами (Грин, Назаров, 1965б). Наши данные подтверждают мнение Н. Ф. Созыкина (1939) о значении рыхлого состояния почвы и лесной подстилки в поглощении осадков большой интенсивности и предотвращении поверхностного

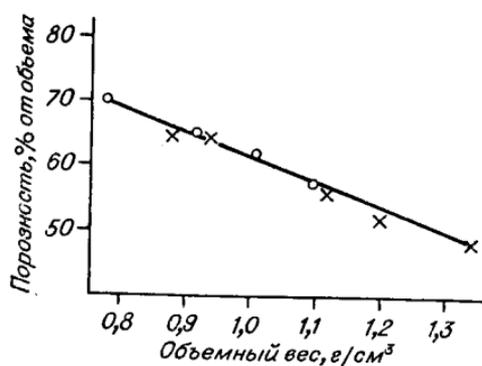


Рис. 12. Зависимость общей порозности верхнего 10-сантиметрового слоя дерново-подзолистой супесчаной почвы от объемного веса в сосновых (X) и березовых (O) насаждениях.

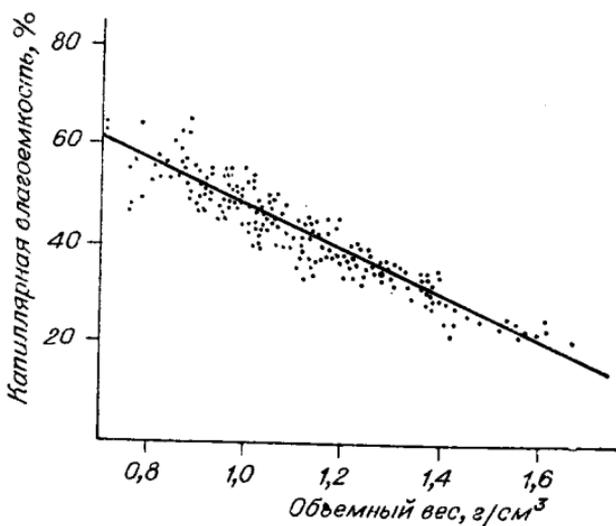


Рис. 13. Зависимость капиллярной влагоемкости верхнего 10-сантиметрового слоя дерново-подзолистой супесчаной почвы от объемного веса.

стока. Большую роль лесных насаждений и лесной подстилки в этом отношении отмечали и другие исследователи (Л. В. Попов, 1958; Николаенко, 1960; и др.).

А. А. Молчанов (1950) установил, что в лесу при хорошем снежном покрове в течение зимы почва не промерзает совсем или промерзает на небольшую глубину и оттаивает она еще

до исчезновения снежного покрова. Большое влияние на снижение промерзаемости оказывает лесная подстилка. Исследования, проводившиеся на территории Академгородка сотрудником ЦСБС М. Ф. Сенниковой, показали, что с 20 по 22 апреля 1967 г. после полного схода снега толщина мерзлой почвы на тропях, где поверхность была сильно уплотнена, а подстилка отсутствовала, колебалась от 35 до 75 см. В это же время на участках с неу уплотненной почвой и сохранившейся подстилкой толщина мерзлого слоя не превышала 10—20 см. Таким образом, глубина промерзания почвы под тропями значительно больше, чем на участках с почвой естественного сложения. Мерзлая прослойка почвы толщиной 6 см обнаружена нами под тропой на глубине 75 см 5 мая 1968 г.

Увеличение глубины промерзания почвы снижает ее водопроницаемость (Цыкип, 1956). По данным В. Д. Комарова (1957), впитывание воды в мерзлую подзолистую почву начинается беспрепятственно, когда толщина мерзлого слоя снижается до 8—10 см.

И. А. Ларин (1961, 1963) установил, что воздухо- и водопроницаемость мерзлых суглинистых каштановых почв зависит от степени их увлажнения и уплотнения. Чем выше влажность и плотность почвы, тем ниже скорость впитывания воды и воздухопроницаемость. Так, при изменении объемного веса почвы от 1,08 до 1,15 г/см³ при постоянной влажности 13,3% воздухопроницаемость снизилась с 907 до 221 см/мин, а водопроницаемость — с 2,87 до 0,27 мм/мин.

С увеличением плотности почвы от 0,88 до 1,09 г/см³ при постоянной влажности 22,7% воздухопроницаемость снизилась с 1870 до 147 см/мин, в водопроницаемость — с 10,35 до 0,19 мм/мин. Эти примеры свидетельствуют о том, что в период снеготаяния большая часть талой воды стекает по поверхности уплотненной почвы и не поступает в более глубокие почвенные горизонты.

Таким образом, полученные нами результаты показывают, что использование лесов в рекреационных целях обуславливает

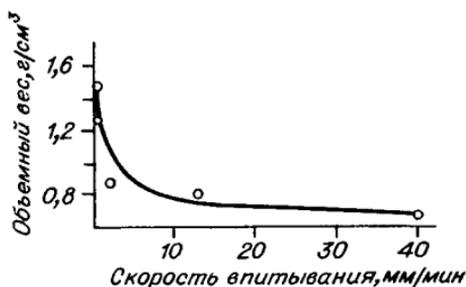


Рис. 14. Зависимость начальной скорости впитывания от объемного веса дерново-подзолистой почвы.

значительное уплотнение почвы в основном до глубины 10—15 см. В более глубоких слоях объемный вес почвы зависит от ее механического состава.

ВЛИЯНИЕ УПЛОТНЕНИЯ ПОЧВЫ НА ЕЕ ВОДНЫЙ РЕЖИМ

Влажность почвы — важнейший фактор, оказывающий большое влияние на рост и развитие растений. Недостаток, как и избыток влаги в почве, нарушает нормальное развитие и функционирование корневых систем и отрицательно влияет на жизнедеятельность и продуктивность лесных фитоценозов.

В лесу запасы влаги в почве зависят от многих причин: метеорологических условий, рельефа местности, топографического положения участка, физико-механических свойств почвы, состава и состояния лесной растительности и ее транспирационной способности и др. В городских и пригородных лесах существенное влияние на водный режим почв оказывают антропогенные факторы, особенно уплотнение почвы.

В процессе исследований предусматривалось изучить динамику влажности почвы и запасов влаги в корнеобитаемой толще в зависимости от показателя рекреационной нагрузки, выраженного через отношение уплотненной площади к общей величине участка (выдела). Для этой цели использованы пробные площади на относительно однотипных по топографии участках соснового и березового леса (пробные площади 2, 3б, 6, 6б, 7, 9—11 и 17) в селитебной и лесонарковой зонах. Таксационная характеристика пробных площадей приведена в гл. II (см. табл. 12). Изменение объемного веса почвы на пробных площадях показано на рис. 11 и в табл. 22.

Динамика влажности и запасов влаги в почве изучались по методу, описанному И. П. Гречиным и др. (1964). Образцы почвы брали 1—3 раза в месяц почвенным буром АМ-16 в 3 повторностях, послойно, через 10 см, до глубины 1 м. Содержание влаги в почве определяли также при изучении роста корней сосны и березы в 1970—1972 гг. Всего проанализировано более 12 тыс. образцов. Влажность почвы определяли методом термостатированной сушки при температуре 105°C (Добровольский, 1962).

При вычерчивании хроноизоплант влажности интервалы между линиями взяты следующие: до 3%, 3—5, 5—10, 10—15 и более 15%. Запасы влаги в почве ($W_{\text{общ}}$) в мм водного столба в каждом 10-сантиметровом слое определены по формуле

$$W_{\text{общ}} = W \cdot V_{\text{об}},$$

где W — влажность почвы, %; $V_{\text{об}}$ — объемный вес почвы, г/см³.

Исследования показали, что уплотнение почвы существенно влияет на ее влажность. Из рис. 15, А видно, что в течение вегетационного периода 1974 г. влажность почвы (в % от объема) в слое 0—10 см на тропе шириной 0,8 м (точки 1—2) значительно выше (в 1,35—1,5 раза), чем за ее пределами в точках 4—6. За исключением кратких периодов после выпадения осадков (21 июня), влажность довольно быстро снижалась во всех точках. Это наблюдалось почти во всей полуметровой толще. В точке 3 (край тропы) почва в большинстве случаев была более сухой, чем в точках 1 и 2, но несколько влажнее, чем в точках 4—6.

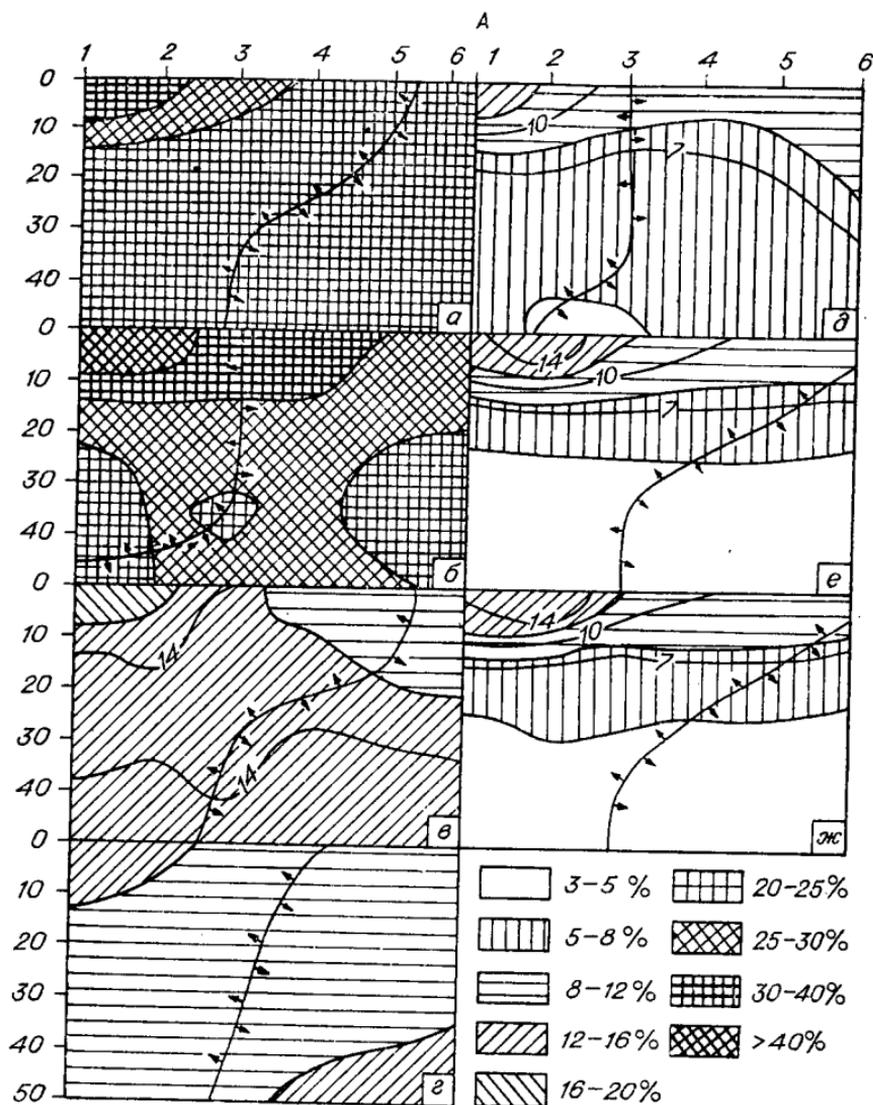
В нижележащих слоях (10—50 см) влажность почвы в любой точке каждого 10-сантиметрового слоя отличалась незначительно. Различия колебались в пределах от 0,1 до 2,9%, уменьшаясь по мере углубления и иссушения почвы. Вместе с тем с удалением от края тропы (точки 3—6) влажность хотя и слабо, но неуклонно повышалась; в точках 5 и 6, на глубине 20—50 см, она была во многих случаях несколько выше, чем в точках 1 и 2.

Под тропой шириной 1,6 м и вдоль нее на протяжении лета наблюдалось более сильное иссушение почвы, чем на тропе шириной 0,8 м (см. рис. 15, В). Однако особенности в динамике ее влажности, отмеченные для узкой тропы, прослеживаются более четко, главным образом во второй половине лета (см. рис. 15, б, г, д, е, ж).

Как и на узкой тропе, наибольшая влажность почвы наблюдалась в разные сроки в слое 0—10 см в точках 1—2 и была в среднем в 1,45—1,8 раза выше, чем в точках 4—6. В нижележащих слоях различия между влажностью почвы непосредственно под тропой и за ее пределами также более значительны, чем под тропой шириной 0,8 м.

Приведенные данные указывают на то, что участки с уплотненной почвой вызывают иссушение прилегающих к ним слоев почвы, т. е. способствуют перемещению влаги (снизу и с боков) из слоев с рыхлой, естественного сложения почвой в более уплотненные слои. Подтверждением сказанному служат изгибы топоизоплет (см. значения линий 5, 7, 12% на рис. 15, В: б, г, д, е, ж). Их выпуклые части или вершины обращены к тропе и показывают на направления перемещения влаги в исследуемой толще почвы. Следовательно, чем круче прогнуты кривые (см. рис. 15, В: г, д, е), тем влияние уплотненного участка на влажность почвы в конкретный период сильнее. В начале вегетационного периода, когда влажность почвы сравнительно высока, отмеченные особенности мало заметны.

О влиянии уплотнения поверхности почвы на перемещение влаги из нижних слоев в верхние указывают А. Ш. Ишемьяров и С. И. Тайчинов (1966). Подобные процессы наблюдала и М. М. Абрамова (1958) на светло-каштановых почвах. Она



отмечает также, что рыхление почвы на глубину 20 см снижает потерю влаги из почвенного запаса на 50—60%.

Пользуясь полученными данными, можно сравнительно точно определить расстояние по горизонтали, на которое простирается иссушающее влияние уплотненного участка. С этой целью для каждого 10-сантиметрового слоя почвы следует найти на графике точки с наименьшими значениями влажности. Соединив их, получим линии с минимальными показателями влажности почвы. Стрелками на них показаны направления увеличения влажности почвы. По нашему мнению, эти линии ограничивают зону заметного влияния тропы на влажность

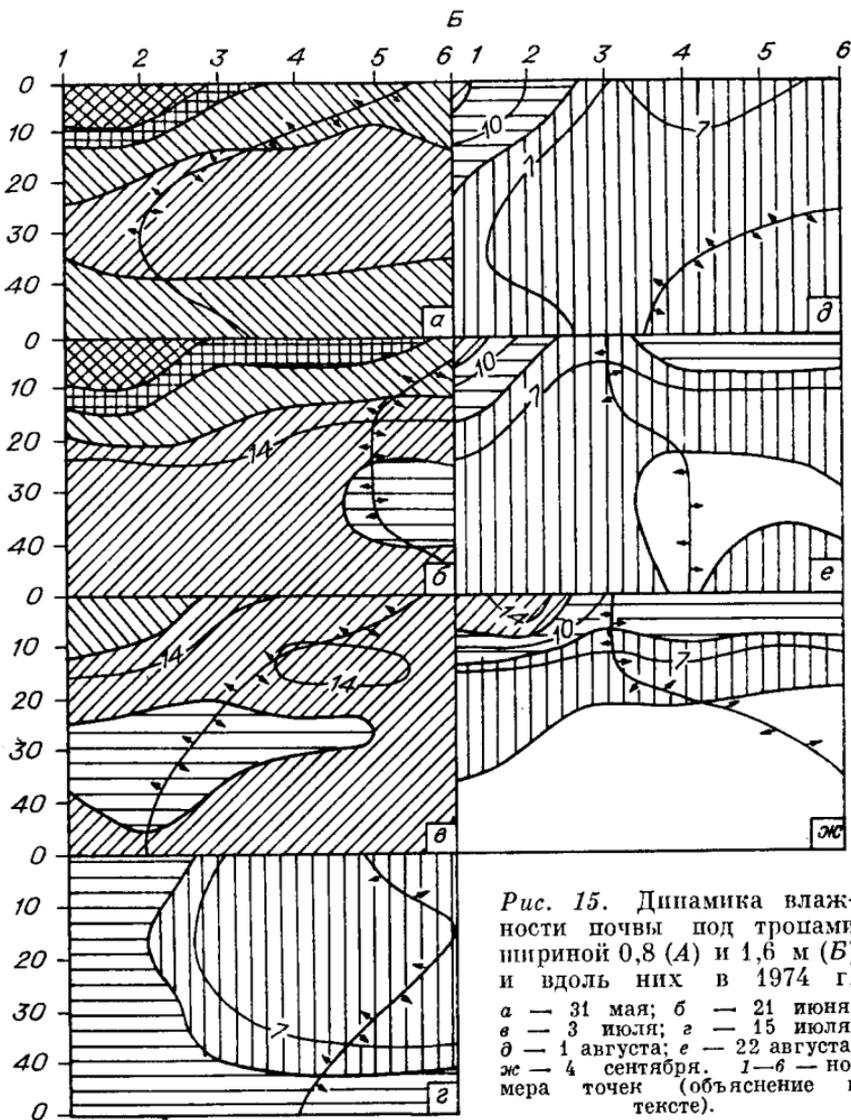


Рис. 15. Динамика влажности почвы под тропами шириной 0,8 (А) и 1,6 м (Б) и вдоль них в 1974 г. а — 31 мая; б — 21 июня; в — 3 июля; г — 15 июля; д — 1 августа; е — 22 августа; ж — 4 сентября. 1—6 — номера точек (объяснение в тексте).

почвы. Назовем ее зоной иссушения. Внутри нее общее направление перемещения влаги — к уплотненной почве, т. е. к поверхности тропы.

Как видно из рис. 15, А, Б зона иссушения не остается постоянной в течение вегетационного периода. По мере снижения влажности почвы она расширяется и, наоборот, в начале вегетационного периода, а также после выпадения осадков и похолодания сужается. Следовательно, в дни с большой суммой осадков и влажностью почвы отрицательное влияние троп на снижение запасов влаги в ней проявляется слабее, чем в более засушливые периоды. Вместе с тем в одни и те же

сроки наблюдений влияние тропы шириной 1,6 м распространяется несколько дальше, чем более узкой.

В разные сроки наблюдений граница зоны иссушения вдоль тропы шириной 0,8 м перемещается в слое 0—30 см, удаляясь от края тропы на три четверти ее ширины, т. е. на 60 см. В слое 30—50 см линия иссушения не выходит за пределы тропы, в некоторых случаях по мере углубления даже приближается к ее середине. Следовательно, зона влияния этой тропы на влажность почвы распространяется на участок примерно в 2—2,5 раза больше ее площади (см. рис. 15, А).

Влияние тропы шириной 1,6 м несколько сильнее и в отдельные сроки охватывает трехкратную по площади зону.

Таким образом, тропы шириной 0,8—1,6 м оказывают отрицательное влияние на влажность почвы на участках, более чем в два раза превышающих их собственную площадь. Причем по мере иссушения почвы, т. е. в засушливые периоды, это влияние усиливается, а во влажные и прохладные периоды — слабеет. В насаждениях, где площадь уплотненной поверхности почвы составляет 30—50%, а тропы и площадки, лишённые травяного покрова, распределены более или менее равномерно, уплотнение оказывает влияние на влажность почвы в любой точке участка.

Водный режим почвы на пробной площади 17 изучался в 1970 г. Климатические условия вегетационного периода в этот год значительно отличались от 1974 г., тем не менее отмеченные выше особенности увлажнения почвы в связи с уплотнением ее поверхности очень хорошо видны и на пробе 17. В течение почти всего вегетационного периода (за исключением сентября) влажность почвы в верхнем 10—20-сантиметровом слое была более высокой, на уплотненной площадке (точки 1 и 2), в слое 20—100 см — в точках 4 и 5, т. е. за пределами площадки с уплотненной поверхностью (рис. 16). Это подтверждает сделанный ранее вывод о подтягивании уплотненной почвой влаги из смежных с нею слоев.

В начале вегетационного периода (15 мая) влага подтягивается из почвы с естественным сложением в уплотненные слои, о чем свидетельствует клин с влажностью более 20% на глубине от 25 до 80 см, направленный к центру спортивной площадки (см. рис. 16, а). На глубине 80 см и ниже влажность почвы менее 20%, что указывает на довольно заметное ее иссушение в предшествующий вегетационный период.

К июню влага в почвенной толще перераспределилась, значительно уменьшилось ее содержание в верхнем 60-сантиметровом слое и увеличилось на глубине 60—100 см.

В дальнейшем иссушение почвы все более усиливается и распространяется за пределы спортивной площадки, что хорошо видно по перемещению клина с более сухой почвой от точки 1 к точке 5 (см. рис. 16, в, г). Потери влаги наблюдаются

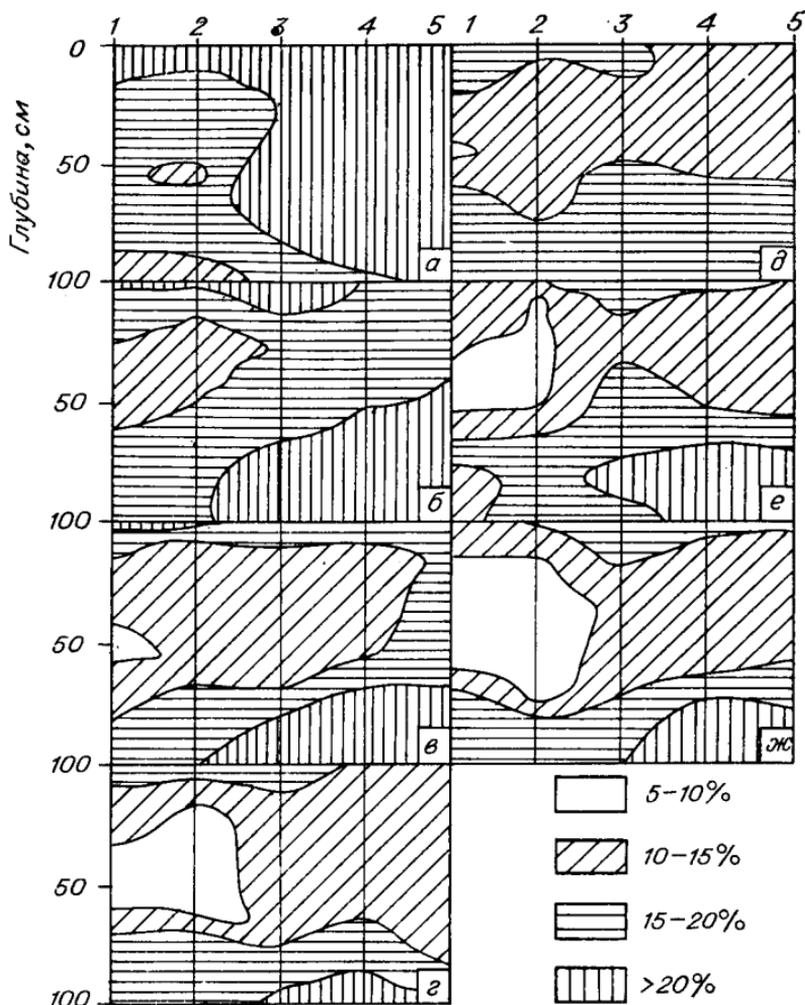


Рис. 16. Топоизоплеты влажности на участке березового леса со спортивной площадкой в 1970 г.

а — 15 мая; б — 1 июня; в — 15 июня; г — 3 июля; д — 3 августа; е — 2 сентября; ж — 2 октября. 1—5 — точки наблюдений.

в основном из слоя 5—70 см. К началу июля влажность почвы в слое 0—75 см (точки 3—5) превышала 10%.

Обильные осадки и некоторое понижение температуры в июле заметно снизили физическое испарение влаги из почвы и приостановили ее иссушение. В первых числах августа в верхнем полуметре почвы в точках 1—3 наблюдалась более высокая влажность, чем в точках 4 и 5 (см. рис. 16, д), вследствие замедления впитывания влаги уплотненным горизонтом. Однако в нижнем полуметре она была выше в точках 3—5, что свидетельствует о лучшем проникновении воды в более глубокие слои.

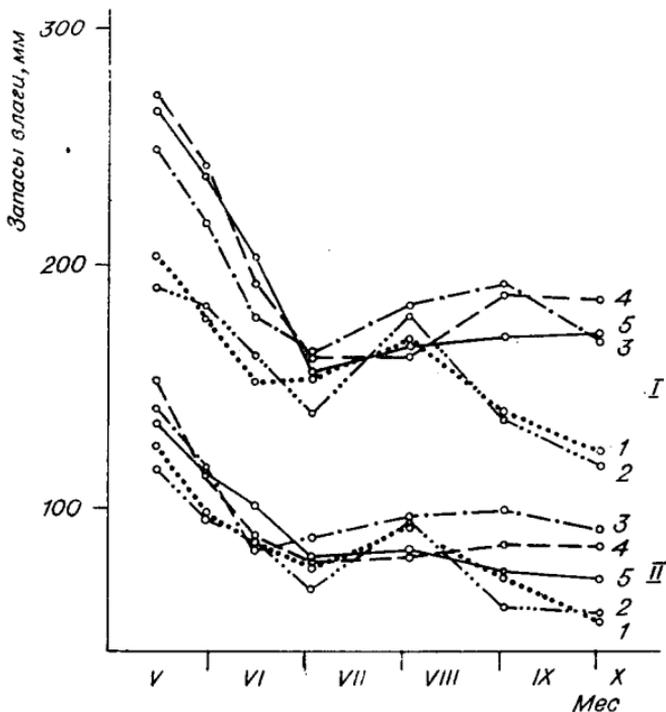


Рис. 17. Динамика запасов влаги в течение вегетационного периода 1970 г. на участке березового леса со спортивной площадкой в слое почвы 0—100 (I) и 0—50 (II) см.

1—5 — точки наблюдений.

Снижение количества осадков в августе привело к новым потерям влаги из метровой толщи. К концу вегетационного периода наименьшее ее количество отмечено в точках 1 и 2 (см. рис. 16, е, ж).

На рис. 17 показана динамика запасов влаги в течение вегетационного периода (в точках 1—5). Расход влаги из почвы в каждой точке идет по-разному. В мае наибольшие запасы воды в метровой толще отмечены в точках 4 и 5 (264,9—270,2 мм), наименьшие — в точках 1 и 2 (190,1—203,5 мм). Наиболее интенсивно расходовалась влага до начала июля как из метровой толщи, так и из верхнего полуметра. Причем этот процесс протекал быстрее в точках 3—5, чему, несомненно, способствовали травяной покров и подрост. В июле, в период дождей, отмечено накопление влаги, продолжавшееся в точках 3—5 до сентября, а в точках 1 и 2 — до начала августа. В начале октября запасы влаги в метровой толще в точках 3—5 близки к уровню августовских (167,6—185,3 мм). В это же время в точках 1 и 2 они достигали в метровой толще 115,8—121,3 мм, в верхнем полуметре — 52,4—55,4 мм.

В конце вегетационного периода (август — октябрь) наибольшие запасы влаги, особенно в верхнем полуметровом слое, наблюдались в точке 3, т. е. вдоль границы спортивной площадки. Это связано, видимо, с тем, что во время дождей часть воды стекает с уплотненной поверхности и частично впитывается в почву за ее пределами.

Таким образом, запасы влаги в течение вегетационного периода, особенно в первую его половину, на уплотненной площади на 20—30% ниже, чем за ее пределами. Только в периоды с прохладной погодой и обильными осадками, когда транспирация растений и физическое испарение влаги из почвы значительно снижены, различия в запасах малозаметны.

На основании полученных данных можно сделать вывод, что пешеходные тропы и спортивные площадки вызывают иссушение почвы не только в нижележащих слоях, но и на прилегающих участках. Установлено, что при ширине троп 0,8—1,6 м зона иссушения почвы охватывает площадь в 2—3 раза большую, чем занимают тропы.

Исследования А. А. Молчанова (1952, 1953) показали, что проникновение влаги под полог древостоев зависит от их сомкнутости, возраста и породного состава. Так, сомкнутые сосновые древостой 60-летнего возраста задерживают 24—27% жидких и 22—27% твердых осадков, а березовые соответственно — 24 и 5%. С уменьшением сомкнутости полога задержание осадков кронами снижается. В чистых сосновых насаждениях 65-летнего возраста при сомкнутости полога 0,4—0,5 задерживается кронами всего 11% осадков.

По данным Н. М. Тюльпанова (1965), в лесу с поверхности почвы испаряется 5—10%, сдувается в виде снега или стекает до 1%, расходуется на транспирацию до 50% достигших поверхности почвы осадков. Остальное количество влаги проникает в более глубокие горизонты.

В. Д. Зеликов и В. Г. Пшоннова (1962) установили, что с увеличением плотности почвы количество влаги, просачивающейся в почву, уменьшается в 5—10 раз, а испарение и сток увеличиваются.

Результаты исследований, проведенных в зонах южной тайги и хвойно-широколиственных лесов европейской части СССР (Кошельков и др., 1972; Орлов и др., 1972), свидетельствуют о том, что искусственно создаваемый недостаток влаги в почве в культурах сосны примерно вдвое снижает текущий прирост древесины и общей органической массы по сравнению с вариантом с поливом, а общая величина прироста по высоте и диаметру на 20—30% меньше, чем в контрольных вариантах.

Участки леса, на которых изучали водный режим почвы, характеризуются близкими таксационными показателями, но сильно отличаются друг от друга площадью троп и площадок с уплотненной поверхностью (см. табл. 12, рис. 5—7, 18).



Рис. 18. Участок леса (пр. пл. 6б) с очень высокой антропогенной нагрузкой. Поверхность почвы уплотнена на 80% площади.

Полученные данные показывают, что влажность почвы в течение вегетационного периода в березовых насаждениях, как правило, выше, чем в сосновых, сильнее задерживающих часть осадков кронами деревьев. Весьма заметное влияние на накопление и распределение влаги в корнеобитаемой толще оказало уплотнение поверхности почвы. На пробной площади 7 (рис. 19, I, а), относительно слабо используемой в рекреационных целях ($K_p = 0,05$) и взятой в качестве контроля, влажность почвы до глубины 65 см была 14 мая 1968 г. выше 10%, в слое 65—90 см — менее 10%, что свидетельствует о довольно сильном его иссушении в течение прошлого вегетационного периода. До середины первой декады июля влажность почвы в слое 0—80 см не опускалась ниже 8%. К концу июля почти во всем метровом слое она не превышала 5%. После кратковременного и незначительного ее повышения (до 6,5%) до глубины 55 см вновь началось иссушение почвы, и уже 14 августа на глубине 50 см она снизилась до 3%. В этот период влажность почвы достигла, видимо, влажности завядания растений, так как 9—12 августа произошло массовое пожелтение и усыхание некоторых травянистых растений и листьев на подросте березы и осины. Тогда же отмечалась самая высокая дневная температура (до 35°C) и самая низкая относительная влажность воздуха (20—25%).

В третьей декаде августа выпало 23 мм осадков, влажность верхних слоев почвы начала повышаться и к началу ноября в верхнем полуметровом слое она превысила 5%.

В слое 85—100 см на протяжении почти всего периода наблюдений влажность почвы не опускалась ниже 5%. Это связано с тем, что на глубине 122—138 см лежит плотный иллювиальный слой (см. табл. 13), который значительно препятствует оттоку влаги в более глубокие горизонты. Наибольшие колебания влажности отмечались в слое 0—80 см, в котором сосредоточена основная масса корней (см. рис. 19, I, а).

На пробной площади 2 (см. рис. 19, I, б) влажность почвы выше 10% в метровой толще наблюдалась только до 28 мая, т. е. на 6—10 дней меньше, чем на предыдущем участке. После кратковременного увлажнения на незначительную глубину в начале июня началось быстрое иссушение почвы во всей метровой толще. В середине августа влажность почвы колебалась в слоях 0—50 и 80—100 см от 3,2 до 5%, а в слое 50—80 см не превышала 3%. Со второй половины августа в верхнем 30-сантиметровом слое зафиксировано накопление влаги. Таким образом, на этом участке почва была менее влажной, чем на пробе 7, в течение всего вегетационного периода, а иссушение наступило примерно на 1,5—2 нед раньше.

На пробе 6 (см. рис. 19, I, в) влажность почвы в течение всего периода наблюдений (5 мая — 4 ноября) колебалась в основном в пределах 3—8% почти во всей метровой толще. Более сильное иссушение почвы на этом участке по сравнению с пробой 7 объясняется главным образом большей площадью уплотненной поверхности (68%), отсутствием травяного покрова и подроста, что способствовало стеканию и быстрому испарению воды после выпадения осадков и препятствовало проникновению влаги в глубь почвенного профиля.

Черново-сильнопodzолистые почвы под березовыми деревьями несколько отличаются от почв под сосновыми насаждениями (см. табл. 13). Они имеют более мощный иллювиальный горизонт, поэтому процессы накопления влаги и динамика влажности иные.

В середине мая 1968 г. влажность почвы на пробной площади 11 (см. рис. 19, I, г) сохранялась довольно высокой (в слоях 0—20 см — 16—20%; 20—90 см — 20—26; 90—100 см — 15—20%) до середины июня. Затем наступило резкое иссушение почвы, и в конце месяца в слое 0—75 см отмечено не более 5,5—7% влаги. С 15 июля на глубине 60 см образовался слой с влажностью менее 5%, который к 5 августа охватил зону 35—70 см. Только в слое 75—100 см на протяжении почти всего периода наблюдений (май — октябрь) влажность почвы была выше 10%. В верхнем 30-сантиметровом горизонте в июле — октябре она колебалась в пределах 5—12%. Накопление влаги на участке началось в конце сентября.

Характер распределения влаги в почвенном профиле пробной площади 9 иной (см. рис. 19, I, д). В середине мая влажность почвы в слоях 0—60 и 80—100 см колебалась от 15 до 20,5%,

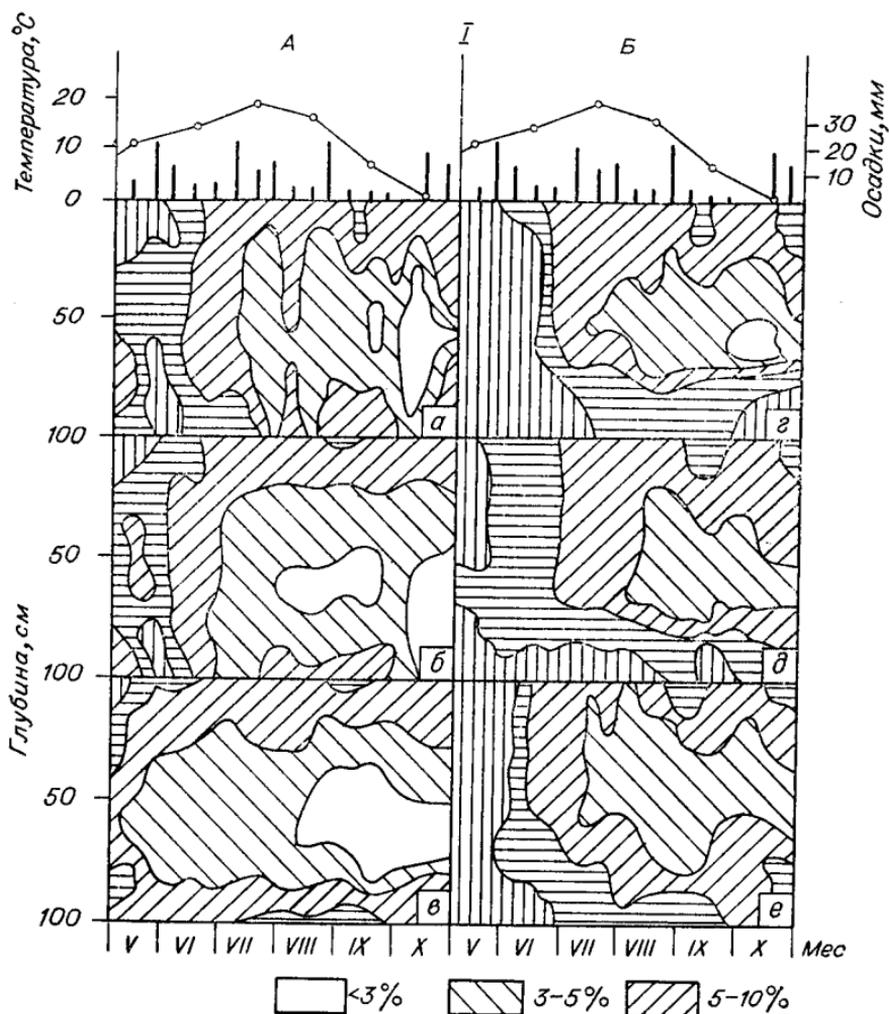
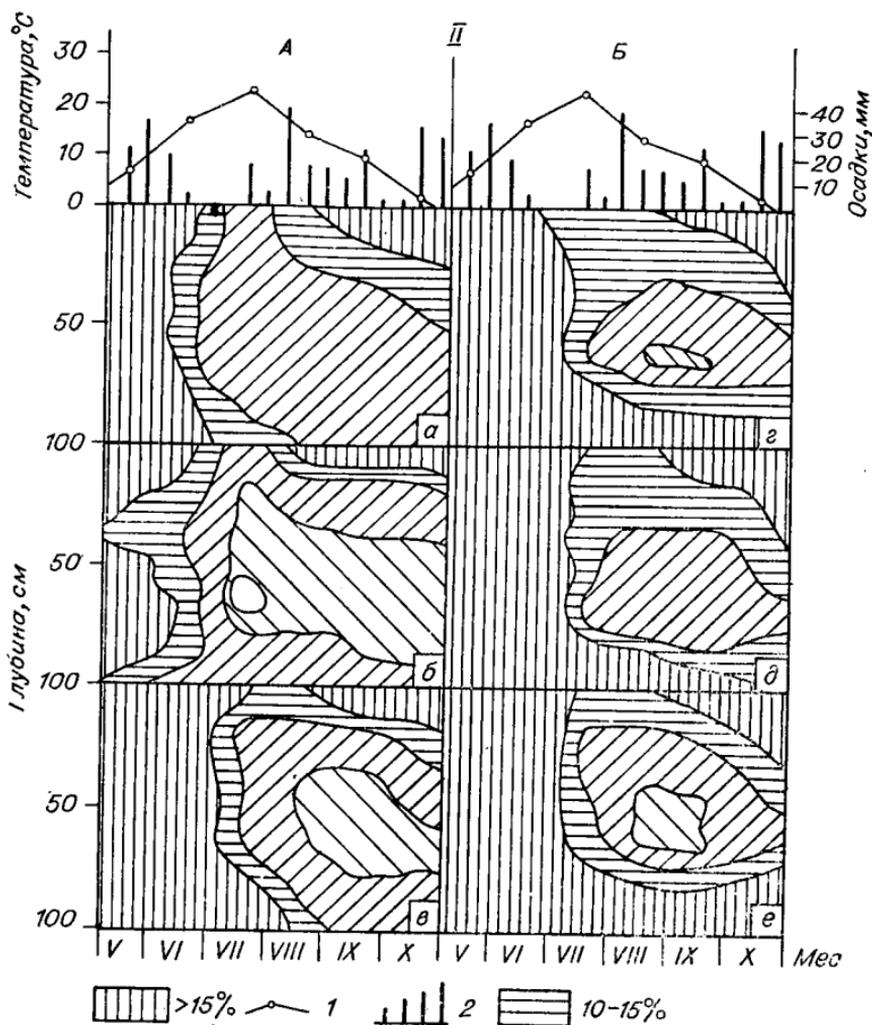


Рис. 19. Динамика влажности дерново-сильнопodzолистой сусесча-
(II) в сосновых (A) и
Показатели рекреационной нагрузки: а — 0,05; б — 0,42; в — 0,68; г — 0,09;
осадков

а в слое 60—80 см — от 13 до 15% — значительно меньше, чем в этот же срок на контрольной пробе 11. Затем влажность снизилась во всей метровой толще. С 5 августа по 6 ноября она не превышала 4—5% в начале срока на глубине 25—80 см, в конце — в слое 60—80 см. Накопление влаги в верхнем полуметре началось во второй половине августа. Таким образом, по сравнению с пробной площадью 11 корнеобитаемый слой на пробе 9 был менее увлажненным в течение всего вегетационного периода.

Еще меньше влаги зафиксировано в метровой толще почвы на пробной площади 10 (см. рис. 19, I, е), где уплотненная поверхность занимает 32%.



ной почвы в течение вегетационного периода 1968 (I) и 1969 гг. березовых (Б) насаждениях.

θ — 0,26; e — 0,32; 1 — среднемесячная температура воздуха; 2 — сумма за декаду.

На протяжении вегетационного периода 1969 г. в корнеобитаемом слое всех пробных площадей (кроме пробы 2) содержалось больше влаги, чем в 1968 г. Влажность почвы не опускалась ниже 3%, но особенности в ее динамике под различными фитоценозами, отмеченные в 1968 г., сохранились (см. рис. 19, II, а — е).

Заметно отличается по степени увлажнения почвы от других участков пробная площадь б. Как видно из рис. 19, II, в, в течение вегетационного периода почва на пробе характеризовалась более высокой влажностью, чем на пробных площадях 7 и 2. С обусловлено это тем, что в конце апреля 1969 г. участок леса, на котором размещена проба, огородили, а почву на

тропах взрыхлили на глубину 8—15 см. Рыхление почвы значительно снизило физическое испарение влаги из почвы и с ее поверхности, а также способствовало задержанию осадков и переводу их в почву. Кроме того, в первый год на участке еще не восстановился полностью травяной покров, поэтому по сравнению с другими участками, где покров довольно хорошо сохранился, расход воды на транспирацию был меньше.

Динамика влажности почвы в 1970 г. изучалась в березовых насаждениях, характеризующихся близкими таксационными показателями древостоев, но сильно отличающихся по рекреационной нагрузке (пробные площади 3б, 10 и 6б). Исследования показали, что отмеченные ранее особенности динамики влажности почвы в зависимости от степени антропогенного воздействия сохранились, причем наблюдались они более четко.

Так, на пробе 3б ($K_p = 0,08$) влажность почвы в метровой толще в течение почти всего вегетационного периода (до середины сентября), за исключением слоя 0—10 см, с середины июня до конца июля не опускалась ниже 16,5—17% (рис. 20, а). Только в конце сентября в слое 0—70 см установилась влажность менее 15%.

На пробной площади 10 ($K_p = 0,32$) влажность почвы более 15% отмечена только в слое 0—80 см до середины июня (рис. 20, б). Затем в слое 0—70 см она понизилась до 10—15%. В начале июля на глубине 40—65 см образовался слой с влажностью менее 10%, который, то расширяясь, то сужаясь, наблюдался до конца вегетационного периода.

Еще более сильное иссушение почвы произошло на участке 6б ($K_p = 0,8$). Здесь только до середины мая, и то лишь на глубине 0—20 см, влажность почвы была выше 15%, в нижележащих слоях — менее 15% (рис. 20, в). В дальнейшем почти во всей метровой толще она не превышала 10%, а с третьей декады июня и до конца наблюдений (1 октября) на глубине 50—80 см (в конце сентября — 20—75 см) — 5%.

Наибольшее количество влаги в почве накапливается к началу вегетационного периода. Причем на контрольных участках ее значительно больше, чем на участках с высокой рекреационной нагрузкой. Так, среднемесячные запасы влаги в метровой толще на пробной площади 7 достигали в мае 1968 г. 142, а в мае 1969 г. 235,4 мм, на пробной площади 11 — соответственно 203,4 и 291,7 мм (рис. 21). Таким образом, в березовых насаждениях они на 24—43% больше, чем в сосновых. В мае 1970 г. на пробной площади 3б (березовое насаждение) зарегистрировано 285 мм воды. Наименьшие запасы отмечены в конце вегетационного периода (август — сентябрь). Запасы воды в почве увеличиваются в годы с более высокой суммой осадков зимой, весной и летом. Это свидетельствует о том, что ее накопление в корнеобитаемой толще зависит от климатических факторов, в частности суммы осадков.

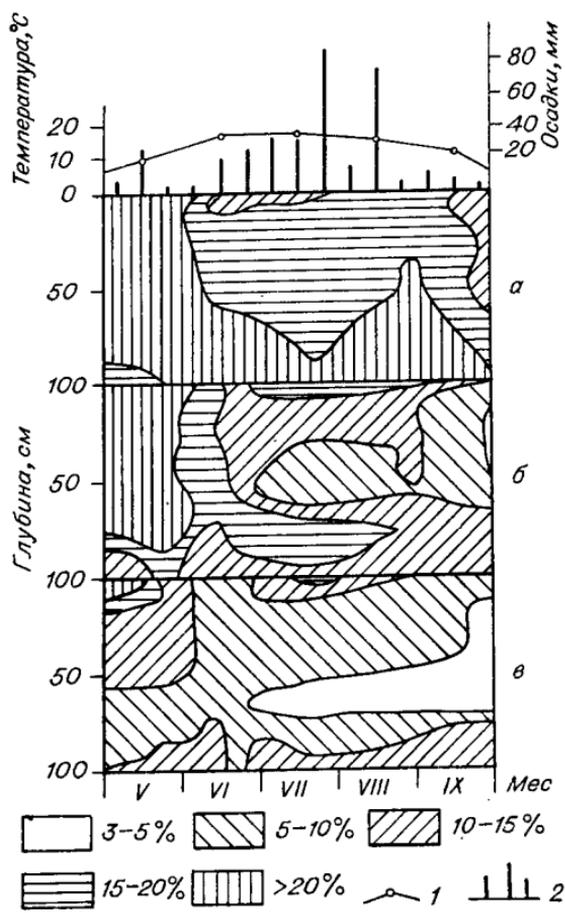


Рис. 20. Динамика влажности почвы в течение вегетационного периода 1970 г. в березняке разнотравном.

Показатели рекреационной нагрузки: а — 0,08; б — 0,32; в — 0,8; 1, 2 — усл. обозн. см. рис. 19.

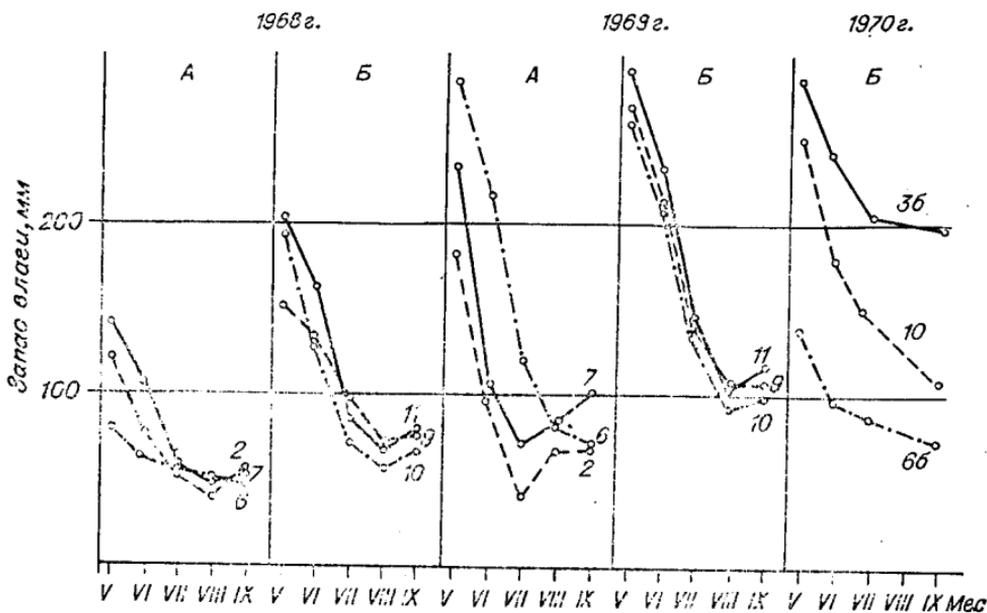


Рис. 21. Динамика запасов влаги в метровой толще почвы рекреационных сосновых (А) и березовых (Б) насаждений в течение вегетационного периода.

2, 36, 6, 66, 7, 9—11 — номера пробных площадей (объяснение в тексте).

Следовательно, к началу вегетационного периода на участках, где тропы и площадки, лишенные травяного покрова, занимают 25—30% площади, в корнеобитаемом слое почвы накапливается в среднем на 10% воды меньше, чем на малонарушенных участках. В насаждениях с показателями $K_p = 0,30—0,42$ запасы влаги на 15—20% меньше, чем на контрольных. При увеличении площади уплотненной почвы от 70% и выше количество воды в метровой толще снижается в 2 раза. Наименьшие ее запасы на участках с большой площадью уплотненной поверхности отмечаются в те же сроки, что и на контрольных. Сравнивая среднемесячные запасы влаги на всех участках, можно отметить, что к концу вегетационного периода происходит их выравнивание на всех участках (см. рис. 21, А, Б).

Особый интерес представляют данные о динамике среднемесячного (за весь вегетационный период) запаса почвенной влаги в зависимости от площади уплотненной поверхности на том или ином участке во всей метровой толще и в различных ее слоях. Из табл. 23 видно, что с увеличением уплотненной поверхности почвы на участке среднемесячный запас влаги в метровой толще неуклонно снижается, хотя в разные годы неодинаково. Так, в 1968 г. в сосновых насаждениях, на пробных площадях 2 и 6 ($K_p = 0,42$ и $0,68$) влаги содержалось на 8,9 и 22% меньше, чем на контрольной пробе 7. В 1969 г. ее

Зависимость среднемесячного (среднего за 6 месяцев вегетационного периода) запаса влаги в метровой толще почвы рекреационных насаждений от площади уплотненной поверхности на участке

Номер пробной площади	Площадь уплотненной поверхности, %	Запас влаги в слоях почвы							
		0—100		0—10		10—80		80—100	
		мм	%	мм	%	мм	%	мм	%

1968 г.

Сосновые насаждения

7(к)	5	74,5	100	9,5	12,8	47,1	63,2	17,9	24,0
2	42	67,9	100	10,3	15,2	42,0	61,9	15,6	22,9
6	69	58,1	100	9,3	16,1	33,9	58,3	14,9	25,6

Березовые насаждения

11(к)	9	114,1	100	9,1	7,8	72,6	63,6	32,4	28,6
9	26	101,8	100	9,7	9,5	60,1	59,1	32,0	31,4
10	32	95,4	100	9,2	9,7	59,1	60,9	27,1	28,4

1969 г.

Сосновые насаждения

7(к)	5	119,9	100	17,6	14,7	77,4	64,5	24,9	20,8
2	42	87,9	100	16,6	18,9	55,2	62,8	16,1	18,3
6	—	143,1	100	23,9	16,7	87,7	61,3	31,5	22,0

Березовые насаждения

11(к)	9	173,0	100	17,9	10,4	110,1	63,6	45,0	26,0
9	26	163,4	100	17,4	10,6	103,0	63,1	43,0	26,3
10	32	156,0	100	16,8	10,8	96,4	61,7	42,8	27,5

1970 г.

Березовые насаждения

35(к)	8	231,7	100	36,5	15,8	146,4	63,1	48,8	21,1
10	32	171,1	100	33,7	19,7	108,9	63,6	28,5	16,7
66	80	- 98,5	100	23,3	23,7	54,0	54,8	21,2	21,5

запас составлял соответственно 73,3 и 119,4% от контроля. Превышение величины запаса на пробе 6 над контрольными данными в этом году связано с рыхлением почвы.

В березовых насаждениях на пробных площадях 9 и 10 ($K_p = 0,26$ и $0,32$) среднемесячный запас достигал соответственно в 1968 г. 89,4 и 83,6%, в 1969 г. — 94,4 и 90,2% от контроля (пр. пл. 11); в 1970 г. на пробе 10 — 75,8%, на пробе 66 ($K = 0,8$) — 42,7% среднемесячного запаса от контроля (пр. пл. 36).

Вместе с тем в зависимости от площади уплотненной поверхности в корнеобитаемом слое наблюдается перераспределение

влаги по горизонтам, содержание ее (в процентах от запаса в метровой толще) в верхнем 10-сантиметровом слое увеличивается, а в слое 10—80 см уменьшается, что еще раз подтверждает вывод о подтягивании уплотненным слоем воды из нижележащих горизонтов. Однако, хотя по мере увеличения поверхности уплотненной почвы вода и накапливается в верхнем 10-сантиметровом слое, в связи с уменьшением его общей порозности она становится менее доступной для растений и больше расходуется на испарение.

На глубине 80—100 см не отмечено четкой зависимости запасов влаги от степени рекреационной нагрузки на участок.

Таким образом, приведенные данные свидетельствуют о зависимости режима влажности почвы от степени рекреационной нагрузки. Эта зависимость четко прослеживается в течение всего вегетационного периода в основном в горизонтах почвы до глубины 80 см, а в наиболее засушливые периоды и во всей метровой толще.

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА УПЛОТНЕННЫХ ПОЧВ

Температурный режим почв в связи с уплотнением изучали в течение вегетационного периода 1973 г. на пробной площади 10 (см. табл. 12). В качестве контроля использовали тщательно подобранный участок, сходный по топографии и таксационной характеристике насаждения. Наблюдали в солнечные безоблачные дни 30 мая, 14 июня, 29 августа и 24 сентября. Температуру припочвенного слоя воздуха, поверхности почвы и подстилки измеряли срочными термометрами. В процессе работы их затеняли от прямых солнечных лучей. В качестве контрольных показателей использовали данные, полученные с помощью суточных самописцев, установленных на высоте 2 м от поверхности почвы на лесной поляне, удаленной от места наблюдений на 850 м.

Для измерения температуры почвы применяли почвенные щупы-термометры, устанавливаемые на глубину до 40 см с интервалом через 5—10 см. Повторность измерений 3-кратная.

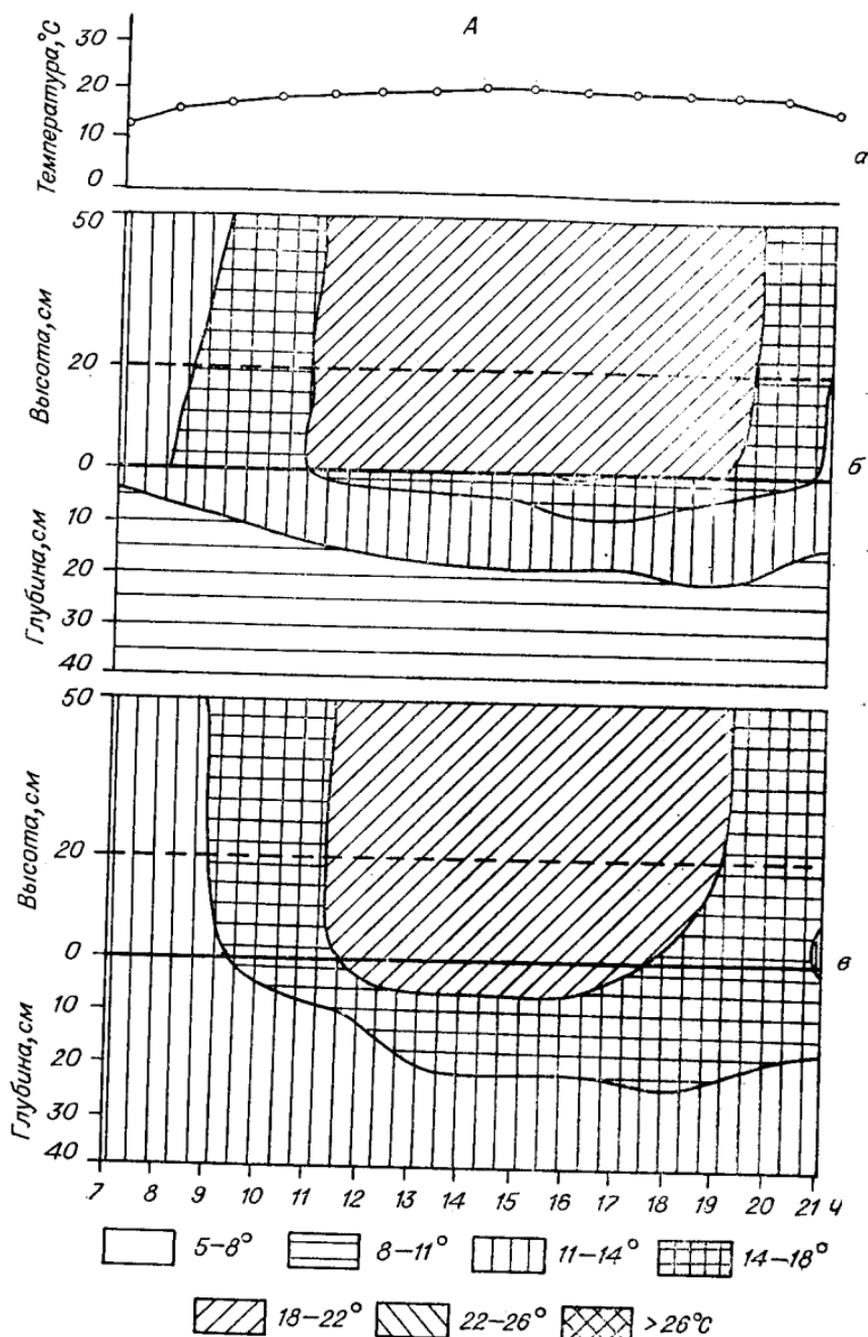
При вычерчивании термоизоплет установлены следующие градации: 5—8, 8—11, 11—14, 14—18, 18—22, 22—26 и более 26°C.

В табл. 24 приведены данные о температуре припочвенного воздуха (в слое 0—50 см) и почвы (до глубины 40 см) в лесу в первый и последний часы наблюдений, а также в середине дня (14 ч), когда температура воздуха максимальная или близка к ней. Динамика температуры воздуха и почвы на протяжении периода наблюдений показана на рис. 22.

Изменение температуры припочвенного воздуха и почвы в лесу в течение вегетационного периода 1973 г., °С

Время наблюдений, ч	Припочвенного воздуха на высоте (см)		На поверхности		Почвы на глубине (см)				
	50	20	лесной подстилки	почвы	5	10	20	30	40
<i>30 мая</i>									
7	$\frac{12,0}{12,2}$	$\frac{12,4}{12,5}$	13,0	$\frac{11,4}{12,2}$	$\frac{10,9}{11,7}$	$\frac{10,5}{12,4}$	$\frac{10,0}{12,7}$	$\frac{9,1}{13,1}$	$\frac{8,4}{12,8}$
	$\frac{20,6}{20,5}$	$\frac{21,4}{20,7}$	21,7	$\frac{17,2}{20,5}$	$\frac{13,5}{19,0}$	$\frac{12,0}{16,0}$	$\frac{10,6}{14,1}$	$\frac{9,4}{13,0}$	$\frac{8,5}{12,8}$
14	$\frac{14,4}{14,5}$	$\frac{13,8}{14,2}$	13,3	$\frac{12,8}{13,8}$	$\frac{12,0}{14,5}$	$\frac{11,4}{14,5}$	$\frac{10,1}{13,8}$	$\frac{9,2}{13,6}$	$\frac{8,5}{12,8}$
			—						
21									
<i>14 июня</i>									
7	$\frac{15,6}{15,7}$	$\frac{15,8}{15,8}$	16,0	$\frac{14,8}{16,1}$	$\frac{14,6}{16,0}$	$\frac{14,0}{16,0}$	$\frac{13,0}{15,9}$	$\frac{12,2}{15,7}$	$\frac{10,9}{15,1}$
	$\frac{25,4}{26,2}$	$\frac{25,0}{26,2}$	24,0	$\frac{20,5}{25,1}$	$\frac{18,6}{24,6}$	$\frac{16,8}{22,5}$	$\frac{14,1}{17,7}$	$\frac{12,4}{16,8}$	$\frac{11,6}{15,6}$
14	$\frac{19,2}{19,8}$	$\frac{18,8}{19,5}$	19,0	$\frac{18,0}{20,5}$	$\frac{17,1}{20,5}$	$\frac{16,0}{20,0}$	$\frac{14,4}{18,5}$	$\frac{13,0}{17,4}$	$\frac{12,0}{16,2}$
			—						
21									
<i>29 августа</i>									
8	$\frac{12,3}{12,3}$	$\frac{12,5}{12,6}$	12,8	$\frac{14,3}{13,7}$	$\frac{14,1}{14,3}$	$\frac{13,8}{15,2}$	$\frac{13,9}{16,4}$	$\frac{13,9}{17,1}$	$\frac{13,7}{16,9}$
	$\frac{26,0}{25,2}$	$\frac{26,3}{25,0}$	24,8	$\frac{20,2}{24,6}$	$\frac{18,5}{22,0}$	$\frac{17,1}{20,2}$	$\frac{14,8}{18,1}$	$\frac{14,5}{17,5}$	$\frac{13,9}{17,2}$
14	$\frac{21,2}{21,6}$	$\frac{20,5}{21,2}$	19,8	$\frac{19,2}{21,5}$	$\frac{17,1}{21,2}$	$\frac{16,2}{21,0}$	$\frac{15,8}{19,2}$	$\frac{14,8}{18,0}$	$\frac{13,9}{16,7}$
			—						
19									
<i>21 сентября</i>									
8	$\frac{6,8}{6,2}$	$\frac{6,5}{6,3}$	5,7	$\frac{6,1}{5,2}$	$\frac{6,3}{6,1}$	$\frac{6,6}{6,8}$	$\frac{7,7}{8,1}$	$\frac{8,7}{8,9}$	$\frac{9,5}{9,4}$
	$\frac{17,7}{16,9}$	$\frac{17,4}{16,7}$	17,1	$\frac{14,9}{17,4}$	$\frac{10,3}{12,8}$	$\frac{8,8}{10,8}$	$\frac{8,3}{9,4}$	$\frac{8,7}{9,3}$	$\frac{9,6}{9,7}$
14	$\frac{15,7}{15,2}$	$\frac{15,5}{15,0}$	12,2	$\frac{11,5}{12,8}$	$\frac{10,9}{13,1}$	$\frac{9,3}{12,0}$	$\frac{8,6}{10,7}$	$\frac{8,9}{9,9}$	$\frac{9,9}{9,9}$
			—						
19									

Примечание. В числителе — на контрольном участке, в знаменателе — на участке с уплотненной поверхностью почвы.



В лесу на неиспользуемом в рекреационных целях участке (контроль) температура припочвенного слоя воздуха 30 мая колебалась в разные часы от 12 до 21,4° (см. табл. 24), причем на высоте 20 см она была на 0,2—0,6° выше (до 18 ч), а в дальнейшем на 0,5° ниже, чем на высоте 50 см.

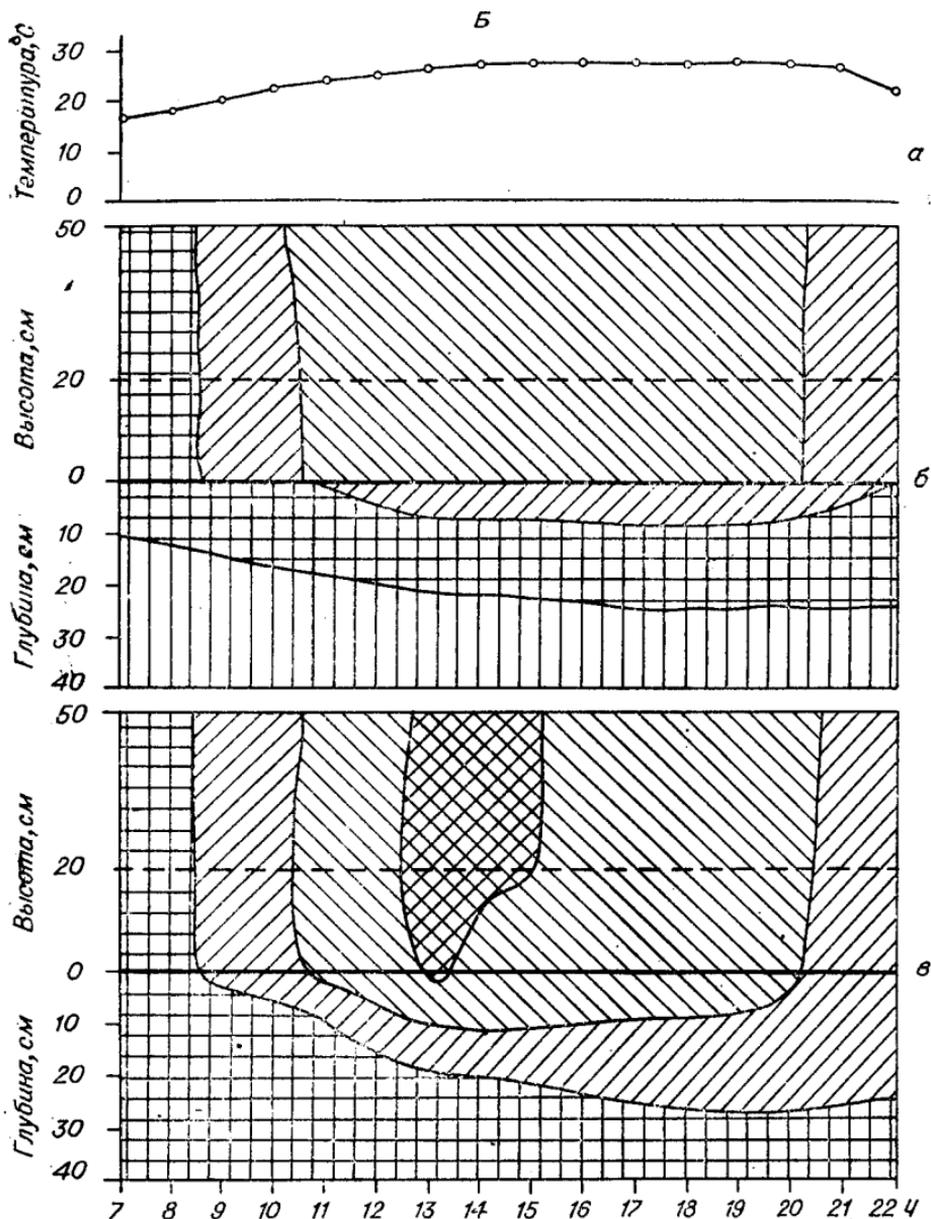
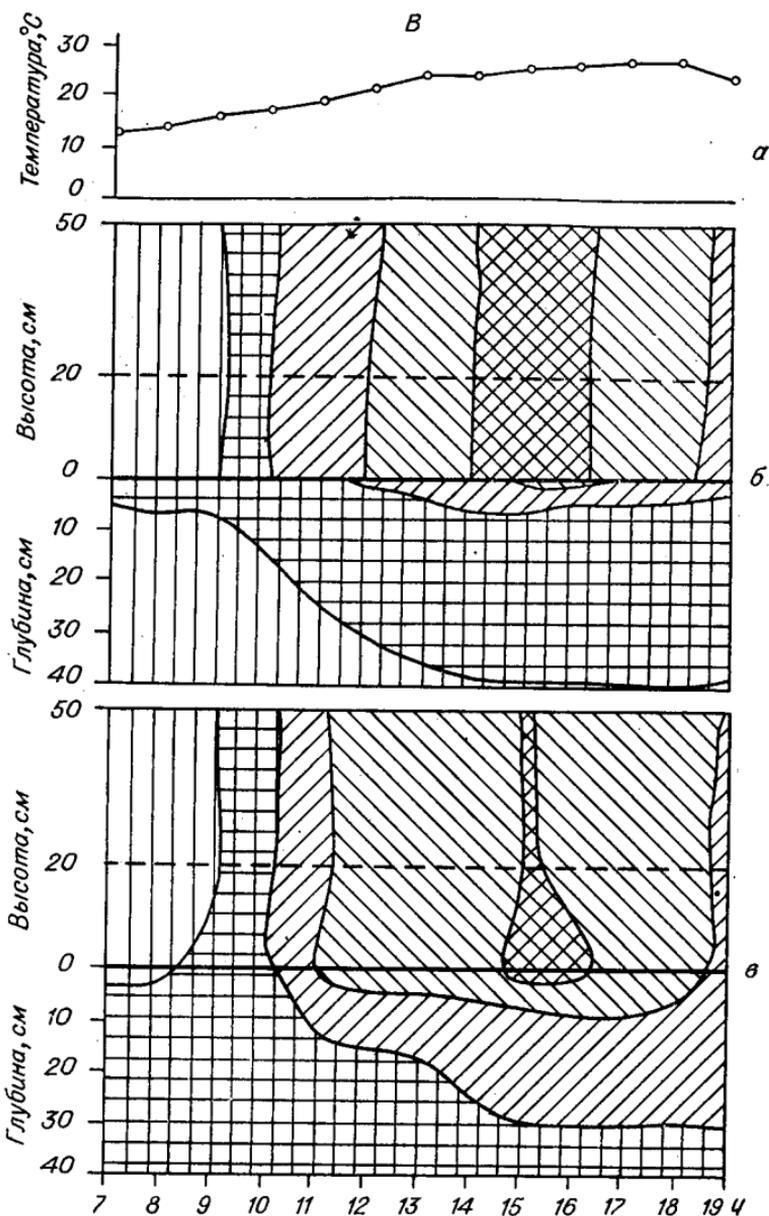


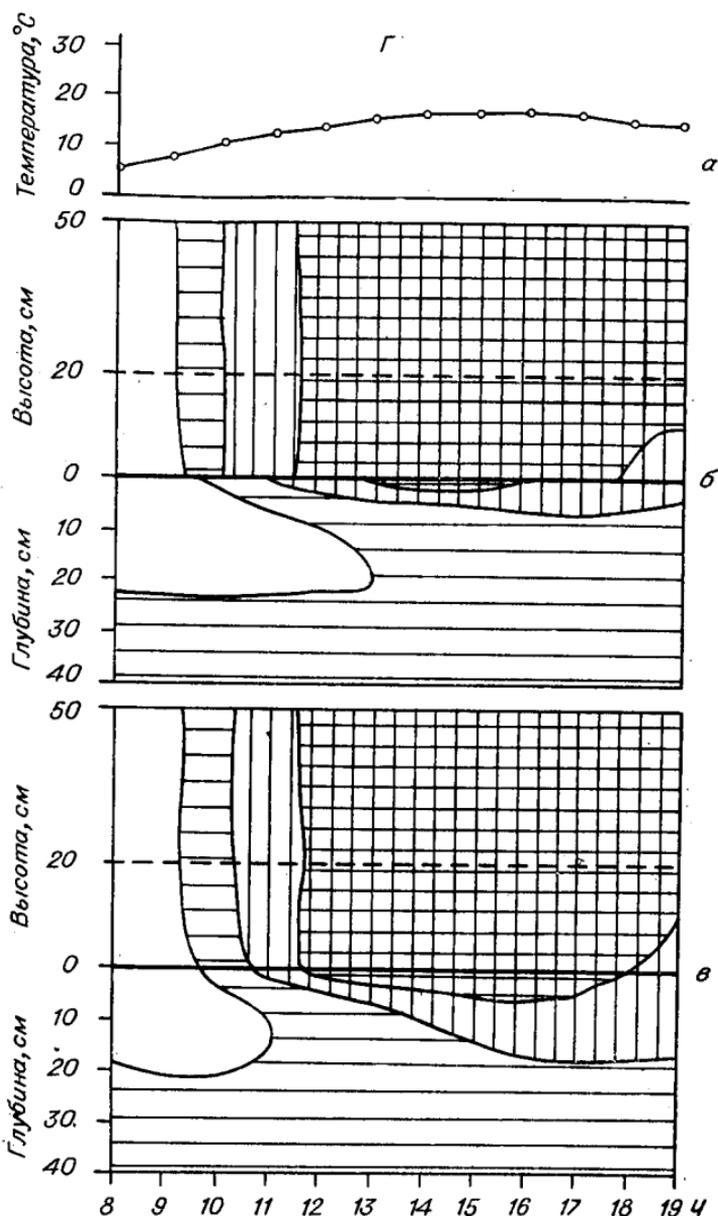
Рис. 22. Динамика температуры воздуха на лесной поляне (а), припочвенного воздуха и почвы на участке леса, не используемом в рекреационных целях (б), и участке леса с уплотненной поверхностью почвы (в) 30 мая (А), 14 июня (Б), 29 августа (В) и 24 сентября (Г) 1973 г.

На пробе 10 (участок с уплотненной почвой) припочвенный воздух в 7 и 21 ч был на $0,1-0,4^{\circ}$ теплее, а начиная с 8—11 ч на $0,1-1^{\circ}$ холоднее, чем на контроле. Указанные различия — следствие лучшего поглощения тепла уплотненной почвой. Определенное влияние на температурный режим оказывают



также травяной покров и лесная подстилка. Следует отметить, что средняя высота травостоя достигла к этому сроку 20 см, а проективное покрытие его колебалось от 20 до 30%. Толщина лесной подстилки в течение вегетационного периода не превышала 2 см.

Поверхность лесной подстилки (контроль) нагрелась в этот день на 0,2—1,9° сильнее припочвенного воздуха и на 0,1—1,7° — поверхности уплотненной почвы. На поверхности рыхлой почвы (контроль) наблюдалась более низкая (на 0,5—4,5°)



температура, чем на поверхности подстилки и уплотненной почвы. Наибольшие различия ($3,3-4,5^{\circ}$) зафиксированы в середине дня (12—15 ч).

Из табл. 24 и рис. 22, А, б, в видно, что исследуемый слой почвы на участке с уплотненной поверхностью нагрелся до более высокой температуры, чем на контрольном участке. В слое 0—10 см различия колебались в течение дня от $0,7$ до $6,1^{\circ}$, в слое 10—40 см — от $1,6$ до $4,4^{\circ}$. Максимальной величины они достигли в 12—16 ч.

По сравнению с 30 мая 14 июня было значительно теплее. Минимальная температура воздуха на поляне ($15,5^{\circ}$) отмечена в 3 ч. К 7 ч она достигла $17,2^{\circ}$, к 15 ч — $27,1$ и 22 ч — 22° (см. рис. 22, Б, а).

Особенности в температурном режиме припочвенного слоя воздуха и почвы на участках с разной степенью уплотнения поверхности, отмеченные 30 мая, наблюдались и в этот день, а различия в температуре достигали более значительных величин (см. табл. 24, рис. 22, Б, б, в). Поверхность уплотненной почвы нагрелась сильнее поверхности лесной подстилки и поверхности почвы под ней соответственно на $0,1$ — $1,9$ и $1,2$ — $5,8^{\circ}$. На глубине 5 и 10 см температура рыхлой почвы (контроль) колебалась в течение дня от 14 до $19,5^{\circ}$, а уплотненной — от 16 до $24,6^{\circ}$. В отдельные часы (12 — 16 ч) различия достигали 5 — 7° . В нижележащих слоях почва на пробной площади 10 была на $3,5$ — $4,6^{\circ}$ выше, чем на контроле. Меньшие различия гриурочены к утренним часам, более высокие — к дневным и вечерним.

Наблюдения показали, что с увеличением глубины (до 30—40 см) максимальные различия в температуре изменяются незначительно. Это свидетельствует о том, что обмен теплом между атмосферой и почвой на этих глубинах значительно замедлен, поэтому почва охлаждается ночью менее интенсивно, чем в вышележащих слоях, а ее температура, особенно на глубине 40 см, остается в течение суток практически постоянной.

Динамика температур припочвенного слоя воздуха и почвы, отмеченная в указанные выше дни, наблюдалась и в последующем — 29 августа и 24 сентября (см. табл. 24, рис. 22, В, Г) с некоторыми отличиями с учетом общего сезонного изменения погоды.

Приведенные данные позволяют отметить, что на температуру припочвенного слоя воздуха и почвы в лесу оказывают влияние травяной покров, лесная подстилка и особенно уплотнение поверхности почвы. Замечено, что лесная подстилка предохраняет почву от чрезмерного нагревания в теплые периоды и быстрого охлаждения в прохладные, а травяной ярус способствует понижению температуры в припочвенном 50-сантиметровом слое воздуха примерно на $0,1$ — $0,5^{\circ}$.

Уничтожение травяного покрова, лесной подстилки и уплотнение почвы обуславливает более сильное прогревание почвы. На участках с уплотненной поверхностью температура почвы верхнего 40-сантиметрового слоя (в теплые дни и периоды) в среднем на 3 — 5° выше, чем на контроле. В слое 0—10 см различия в температуре достигают в отдельные периоды 7° . Причем по сравнению с почвой естественного сложения почва уплотненных участков быстрее нагревается и охлаждается. В теплые дни вегетационного периода (более 25° в полдень) она прогревается до 18 — 26° . Такая температура может сохра-

няться в корнеобитаемом слое на протяжении длительного периода — от нескольких дней до месяца. Если учесть, что наиболее благоприятные температурные условия для роста корней деревьев находятся в пределах от 8 до 14° (Салаяев, 1958; Рахтеенко, 1963; и др.), то очевидно, что сильное нагревание почвы значительно подавляет или совсем останавливает их рост.

О ДИНАМИКЕ ЗАПАСОВ ЛЕСНОЙ ПОДСТИЛКИ В РЕКРЕАЦИОННЫХ НАСАЖДЕНИЯХ

Мертвый растительный напочвенный покров (лесная подстилка) играет важную роль в жизни леса. Подстилка оказывает влияние на водный, воздушный и тепловой режимы почвы, ее структуру и физико-механические свойства, на накопление органических и минеральных веществ, окислительно-восстановительные процессы и др. Отмечая ее большое значение, Г. Ф. Морозов (1949) указывал, что подстилка и удобряет, и улучшает физические свойства почвы; сбор подстилки или отсутствие ее всегда связан с обеднением, уплотнением и осуждением почвы.

В зависимости от типов леса в лесной подстилке сосновых и березовых насаждений содержится: азота 360—970 кг/га, фосфора 20—670, калия 77—510 кг/га (Смирнова, 1956; Винокуров, Шакиров, 1964; Корнев, 1964; и др.). Ежегодно с опадом в почву возвращается в сосновых насаждениях азота 7—58 кг/га, фосфора 0—15, калия 2—33 кг/га, в березовых соответственно — 2—77, 0,1—20, 1—62 кг/га (Зражевский, Крот, 1955; Ковда, 1956; Ремезов и др., 1959; Паршевников, 1962; Игнатьева, 1971а, б; и др.). По данным В. С. Шумакова (1941), в годовом опаде содержится такое количество питательных веществ, которое может обеспечить потребность насаждения в них в течение двух вегетационных периодов.

Установлено, что удаление лесной подстилки приводит к более сильному промерзанию почвы (Сахаров, 1945), заметно изменяет ее физические свойства и водный режим (Васильев, 1955; Ворошин, 1964), способствует уменьшению содержания гумуса в ней (Соколов, Тюнеева, 1959), а также ведет к изреживанию и более слабому развитию травостоя (Афанасьева, 1968). Многократное удаление лесной подстилки из насаждений снижает их производительность на 2—3 класса бонитета (Ткаченко, 1939; Корнев, 1964).

Одним из основных факторов, способствующих ухудшению условий роста, состояния и долговечности рекреационных насаждений, является не только уплотнение почвы, нарушение ее физических свойств, водно-воздушного и теплового режимов, но и снижение ее плодородия вследствие уменьшения запасов

лесной подстилки — основного источника элементов питания растений.

Влияние рекреационной нагрузки на динамику запасов лесной подстилки изучали в 1970 и 1974 гг. в 100-летних сосняках мшисто-ягодникового и разнотравного типов леса и 45—50-летнем разнотравном березняке II—III классов бонитета, характеризующихся довольно близкими таксационными показателями, но различающихся по степени рекреационной нагрузки (см. табл. 12). Учетные площади (0,5 × 0,5 м) размещались с интервалом 10 м на двух перпендикулярных линиях, пересекающих пробную площадь. Количество площадок на каждой пробе колебалось от 11 до 22. Сбор подстилки производили в конце июля и начале августа. Затем ее высушивали до воздушно-сухого состояния, разделяли с помощью почвенных сит на фракции — более 10, 10—5, 5—2, 2—1 и менее 1 мм — и взвешивали.

Исследования показали, что с усилением рекреационной нагрузки на лес запасы лесной подстилки снижаются. Так, с увеличением площади уплотненной поверхности в сосняке разнотравном с 5 до 51% вес подстилки в воздушно-сухом состоянии уменьшается с 9110 до 3920 кг/га, т. е. более чем в 2,3 раза (табл. 25). В березняке разнотравном увеличение площади с уплотненной почвой от 8 до 80% уменьшает запас подстилки с 4475 до 306 кг/га, т. е. почти в 15 раз.

Т а б л и ц а 25

Изменение запасов лесной подстилки под пологом разнотравных сосновых и березовых насаждений в зависимости от показателя рекреационной нагрузки

Номер пробной площади	Состав насаждения	Показатель рекреационной нагрузки	Проективное покрытие травяного покрова	Запас лесной подстилки, кг/га
		%		
<i>Сосновые насаждения</i>				
7	10С+Б	5	58,5	9110
5в	8С2Бед. Ос	15	39,3	5030
2в	6С4Бед. Ос	30	22,9	4820
7б	6С4Бед. Ос	51	19,4	3920
<i>Березовые насаждения</i>				
3б	8Б2С+Ос	8	54,2	4475
2б	8Б2С+Ос	16	34,5	4220
10	8Б1С1Ос	32	32,8	3410
20	6Б3С1Ос	60	20,9	2530
6б	Б91С+Ос	80	18,8	306

По данным многих исследователей, в лесной подстилке в зависимости от типа леса содержится в среднем 5—30-кратное количество годового опада (Поздняков, 1953; Зражевский, Крот, 1955; Корнев, 1964; и др.). Следовательно, ее уничтожение в рекреационных насаждениях значительно сокращает поступление в почву элементов питания. Поэтому лесохозяйственные мероприятия, направленные на сохранение лесной подстилки, несомненно, способствуют повышению устойчивости рекреационных насаждений.

Результаты наблюдений, проведенных в 1974 г., показали, что в насаждениях, испытывающих слабую рекреационную нагрузку, где площадь уплотненной поверхности почвы не превышает 7% (пробные площади 1 и 7), общие запасы лесной подстилки достигали в мшисто-ягодниковом сосняке $2,96 \pm 0,23$ кг/м², в разнотравном — $2,12 \pm 0,24$ кг/м² (табл. 26). В сильно нарушенных насаждениях (пробные площади 2 и 2в) запасы равны $1,74 \pm 0,10$ и $1,35 \pm 0,12$ кг/м², т. е. на 41,2 и 36,3% меньше, чем на контрольных участках.

Отдыхающие в лесу нарушают сложение лесной подстилки, разрушают и измельчают составляющие ее компоненты: ветки, шишки, листья, хвою и другие органические остатки. Содержание в подстилке фракций размерами более 10 мм на малонарушенных участках значительно больше, чем на участках с высокой рекреационной нагрузкой (см. табл. 26). Доля же подстилки с размерами частиц менее 5 мм выше на сильно нарушенных участках. Наряду с разрушением наблюдается иссушение подстилки. Естественно, что измельченная и более сухая подстилка легко выдувается ветром или смывается осадками с участков, где почва сильно уплотнена, а травяной покров изрежен или полностью вытоптан. Определенное количество подстилки выносятся также на обуви отдыхающих.

Т а б л и ц а 26

Зависимость запасов и фракционного состава лесной подстилки в сосновых насаждениях от показателя рекреационной нагрузки

Номер пробной площади	Состав насаждения	Показатель рекреационной нагрузки, %	Запас лесной подстилки в воздушно-сухом состоянии, кг/м ²	В том числе по фракциям (мм), %					Влажность подстилки, % от веса
				более 10	10—5	5—2	2—1	менее 1	

Мшисто-ягодниковый сосновый лес

1	10С	7	$2,96 \pm 0,23$	44,0	17,2	14,6	16,3	7,9	44,1
2	10Сед.Б	42	$1,74 \pm 0,10$	30,4	15,0	19,3	25,4	9,9	31,0

Разнотравный сосновый лес

7	10С+Б	5	$2,12 \pm 0,24$	43,5	14,6	15,4	18,1	8,4	52,7
2в	6С4Бед.Ос	30	$1,35 \pm 0,12$	31,5	14,6	21,3	22,8	9,8	37,1

Сокращение запасов лесной подстилки, уменьшение поступления питательных веществ в почву снижает ее плодородие. Следовательно, лесохозяйственные мероприятия, направленные на улучшение общего состояния и повышение долговечности рекреационных насаждений, должны предусматривать регламентацию антропогенной нагрузки с целью сохранения лесной подстилки и травяного покрова от вытаптывания, повышение плодородия почвы путем рыхления уплотненных участков, внесения минеральных удобрений.

Таким образом, рекреационное использование лесов приводит к значительному уплотнению верхнего слоя почвы. Ухудшаются ее свойства: увеличивается объемный вес, уменьшается общая порозность, капиллярная влагоемкость, снижается начальная скорость впитывания воды, увеличивается глубина промерзания и др.

Хотя увеличение объемного веса почвы при уплотнении отмечается только в самом верхнем 10—15-сантиметровом слое, оно ухудшает водно-воздушный режим во всей корнеобитаемой толще. Почва под тропами и спортивными площадками увлажняется медленнее и слабее, а высыхает, наоборот, быстрее и сильнее, чем на участках, не подвергающихся антропогенному воздействию. Зона иссушения почвы охватывает не только слой непосредственно под тропами, а и смежные участки, превышающие более чем в 2 раза площадь троп. В связи с этим на участках с большой площадью уплотненной поверхности запасы влаги в течение вегетационного периода значительно ниже, чем на участках с ненарушенным сложением почвы. При увеличении на участке площади уплотненной поверхности до 26—32% среднемесячный запас влаги в метровой толще сокращается на 6—25%, а при увеличении уплотненной поверхности до 70—80% потери влаги составляют 22—57%. В отдельные периоды, главным образом в первой половине лета, различия могут достигать 2—3-кратной величины. Наибольшие потери воды при этом наблюдаются в слое 10—80 см.

Уплотнение почвы способствует более сильному ее нагреванию. Так, на протяжении вегетационного периода температура верхнего 40-сантиметрового слоя почвы с уплотненной поверхностью в среднем на 3—5° выше, чем такого же слоя с ненарушенным, естественным сложением. В слое 0—10 см различия в температуре достигают в отдельные периоды даже 7°. Причем по сравнению с рыхлой естественной структуры почвой уплотненная почва быстрее нагревается и охлаждается.

Рекреационное использование вызывает снижение запасов лесной подстилки в лесу. С увеличением площади с уплотненной поверхностью на участках до 50% они сокращаются в среднем в 2,3—2,5 раза. При дальнейшем расширении поверхности с уплотненной почвой запасы уменьшаются более интенсивно и на участках, где тропы и площадки с уплотненной почвой до-

стигают 80% площади, они в 10—15 раз меньше, чем в насаждениях, не используемых для отдыха. Это резко снижает накопление элементов питания в почве.

Следовательно, с целью улучшения состояния и повышения долговечности рекреационных насаждений лесохозяйственные мероприятия должны предусматривать ограничение и регламентацию антропогенной нагрузки, улучшение физических свойств, водно-воздушного и теплового режимов почвы, сохранение от вытаптывания и восстановление лесной подстилки и травяного покрова, рыхление уплотненной поверхности почвы и внесение минеральных удобрений с обязательной изоляцией сильно ослабленных насаждений от антропогенного воздействия.

КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ И КАЧЕСТВЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ТРАВЯНОМ ПОКРОВЕ НАСАЖДЕНИЙ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ИНТЕНСИВНОСТИ ИХ РЕКРЕАЦИОННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

ХАРАКТЕРИСТИКА ТРАВЯНОГО ПОКРОВА

Флористическая насыщенность растительного покрова Академгородка и его окрестностей относительно высокая. Здесь отмечено 417 видов высших сосудистых растений, принадлежащих 61 семейству и 235 родам (Пеньковская, 1973). По основным жизненным формам они распределяются следующим образом: деревья — 4 вида, кустарники — 19, кустарнички — 4, полукустарники — 1, травянистые многолетники — 294, двулетники — 29, однолетники — 66.

Растительный покров богат полезными видами. Более 200 видов представляют ценность как лекарственные, декоративные, медоносные и технические растения, около 80 видов — кормовые травы.

Устойчивость различных компонентов лесных фитоценозов против рекреационной нагрузки изучена еще недостаточно. Проведенные в последнее время в лесах и лесопарках исследования (Зеликов, Пшоннова, 1961; Состояние насаждений лесопаркового пояса..., 1966; Каламкарлова, 1969; Карпионова, 1967; Смирнов, 1970; Будрюнас, 1971; и др.) показывают, что уплотнение почвы отрицательно влияет на жизнеустойчивость и состояние растительности всех ярусов фитоценозов.

Я. Корнась (1971) отводит антропогенным факторам и, в частности, туризму главную роль в появлении и исчезновении многих видов растений во флоре Польши.

А. В. Смирнов (1969а, б, 1972), проводивший исследования на юге Средней Сибири, отмечает, что отношение различных растений к воздействию антропогенных факторов, в том числе и к уплотнению почвы, в лесных и послелесных производных ценозах неодинаково.

Травяной покров — один из основных компонентов лесного фитоценоза. Он — своеобразный индикатор лесорастительных условий и в определенной степени регулятор микроклиматических и микробиологических процессов в лесу, оказывая влияние на температуру, влажность почвы и припочвенного

слоя воздуха, задержание осадков и опада, испарение влаги из почвы и с ее поверхности, формирование лесной подстилки и накопление питательных веществ в почве и т. д. (Любославский, 1916; Вишпер, 1962; Игнатьева, 1971а, в; и др.). Декоративные качества и санитарно-гигиенические свойства насаждений также в значительной степени определяются видовым составом, обилием и состоянием травяного покрова. Вместе с тем травяной ярус — наименее устойчивый компонент лесной растительности уже на первых этапах использования насаждений для отдыха (Казанская, 1971; Лапина, Казанская 1973; и др.). По его видовому составу и состоянию можно судить о силе антропогенного воздействия на лес.

Выявление количественных и качественных изменений в травяном покрове под влиянием рекреационной нагрузки имеет большое значение для оценки состояния насаждений, установления допустимых величин нагрузок, определения путей восстановления нарушенных фитоценозов.

Исследования проводили в разнотравных сосновых и березовых насаждениях (пробные площади 2б, 2в, 3б, 5в, 6б, 7, 7б, 10 и 20), характеристика которых приведена в табл. 12.

Динамику травяного покрова изучали по методике Л. П. Рысина и Ф. Н. Золотовой (1968). На каждой пробной площади намечали две перпендикулярные линии, на которых через 10 м закладывали учетные площадки размером $0,5 \times 0,5$ м. На них определяли общее проективное покрытие травяного покрова в процентах (менее 5, 5, 10, 20, 30 и т. д.). При вычислении средних значений величину менее 5% условно принимали за 2,5%. Для каждого вида устанавливалось обилие, высота в сантиметрах, проективное покрытие в процентах и количество поврежденных экземпляров. К поврежденным растениям относили те, у которых в разной степени были травмированы вегетативные органы, оторваны цветы или соцветия.

Для определения надземной фитомассы растения по видам срезали секатором у поверхности почвы, высушивали до воздушно-сухого состояния и взвешивали. На каждом участке закладывали от 11 до 22 учетных площадок. Всего заложено 155 площадок.

Исследования проводили в конце июля — начале августа, когда травяной покров достигает своего полного развития.

На экологические группы растения распределены согласно «Флоре СССР», а также с учетом данных, приведенных в работе А. В. Куминовой (1960).

В процессе исследований на пробных площадях обнаружено 72 вида растений, относящихся к 24 семействам, в том числе 65 видов — в сосновых насаждениях и 60 видов — в березовых (табл. 27). Из числа учтенных 53 вида — общие для этих насаждений, что свидетельствует о близости экологических условий в них, так как березовые леса — производные от сос-

Количество семейств и видов в травяном покрове обследованных сосновых и березовых насаждений разнотравного типа

Семейство	Обнаружено видов	В том числе	
		в сосновых насаждениях	в березовых насаждениях
Entodontaceae	1	1	—
Нурпсасеае	1	1	—
Polipodiaceae	1	1	1
Equisetaceae	3	3	3
Graminea	8	8	8
Cyperaceae	2	1	2
Liliaceae	3	3	3
Iridacea	1	1	1
Orchidacea	1	1	—
Rolygonaceae	1	1	1
Ranunculaceae	4	3	4
Rosaceae	4	3	4
Leguminosae	13	13	12
Geraniaceae	1	1	1
Euphorbiaceae	1	1	1
Violacea	2	2	2
Umbelliferae	6	6	4
Pyrolaceae	1	1	—
Vacciniaceae	1	1	—
Boraginaceae	1	1	1
Labiatae	2	1	1
Plantaginaceae	1	1	1
Rubiaceae	1	1	1
Compositae	12	9	9
Итого	72	65	60

новых. Это в определенной степени подтверждается тем, что более половины видов среди обнаруженных в сосновых насаждениях, но отсутствующих в березовых относятся к лесным, в то время как растения, обнаруженные в березовых насаждениях, но отсутствующие в сосновых (кроме осоки бледноватой — *Carex pallescens* L. и черноголовки обыкновенной — *Prunella vulgaris* L.), относятся к лесолуговым и луговым видам.

ДИНАМИКА ТРАВЯНОГО ПОКРОВА ПОД ВЛИЯНИЕМ РЕКРЕАЦИОННОЙ НАГРУЗКИ

Рекреационное использование лесов и связанное с ним уплотнение почвы вызывает значительные изменения в травяном покрове. Отношение различных растений к рекреационной нагрузке неодинаково. Как видно из табл. 28, встречаемость многих лесных и лесолуговых видов — хвоща зимующего (*Equisetum hiemale*), коротконожки перистой (*Brachypodium pinnatum*), вейника тростниковидного (*Calamagrostis arundinaceae*), перловника поникшего (*Melica nutans*), касатика русского (*Iris ruthenica*), купальницы азиатской (*Trollius asiaticus*), костяники (*Rubus saxatilis*), кровохлебки аптечной (*Sanguisorba officinalis*), чины весенней (*Lathyrus vernus*), клевера лугового (*Trifolium lupinaster*), горошка однопарного (*Vicia unijuga*), герани лесной (*Geranium silvaticum*), фиалки горной (*Viola montana*), сныти (*Aegopodium podagraria*), володушки золотистой (*Vupleurum aureum*), медуницы (*Pulmonaria mollissima*), ястребинки зонтичной (*Hieracium umbellatum*), девясила иволистного (*Inula salicina*), золотой розги (*Solidago virgaurea*) и других — наибольшая на участках, где площадь троп не превышает 16%. Большинство из них красиво цветет или имеет рыхлое строение и широкие крупные листья. С увеличением рекреационной нагрузки их встречаемость быстро снижается.

Встречаемость мятлика борového (*Poa nemoralis*) лютика многолистного (*Ranunculus polyanthemus*) и горошка заборного (*Vicia sepium*) в березовом насаждении наиболее высокая на участке с площадью уплотненной поверхности 32% (проба 10). Осока большехвостая (*Carex macroura*) устойчива с увеличением показателя рекреационной нагрузки до 0,6. Лишь при более высокой нагрузке ее встречаемость резко снижается.

Разнообразие луговых видов невелико. Почти на всех пробных площадях отмечен клевер луговой (*Trifolium pratense*) и хвощ луговой (*Equisetum pratense* — в березовом насаждении). С увеличением площади уплотненной поверхности до 15—30% обилие их растет, а затем убывает. На пяти пробных площадях из девяти обнаружен молочай мелкоплодный (*Euphorbia microcarpa*), который присутствует в основном в покрове малонарушенных насаждений и с увеличением рекреационной нагрузки (при $K_p = 0,32$) исчезает.

Только в сосновом насаждении обнаружены душица обыкновенная (*Origanum vulgare*) и пивняк обыкновенный (*Leucanthemum vulgare*). В связи с тем, что их встречаемость на всех участках невелика, сказать что-либо определенное об их отношении к уплотнению почвы трудно.

Тысячелистник обыкновенный (*Achillea millifolium*) найден только на пробе 26 ($K_p = 0,16$), а мятлик луговой

Зависимость встречаемости растений в травяном покрове рекреационных насаждений от показателя рекреационной нагрузки, %

Вид	Сосновые насаждения				Березовые насаждения					Экологическая группа
	на участках с показателем рекреационной нагрузки									
	0,05	0,15	0,30	0,51	0,08	0,16	0,32	0,60	0,80	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>Pleurozium schreberi</i> (Brid.) Mitt.	27	—	—	—	—	—	—	—	—	л
<i>Ptilium crista-castrensis</i> (Hedw.) de Not.	9	—	—	—	—	—	—	—	—	л
<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kunh.	27	—	4	—	5	—	—	—	—	л
<i>Equisetum hiemale</i> L.	46	27	—	20	16	5	—	—	—	л
<i>E. pratense</i> Ehrh.	—	9	—	—	16	38	14	25	—	луг
<i>E. silvaticum</i> L.	64	—	23	20	37	24	—	—	—	л
<i>Brachypodium pinnatum</i> (L.) Beauv.	82	73	45	40	63	67	50	12	—	л
<i>Calamagrostis arundinaceae</i> (L.) Roth.	64	18	14	10	37	19	29	—	—	л
<i>Dactylis glomerata</i> L.	46	55	50	45	90	90	78	25	12	лп
<i>Melica nutans</i> L.	36	18	9	10	21	24	14	12	—	л
<i>Phleum pratense</i> L.	—	—	4	5	—	—	—	—	35	луг
<i>Poa nemoralis</i> L.	—	36	18	20	26	24	50	—	12	л
<i>P. pratensis</i> L.	—	—	4	—	—	—	—	6	24	луг
<i>P. supina</i> Schrad	—	—	9	—	—	—	—	—	12	с
<i>Carex macroura</i> Meinhsh.	100	55	50	40	47	47	50	50	6	л
<i>C. pallescens</i> L.	—	—	—	—	—	19	—	—	—	л
<i>Lilium martagon</i> L.	9	9	—	—	5	5	7	—	—	л

<i>Majanthemum bifolium</i> (L.) F. Schmidt.	27	27	4	5	11	5	7	—	—	Л
<i>Polygonatum officinale</i> All.	9	9	9	5	5	—	—	—	—	ЛЛ
<i>Iris ruthenica</i> Ker.-Gawl.	64	64	36	20	47	43	43	12	18	Л
<i>Cypripedium guttatum</i> Sw.	9	—	—	—	—	—	—	—	—	Л
<i>Polygonum aviculare</i> L.	—	—	—	10	—	—	7	19	47	С
<i>Ranunculus polyanthemus</i> L.	—	9	—	10	11	5	14	—	6	ЛЛ
<i>Thalictrum minus</i> L.	—	27	9	5	5	5	7	12	6	ЛЛ
<i>Th. simplex</i> L.	—	—	—	—	5	—	—	—	—	ЛЛ
<i>Trollius asiaticus</i> L.	27	18	4	5	16	5	14	—	—	ЛЛ
<i>Agrimonia pilosa</i> Ledeb.	—	—	—	—	5	—	—	—	—	ЛЛ
<i>Fragaria vesca</i> L.	46	9	4	—	5	—	21	—	—	ЛЛ
<i>Rubus saxatilis</i> L.	55	46	9	10	53	29	14	12	—	Л
<i>Sanguisorba officinalis</i> L.	9	9	9	5	53	5	7	6	—	ЛЛ
<i>Astragalus glycyphylus</i> L.	—	—	4	—	—	—	—	—	—	Л
<i>Lathyrus gmelinii</i> (Fisch.) Tritsch.	9	9	4	—	5	—	—	—	—	Л
<i>L. pisiformis</i> L.	27	—	—	—	—	24	21	—	—	ЛЛ
<i>L. pratensis</i> L.	27	9	4	5	11	5	—	—	—	ЛЛ
<i>L. vernus</i> (L.) Bernh.	27	18	9	—	53	62	29	19	—	Л
<i>Trifolium lupinaster</i> L.	18	9	4	5	26	29	14	—	6	ЛЛ
<i>T. pratense</i> L.	9	9	—	5	5	5	21	—	5	ЛУГ
<i>T. repens</i> L.	—	9	9	15	—	14	21	6	12	С
<i>Trigonella platycarpus</i> L.	—	27	9	—	47	—	7	—	—	ЛЛ
<i>Vicia cracca</i> L.	9	—	—	—	—	5	—	—	—	ЛЛ
<i>V. sepium</i> L.	—	18	14	5	21	29	36	—	—	ЛЛ

1	2	3
<i>V. silvatica</i> L.	27	9
<i>V. unijuga</i> A. Br	55	27
<i>Geranium silvaticum</i> L.	55	9
<i>Euphorbia microcarpa</i> Prokh.	18	9
<i>Viola hirta</i> L.	36	18
<i>V. montana</i> L.	27	27
<i>Aegopodium podagraria</i> L.	55	64
<i>Angelica silvestris</i> L.	18	4
<i>Bupleurum aureum</i> Fisch.	18	36
<i>Cnidium dubium</i> (Schkuhr.) Thell.	27	—
<i>Heracleum dissectum</i> Ledeb.	9	—
<i>Pleurospermum uralense</i> Hoffm.	9	9
<i>Pyrola chlorantha</i> Swartz.	9	—
<i>Vaccinium vitis-idaea</i> L.	46	—
<i>Pulmonaria mollissima</i> A. Kern.	46	18
<i>Origanum vulgare</i> L.	9	—
<i>Prunella vulgaris</i> L.	—	—
<i>Plantago media</i> L.	—	9
<i>Galium boreale</i> L.	18	27
<i>Achillea millifolium</i> L.	—	—
<i>Achyrophorus maculatus</i> (L.) Scop.	—	—
<i>Cacalia hastata</i> L.	—	9
<i>Cirsium heterophyllum</i> (L.) Hill.	9	—
<i>Crepis sibirica</i> L.	—	9
<i>Hieracium umbellatum</i> L.	46	18
<i>Inula salicina</i> L.	9	9
<i>Leucanthemum vulgare</i> Lam.	—	9
<i>Serratula coronata</i> L.	—	—
<i>Solidago virgaurea</i> L.	27	27
<i>Sonchus arvensis</i> L.	—	—
<i>Taraxacum officinale</i> Wigg.	—	—

Примечание. Л — лесной вид, ЛЛ — лесолуговой, ЛУТ — луг

Окончание табл. 28

4	5	6	7	8	9	10	11
4	—	26	—	14	12	—	л
23	20	47	43	29	19	6	лл
—	—	37	14	14	6	—	л
—	—	16	19	—	12	—	луг
14	—	16	29	21	12	—	лл
14	5	37	24	14	12	—	лл
36	20	90	67	43	25	—	л
—	—	11	9	—	—	—	л
—	—	11	24	21	6	—	лл
—	—	—	—	—	—	—	л
4	—	—	—	—	—	—	л
4	—	—	—	7	6	—	л
—	—	—	—	—	—	—	л
—	—	—	—	—	—	—	л
—	5	37	24	14	12	—	л
—	5	—	—	—	—	—	луг
—	—	11	—	—	—	—	л
14	25	—	5	21	12	41	с
14	5	42	24	7	6	6	лл
—	—	—	9	—	—	—	луг
—	—	5	14	7	—	—	лл
4	—	—	5	—	—	—	л
4	—	—	—	—	—	—	л
4	5	11	—	—	—	—	лл
—	5	37	14	14	6	—	лл
4	5	37	29	21	6	—	лл
4	—	—	—	—	—	—	луг
—	—	—	—	—	—	6	лл
14	10	26	24	14	12	6	лл
—	5	—	—	—	—	—	с
9	—	11	—	7	19	12	с

овой, с — сорный, не характерный лесному фитоценозу вид.

(*Poa pratensis*) и тимофеевка луговая (*Phleum pratense*) на наиболее нарушенных участках (пр. пл. 2в, 7б, 20 и 6б).

Из сорных видов на контрольном участке обнаружен одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale*). Встречаемость его на всех участках колеблется незначительно, хотя и наблюдается тенденция к увеличению по мере усиления нагрузки. На участках с площадью уплотненной почвы 15% и выше учетный клевер ползучий (*Trifolium repens*) и подорожник средний (*Plantago media*). Однако если с увеличением нагрузки встречаемость первого изменяется слабо, то у второго она быстро возрастает и на наиболее нарушенных участках ($K_p = 0,51$ и $0,8$) достигает 25 и 41%. Горец птичий (*Polygonum aviculare*) обнаружен на наиболее нарушенных участках.

С усилением рекреационной нагрузки сокращается общая численность видов в травостое, изменяется их разнообразие и соотношение, ухудшается общее состояние. Так, на контрольной пробной площади 3б обнаружено 47 видов, на пробе 6б, где площадь уплотненной почвы достигает 80%, — только 18 (табл. 29). Одновременно с этим в травяном ярусе значительно уменьшилось число лесных видов: в сосновом насаждении с 27 до 12, в березовом с 20 до 3. Из лесных видов на пробе 6б ($K_p = 0,8$) сохранились только касатик русский, мятлик бороной и осока большехвостая, из лесолуговых — василистник малый, ежа сборная, горошек однопарный, клевер лупиновый,

Таблица 29

Изменение численности видов в травяном покрове рекреационных насаждений в зависимости от показателя рекреационной нагрузки

Номер пробной площади	K_p	Всего	В том числе по экологическим группам			
			лесные	лесолуговые	луговые	сорные
<i>Сосновые насаждения</i>						
7	0,05	47	27/57,5	17/36,1	3/6,4	—
5в	0,15	45	19/42,3	20/44,4	3/8,9	2/4,4
2в	0,30	43	19/44,2	17/39,5	3/7,0	4/9,3
7б	0,51	35	12/34,3	16/45,7	3/8,6	4/11,4
<i>Березовые насаждения</i>						
3б	0,08	47	20/42,6	23/48,9	3/6,4	1/2,1
2б	0,16	43	18/41,8	19/44,2	4/9,3	2/4,7
10	0,32	40	15/37,5	19/47,5	2/5,0	4/10,0
20	0,60	30	11/36,7	12/40,0	3/10,0	4/13,3
6б	0,80	18	3/16,7	7/38,8	3/16,7	5/27,8

Примечание. В знаменателе — % от общего числа.

лютик многоцветковый, подмаренник бореальный (*Galium boreale*) и золотая розга, учетные главным образом у оснований стволов деревьев.

Количество сорных видов в сосновом лесу увеличилось до 4, в березовом — до 5. Наличие лесолуговых видов в сосновом насаждении осталось почти неизменным, в березовом — сократилось с 23 до 7, численность луговых видов колеблется незначительно.

От величины рекреационной нагрузки зависит также и соотношение в покрове видов различных экологических групп. На контрольных участках травостой почти целиком состоит из лесных и лесолуговых видов. От общего числа учтенных они составляют в сосняке разнотравном 57,5 и 36,1%, в березняке разнотравном — 42,6 и 48,9% (см. табл. 29). На долю сорных видов в березовом насаждении приходится 2,1%.

С усилением нагрузки доля лесных видов в покрове уменьшается, а луговых и главным образом сорных, способных быстро отрастать при повреждении пешеходами, переносят повышенную инсоляцию, плотность и сухость почвы, значительно возрастает. В наиболее нарушенных насаждениях (пр. пл. 76 и 66) участие лесных видов составляет 34,3 и 16,7%, сорных — 11,4 и 27,8%. Следует отметить, что и в сосновом, и в березовом лесу с увеличением показателя рекреационной нагрузки до 0,5—0,6, хотя и происходит быстрое сокращение общего числа видов, особенно лесных и лесолуговых, соотношение растений различных экологических групп изменяется мало. Дальнейшее усиление рекреационной нагрузки, особенно в березовом насаждении, сопровождается резким изменением соотношения: доля лесных видов уменьшается, луговых и сорных возрастает.

Обеднение видового состава травяного яруса сопровождается снижением обилия. Среднее количество всех видов на контрольных участках достигает в сосновом лесу 372, в березовом — 166 экз/м² (табл. 30). Лесные и лесолуговые виды составляют 97—98%.

С ростом K_p до 0,5—0,6 общая численность растений быстро снижается, а при K_p более 0,6 возрастает. Обилие лесных и лесолуговых видов при этом неуклонно уменьшается и достигает на наиболее нарушенных участках в сосновом насаждении 72,8, в березовом — 13 экз/м².

Обилие сорных растений по мере увеличения K_p (см. табл. 30) неуклонно возрастает. Их численность на наиболее нарушенных участках (пр. пл. 66) достигает 495,5 экз/м² и составляет 94,3% общего количества экземпляров. Резкое увеличение обилия сорных видов обусловлено способностью последних переносить сильное уплотнение почвы (подорожник средний, горец птичий и др.).

Число поврежденных растений также зависит от величины K_p . Так, расширение площади с уплотненной почвой в сосно-

Таблица 30

Динамика обилия растений различных экологических групп в травяном покрове рекреационных насаждений в зависимости от показателя рекреационной нагрузки

Номер пробной площади	К _р	Среднее количество экземпляров на 1 м ²	В том числе							
			лесных		лесолуговых		луговых		сорных	
			экз.	%	экз.	%	экз.	%	экз.	%

Сосновые насаждения

7	0,05	372,2	303,0	81,5	57,2	15,3	12,0	3,2	—	—
5в	0,15	216,8	161,2	74,5	49,8	22,9	3,3	1,5	2,5	1,1
2в	0,30	85,2	42,5	50,0	28,9	33,8	1,3	1,5	12,5	14,7
7б	0,51	146,2	50,8	34,8	22,0	15,0	1,4	1,0	72,0	49,2

Березовые насаждения

3б	0,08	166,4	102,9	61,8	61,0	36,7	2,1	1,3	0,4	0,2
2б	0,16	177,3	108,7	61,2	51,6	29,2	10,1	5,7	6,9	3,9
10	0,32	168,2	93,7	55,6	47,5	28,3	4,0	2,4	23,0	13,7
20	0,60	73,5	30,0	40,8	12,0	16,3	3,5	4,8	28,0	38,1
6б	0,80	525,2	8,5	1,6	4,5	0,9	16,7	3,2	495,5	94,3

вых и березовых насаждениях соответственно от 5 до 51% и от 8 до 60%, сопровождается увеличением в них травмированных растений с 11,2 до 28,4 и с 15,4 до 30,4% (табл. 31). Снижение этого показателя на участке 6б вызвано резким увеличением обилия сорных видов, главным образом подорожника и горца

Таблица 31

Повреждаемость растений травяного покрова в зависимости от рекреационной нагрузки, %

Номер пробной площади	К _р	Всего	В том числе			
			лесных и лесолуговых	злаковых и осоковых	сорных	красивоцветущих*

Сосновые насаждения

7	0,05	11,2	11,7	4,9	—	20,3
5в	0,15	18,4	18,3	11,6	25,0	28,5
2в	0,30	28,5	30,0	21,9	19,7	60,0
7б	0,51	28,4	33,6	25,1	22,4	68,0

Березовые насаждения

3б	0,08	15,4	15,2	2,1	50,0	25,5
2б	0,16	21,8	22,0	12,3	22,2	37,0
10	0,32	22,3	22,6	13,1	16,4	50,0
20	0,60	30,4	32,8	23,1	20,0	55,9
6б	0,80	14,1	25,6	23,7	13,3	100

* Данные вычислены для 7 видов: горошка однопарного, девясила иволистного, кровохлебки аптечной, лилии саранки, медуницы мягчайшей, купальницы азиатской и чины весенней.

птичьего. Горец птичий, благодаря сильно ветвящимся и прижатым к почве стеблям, слабо повреждается человеком (Никитина, 1965).

Аналогично изменяется процент поврежденных экземпляров среди лесных и лесолуговых видов, а также видов, относящихся к семействам злаковых и осоковых.

Наиболее сильному травмированию подвержены декоративные или с рыхлым строением и крупными листьями растения: золотая розга, касатик русский, медуница мягчайшая, чина весенняя, купальница азиатская, костяника и др. На участках с K_p , равным 0,3—0,6, число поврежденных экземпляров достигает 50—80%. При более высокой нагрузке они исчезают из покрова. Красивоцветущие растения не только вытаптываются, но и в большом количестве срываются на букеты. Последнее — одна из причин резкого снижения их обилия в лесопарках и пригородных лесах (Смирнов, 1969в; Пеньковская, 1971).

С обеднением видового состава снижаются проективное покрытие и надземная фитомасса травяного яруса.

Наблюдения показывают, что частное проективное покрытие абсолютного большинства лесных и лесолуговых видов достигает максимальной величины на контрольных или, если эти виды не обнаружены здесь, на менее нарушенных участках и быстро снижается с увеличением рекреационной нагрузки. Так, из 36 лесных и лесолуговых видов, отмеченных одновременно на двух и более (одна из которых контрольная) пробных площадях в сосновых насаждениях, 25 видов имеют самое высокое покрытие на контрольной пробе 7 (табл. 32). Майник двулистный, касатик русский, чина Гмелина, фиалка горная, спыть обыкновенная и другие (всего 10 видов) имеют наибольшее покрытие на пробных площадях при K_p , равном 0,15, а ежа сборная при $K_p = 0,3$.

В березовых насаждениях из 36 лесных и лесолуговых видов 26 имеют наибольшее покрытие на контрольном участке. У ежи сборной, перловника поникшего, касатика русского и василистника малого этот показатель достигает максимальной величины при $K_p = 0,16$, а у остальных видов (мятлик боровой, лютик многоцветковый, земляника лесная, горошек заборный и медуница мягчайшая) при $K_p = 0,32$.

Таким образом, с усилением до определенного предела рекреационного воздействия ($K_p = 0,15—0,3$) проективное покрытие некоторых малоустойчивых лесных и лесолуговых видов резко сокращается, а более устойчивых — сохраняется на одном уровне или даже несколько увеличивается за счет их разрастания.

Частное покрытие почти всех луговых видов и в сосновых, и березовых насаждениях изменяется незначительно. Данные табл. 32 показывают, что у мятлика лугового оно имеет тенден-

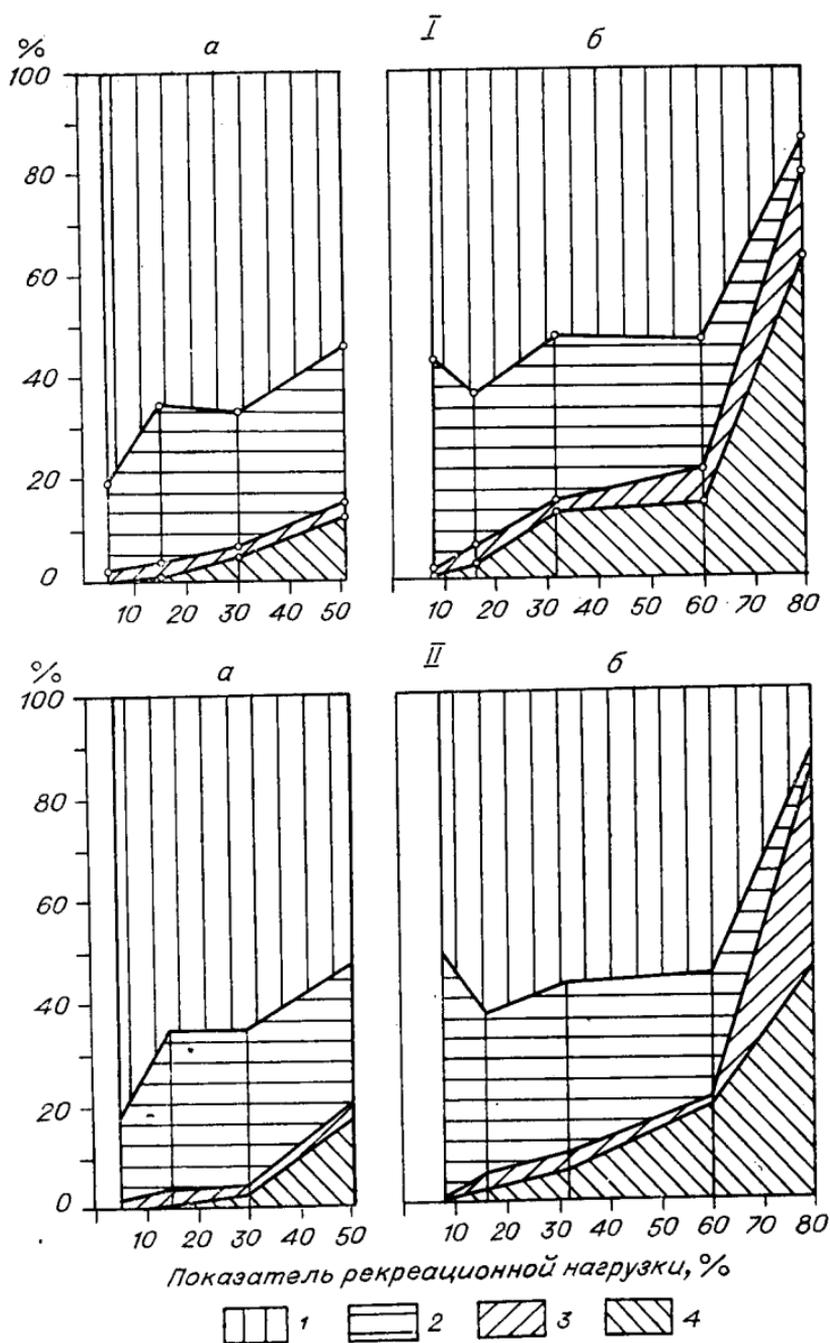


Рис. 23. Зависимость сумм частных проективных покрытий (I) и надземной фитомассы (II) растений различных экологических групп от показателя рекреационной нагрузки в сосновых (а) и березовых (б) насаждениях.

Группы видов: 1 — лесные; 2 — лесостепные; 3 — луговые; 4 — сорные.

Динамика проективного покрытия и надземной фитомассы отдельных
на

Вид	Проективное			
	сосновые насаждения			
	на участках			
	0,05	0,15	0,30	0,51
1	2	3	4	5
<i>Pleurozium schreberi</i> (Brid.) Mitt	3,2	—	—	—
<i>Ptilium crista-castrensis</i> (Hedw.) de Not	0,9	—	—	—
<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kunth.	9,6	—	0,5	—
<i>Equisetum hiemale</i> L.	1,4	0,7	—	0,5
<i>E. pratense</i> Ehph.	—	0,2	—	—
<i>E. silvaticum</i> L.	1,7	—	1,1	0,6
<i>Brachypodium pinnatum</i> (L.) Beauv.	2,6	2,3	2,3	0,6
<i>Calamagrostis arundinaceae</i> (L.) Roth.	3,6	0,5	0,3	0,2
<i>Dactylis glomerata</i> L.	1,3	2,4	3,5	2,4
<i>Melica nutans</i> L.	0,9	0,5	0,2	0,2
<i>Phleum pratense</i> L.	—	—	0,2	0,2
<i>Poa nemoralis</i> L.	—	1,1	1,0	0,8
<i>P. pratensis</i> L.	—	—	0,1	—
<i>P. supina</i> Schrad.	—	—	0,2	—
<i>Carex macroura</i> Meinsh.	16,3	10,9	6,8	4,8
<i>C. pallescens</i> L.	—	—	—	—
<i>Lilium martagon</i> L.	0,2	0,2	—	—
<i>Majanthemum bifolium</i> (L.) F. Schmidt.	0,5	0,7	0,2	0,1
<i>Polygonatum officinale</i> All.	0,5	0,2	0,2	0,2
<i>Iris ruthenica</i> Ker.-Gawl.	3,5	6,6	1,6	1,0
<i>Cypripedium guttatum</i> Sw.	0,2	—	—	—
<i>Polygonum aviculare</i> L.	—	—	—	0,2
<i>Ranunculus polyanthemus</i> L.	—	0,2	—	0,5
<i>Thalictrum minus</i> L.	—	0,2	0,2	0,2
<i>Th. simplex</i> L.	—	—	—	—
<i>Trollius asiaticus</i> L.	1,1	1,4	0,1	0,1
<i>Agrimonia pilosa</i> Ledeb.	—	—	—	—
<i>Fragaria vesca</i> L.	2,4	0,2	0,1	—
<i>Rubus saxatilis</i> L.	5,6	3,0	0,6	0,9
<i>Sanguisorba officinalis</i> L.	0,2	0,2	0,2	0,2
<i>Astragalus glycyphylus</i> L.	—	—	0,1	—

видов в травяном покрове в зависимости от показателя рекреационной грузки

покрытие, %					Надземная фитомасса, г/м ²								
березовые насаждения					сосновые насаждения				березовые насаждения				
с показателем рекреационной нагрузки													
0,08	0,16	0,32	0,60	0,80	0,05	0,15	0,30	0,51	0,08	0,16	0,32	0,60	0,80
6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
—	—	—	—	—	0,6	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	0,2	—	—	—	—	—	—	—	—
0,5	—	—	—	—	5,4	—	0,5	—	0,3	—	—	—	—
0,4	0,1	—	—	—	11,1	1,4	—	0,5	0,3	0,3	—	—	—
0,2	0,6	0,4	0,6	—	—	0,2	—	—	0,5	1,6	0,8	0,1	—
0,9	0,2	—	—	—	1,6	—	0,8	0,3	1,1	1,1	—	—	—
4,3	2,6	2,6	0,8	—	6,6	5,2	3,3	1,0	9,4	5,6	5,1	1,0	—
1,6	0,5	0,8	—	—	18,5	1,8	0,6	0,4	1,9	1,1	0,5	—	—
3,8	4,1	2,5	1,4	0,4	12,0	13,4	10,3	5,7	13,4	6,5	6,3	2,6	1,1
0,5	0,6	0,4	0,3	—	0,4	1,0	0,2	0,1	0,2	0,3	×	×	—
—	—	—	—	1,6	—	—	0,3	0,2	—	—	—	—	6,8
1,2	0,9	2,5	—	1,8	—	1,3	1,5	0,9	0,6	1,5	4,5	—	3,8
—	—	—	0,4	1,2	—	—	×	—	—	—	—	0,1	6,0
—	—	—	—	0,3	—	—	×	—	—	—	—	—	0,2
8,3	6,7	4,6	3,9	0,2	30,6	20,0	12,9	9,5	9,5	9,5	5,6	4,6	×
—	1,3	—	—	—	—	—	—	—	—	2,9	—	—	—
0,1	0,1	0,2	—	—	0,1	×	—	—	0,1	×	0,1	—	—
0,4	0,1	0,2	—	—	0,1	0,1	×	×	0,1	×	×	—	—
0,3	—	—	—	—	0,3	0,2	0,1	×	0,1	—	—	—	—
2,6	4,3	2,0	0,9	0,7	8,1	11,0	0,7	0,7	1,4	5,7	3,7	1,2	0,2
—	—	—	—	—	0,1	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	0,2	0,2	4,7	—	—	—	0,3	—	—	0,1	0,1	7,3
0,3	0,2	0,4	—	0,1	—	0,1	—	0,5	0,3	0,1	0,1	—	×
0,1	0,5	0,2	0,3	0,3	—	0,9	×	×	0,2	0,8	0,4	0,3	0,1
0,5	—	—	—	—	—	—	—	—	1,0	—	—	—	—
0,5	0,1	0,5	—	—	0,4	1,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	—	—
0,1	—	—	—	—	—	—	—	—	0,2	—	—	—	—
0,2	—	1,8	—	—	1,6	×	×	—	0,1	—	1,1	—	—
4,3	2,3	0,9	1,1	—	4,7	6,7	1,8	0,9	3,9	1,9	1,1	0,4	—
2,6	0,1	0,5	0,2	—	0,2	0,2	0,1	0,1	1,3	0,3	0,4	×	—
—	—	—	—	—	—	—	0,1	—	—	—	—	—	—

1	2	3	4	5
<i>Lathyrus gmelinii</i> (Fisch.) Tritsch.	0,2	0,4	0,1	—
<i>L. pisiformis</i> L.	0,7	—	—	—
<i>L. pratensis</i> L.	0,7	0,3	0,1	0,2
<i>L. vernus</i> (L.) Bernh.	1,0	0,4	0,2	—
<i>Trifolium lupinaster</i> L.	0,5	0,3	0,1	0,2
<i>T. pratense</i> L.	0,9	0,9	—	0,3
<i>T. repens</i> L.	—	0,2	0,3	0,8
<i>Trigonella platycarpus</i> L.	—	1,4	0,2	—
<i>Viola cracca</i> L.	0,2	—	—	—
<i>V. septium</i> L.	—	1,1	0,3	0,1
<i>V. silvatica</i> L.	0,7	0,2	0,1	—
<i>V. unijuga</i> A. Br.	1,4	0,7	0,6	0,7
<i>Geranium silvaticum</i> L.	1,7	0,4	—	—
<i>Euphorbia microcarpa</i> Prokh.	0,7	0,2	—	—
<i>Viola hirta</i> L.	0,9	0,4	0,4	—
<i>V. montana</i> L.	0,7	0,9	0,2	0,2
<i>Aegopodium podagraria</i> L.	2,5	4,1	3,5	1,0
<i>Angelica silvestris</i> L.	0,5	0,2	—	—
<i>Bupleurum aureum</i> Fisch.	0,5	0,9	—	—
<i>Cnidium dubium</i> (Schkuhr.) Thell.	0,7	—	—	—
<i>Heracleum dissectum</i> Ledeb.	0,3	—	0,1	—
<i>Pleurospermum uralense</i> Hoffm.	1,8	0,3	0,1	—
<i>Pyrola chlorantha</i> Swartz.	0,2	—	—	—
<i>Vaccinium vitis-idaea</i> L.	2,8	—	—	—
<i>Pulmonaria mollissima</i> A. Kern.	4,2	0,7	—	0,5
<i>Origanum vulgare</i> L.	0,4	—	—	0,1
<i>Prunella vulgaris</i> L.	—	—	—	—
<i>Plantago media</i> L.	—	0,2	0,6	1,5
<i>Galium boreale</i> L.	0,5	0,8	0,5	0,1
<i>Achillea millifolium</i> L.	—	—	—	—
<i>Achyrophorus maculatus</i> (L.) Scop.	—	—	—	—
<i>Cacalia hastata</i> L.	—	0,4	0,1	—
<i>Cirsium heterophyllum</i> (L.) Hill.	0,3	—	0,2	—
<i>Crepis sibirica</i> L.	—	1,4	0,2	0,1
<i>Hieracium umbellatum</i> L.	1,1	0,7	—	0,2
<i>Inula salicina</i> L.	0,2	0,9	0,6	0,5
<i>Leucanthemum vulgare</i> Lam.	—	0,2	0,1	—
<i>Serratula coronata</i> L.	—	—	—	—
<i>Solidago vigrareua</i> L.	0,7	1,4	0,2	0,5
<i>Sonchus arvensis</i> L.	—	—	—	0,1
<i>Taraxacum officinale</i> Wigg.	—	—	0,3	—
Итого	82,7	51,5	28,6	20,8

Примечание. Знаком × обозначена фитомасса менее 0,05 г/м²

6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
0,5	—	—	—	—	0,3	0,8	0,1	—	0,1	—	—	—	—
—	0,6	0,7	—	—	0,6	—	—	—	—	0,5	0,5	—	—
1,9	0,1	—	—	—	0,3	0,1	0,1	0,1	1,0	×	—	—	—
3,8	3,1	0,8	0,9	—	0,1	0,1	0,1	—	4,8	1,4	1,0	0,5	—
1,2	0,5	0,6	—	0,2	0,2	0,3	0,1	0,1	2,1	0,6	0,5	—	×
0,1	0,1	0,5	—	0,4	1,4	2,6	—	0,7	×	0,2	0,7	—	0,1
—	0,8	3,0	1,2	0,4	—	0,1	0,4	2,4	—	1,4	1,5	2,2	1,3
5,4	—	0,2	—	—	—	0,9	×	—	7,8	—	0,2	—	—
—	0,1	—	—	—	0,2	—	—	—	—	×	—	—	—
0,5	0,8	0,9	—	—	—	1,0	0,1	0,1	0,4	0,6	0,1	—	—
0,8	—	0,9	0,3	—	0,2	0,1	×	—	0,4	—	0,5	×	—
1,7	1,1	0,9	0,9	0,1	1,0	1,3	0,7	0,6	5,1	2,4	2,2	1,8	×
1,1	0,4	0,3	0,2	—	0,9	0,3	—	—	0,3	0,2	×	×	—
0,4	0,5	—	0,4	—	0,2	×	—	—	×	0,1	—	×	—
1,1	0,5	0,6	0,3	—	0,1	0,2	0,2	—	0,2	0,5	0,7	0,2	—
2,2	0,4	0,5	0,3	—	0,2	0,6	0,3	0,1	0,2	0,2	0,1	×	—
9,2	4,6	3,6	2,8	—	0,9	3,0	4,6	0,9	9,0	4,7	4,9	3,4	—
0,8	0,4	—	—	—	0,4	0,1	—	—	0,3	0,4	—	—	—
2,5	0,6	0,2	0,4	—	0,6	0,3	—	—	2,2	0,9	0,6	0,1	—
—	—	—	—	—	0,1	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	1,0	—	0,7	—	—	—	—	—	—
—	—	0,2	0,1	—	0,6	0,1	×	—	—	—	0,1	0,1	—
—	—	—	—	—	0,2	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	1,0	—	—	—	—	—	—	—	—
0,3	0,7	1,2	0,5	—	4,3	0,8	—	0,1	0,2	1,3	1,2	0,5	—
—	—	—	—	—	0,6	—	—	0,1	—	—	—	—	—
0,4	—	—	—	—	—	—	—	—	0,2	—	—	—	—
—	0,4	1,7	1,2	6,5	—	0,1	0,4	2,2	—	0,2	1,4	2,6	6,6
1,2	0,6	0,2	0,2	0,2	0,5	0,2	0,1	0,1	0,6	0,4	0,1	0,1	×
—	0,3	—	—	—	—	—	—	—	—	0,3	—	—	—
0,3	0,4	0,2	—	—	—	—	—	—	0,4	0,1	0,1	—	—
—	0,1	—	—	—	—	0,8	0,1	—	—	0,1	—	—	—
—	—	—	—	—	0,4	—	0,2	—	—	—	—	—	—
0,5	—	—	—	—	—	1,1	0,3	0,1	0,1	—	—	—	—
1,0	0,6	0,5	0,2	—	0,9	0,6	—	0,1	0,3	0,5	1,5	×	—
1,5	1,2	1,1	0,2	—	0,1	1,5	0,7	0,1	2,4	2,4	1,6	×	—
—	—	—	—	—	—	0,1	×	—	—	—	—	—	—
—	—	—	0,6	—	—	—	—	—	—	—	—	1,2	—
1,5	1,2	0,4	0,5	0,1	0,2	1,2	0,3	0,2	1,2	1,6	0,1	0,1	0,1
—	—	—	—	—	—	—	—	0,1	—	—	—	—	—
0,4	—	0,2	0,5	0,3	—	—	0,2	—	0,1	—	×	×	×
74,0	45,4	40,1	21,8	19,5	121,3	82,9	43,2	29,6	85,7	60,0	49,2	26,4	33,7

цию к возрастанию, у клевера лугового и душицы обыкновенной — к снижению. У сорных видов (горца птичьего и подорожника среднего) с ростом K_p покрытие неуклонно и быстро возрастает.

Суммарное проективное покрытие всех видов на малонарушенных (контрольных) участках достигает в сосновом лесу 82,7%, в березовом — 74% (см. табл. 32), причем на долю лесных и лесолуговых видов приходится 97—98% (рис. 23, I). С увеличением K_p общая сумма покрытий быстро убывает до 21—19%. Одновременно с этим доля суммарного покрытия лесных и лесолуговых видов снижается, луговых и особенно сорных — значительно возрастает.

Определенный интерес представляет сравнение суммы частных покрытий растений со средним проективным покрытием травяного яруса на том или ином участке. Как видно из табл. 33, с усилением антропогенного воздействия различия между этими величинами уменьшаются и уже на пробных площадях 7б и 20 ($K_p = 0,5$ и $K_p = 0,6$) незначительны. Это свидетельствует о том, что под влиянием рекреационного использования строевые травостоя упрощаются, т. е. исчезает его ярусность. Так как исследования проводились в конце июля и в августе, то к этому времени травяной покров на всех участках был частично вытопан и поврежден отдыхающими, вследствие чего данные табл. 32 и 33, особенно для малонарушенных участков, несколько занижены.

Интенсивное рекреационное использование значительно снижает надземную фитомассу травяного яруса в целом и отдельных видов. У различных растений эти изменения неодинаковы. Из 36 лесных и лесолуговых видов, учтенных одновременно на двух и более пробных площадях в сосновом лесу (см. табл. 32), 23 вида имеют максимальную фитомассу на контроле (пр. пл. 7). Фитомасса ежи сборной, перловника поникшего, касатика русского, купальницы азиатской, костяники,

Таблица 33

Зависимость среднего и суммарного проективных покрытий травяного покрова от коэффициента рекреационной нагрузки

Номер пробной площадки	K_p	Среднее	Суммарное	% от среднего	Номер пробной площадки	K_p	Среднее	Суммарное	% от среднего
<i>Сосновые насаждения</i>					<i>Березовые насаждения</i>				
7	0,05	58,5	82,7	141	36	0,08	54,2	74,0	137
5в	0,15	39,3	51,5	131	26	0,16	34,5	45,4	132
2в	0,30	22,9	28,6	125	10	0,32	32,8	40,1	122
7б	0,51	19,4	20,8	107	20	0,60	20,9	21,8	104
					6б	0,80	18,8	19,5	104

чины Гмелина, клевера лугового, горошка однопарного, фиалок горной и коротковолосистой, девясила иволистного и золотой розги наибольшая на пробной площади 5в ($K_p = 0,15$), а сныти обыкновенной — на пробе 2в ($K_p = 0,3$). У лесных и лесолуговых видов, обнаруженных на других пробных площадях, этот показатель, как правило, более высокий на менее нарушенных участках. Лишь у мятлика борového наибольшая фитомасса зафиксирована на пробной площади 2в ($K_p = 0,3$).

Среди 36 лесных и лесолуговых видов, учтенных на двух и более пробных площадях в березовых насаждениях, 24 вида накапливают наибольшую фитомассу также на менее нарушенных участках (см. табл. 32). Семь видов (перловник поникший, касатик русский, василистник малый, горошек заборный, дудник лесной, медуница мягчайшая, золотая розга) имеют наибольшую фитомассу на пробе 2б ($K_p = 0,16$), мятлик боровой, земляника лесная, горошек лесной, фиалка коротковолосистая и ястребинка зонтичная — на пробе 10 ($K_p = 0,32$).

Как в сосновых, так и в березовых насаждениях фитомасса луговых видов (хвоща лугового и клевера лугового) возрастает с усилением антропогенной нагрузки до некоторого предела ($K_p = 0,15—0,32$), а затем снижается. Мятлик луговой также увеличивает фитомассу с усилением рекреационной нагрузки.

Фитомасса сорных видов (горца птичьего и подорожника среднего), появляющихся в травяном покрове на участках при $K_p = 0,15$, быстро и неуклонно возрастает с усилением нагрузки. Из табл. 32 видно, что и у клевера ползучего этот показатель также растет, хотя и значительно медленнее, чем у двух первых видов.

Общая надземная фитомасса травостоя в малонарушенных сосновом и березовом насаждениях равна 121,3 и 85,7 г/м². Если эти величины принять за 100%, то лесные и лесолуговые виды в сосновом насаждении составляют 82 и 16,1%, в березовом — соответственно 51,4 и 47,8% общей массы (см. рис. 23, II). Доля луговых и сорных видов в общей фитомассе весьма незначительна.

С увеличением площади уплотненной поверхности почвы в сосновом лесу до 51, а в березовом до 80%, надземная фитомасса травяного яруса уменьшилась соответственно до 29,6 и 33,7 г/м², т. е. более чем в 4 и почти в 2,6 раза. Изменилось при этом и соотношение в ней фитомассы растений различных экологических групп. На долю лесных и сорных видов в сосновом насаждении приходится 52,8 и 16,9, в березовом — 12 и 45,8% общей фитомассы. Доля фитомассы лесолуговых и луговых видов в сосновом насаждении почти не изменилась, а в березовом у первых значительно уменьшилась, у вторых — возросла.

Следует отметить, что доля проективного покрытия и надземной фитомассы лесных и лесолуговых видов с увеличением на участке площади уплотненной поверхности почвы до 50—60%

уменьшается сравнительно медленно, а при более высокой антропогенной нагрузке — очень быстро (см. рис. 23). Эти же показатели у сорных видов с усилением антропогенного воздействия неуклонно и весьма заметно возрастают.

СТАДИИ ДЕГРАДАЦИИ ТРАВЯНОГО ПОКРОВА ПОД ВЛИЯНИЕМ РЕКРЕАЦИОННОЙ НАГРУЗКИ

По устойчивости к уплотнению почвы все виды растений можно разделить на 3 группы: малоустойчивые, относительно устойчивые и устойчивые. Группа малоустойчивых видов включает большинство лесных и лесолуговых растений: папоротник-орляк, майник двулистный, купену аптечную, купальницу азиатскую, костянику, чины весеннюю и луговую, клевер луговой, горошек лесной, герань лесную, фиалки, дудник лесной, володушку золотистую, золотую розгу и др. По мере усиления рекреационной нагрузки их встречаемость резко снижается и они выпадают из покрова. На участках с показателем рекреационной нагрузки 0,6 и более эти виды единичны или отсутствуют.

Вместе с тем полученные данные свидетельствуют о том, что в травяном покрове исследуемых насаждений имеются виды, встречаемость, покрытие и фитомасса которых возрастают (все показатели одновременно или только один или два из них) с увеличением K_p до 0,15—0,32 и лишь при более сильной нагрузке они выпадают из покрова. К ним относятся касатик русский, василистник малый, купальница азиатская, земляника лесная, чина Гмелина, горошек заборный и однопарный, фиалки горная и коротковолосистая, сныть обыкновенная, медуница мягчайшая, девясил иволистный и золотая розга, что, очевидно, объясняется возросшей их конкурентной способностью при невысоком K_p .

Ко второй группе относятся лесные злаки и осоки, а также луговые виды. Их встречаемость, покрытие и фитомасса сохраняются довольно высокими на участках с коэффициентом K_p , равным 0,3, и только при более сильном рекреационном воздействии эти виды выпадают из покрова.

Третью группу составляют сорные виды, увеличивающие обилие, покрытие и фитомассу по мере расширения площади почвы с уплотненной поверхностью. В нее входят горец птичий, клевер ползучий, мятлик раскинутый, одуванчик лекарственный, подорожник средний и др. Они отсутствуют в травяном покрове ненарушенных насаждений и появляются в нем в связи с рекреационным воздействием на лес. Эти виды можно считать спутниками человека. Встречаемость, покрытие и фитомасса их, как правило, наибольшие на участках, где показатель рекреационной нагрузки превышает 0,6.

Сравнивая полученные нами данные с результатами других исследователей, можно заметить аналогию и в поведении многих видов в отношении устойчивости к уплотнению почвы. По данным А. В. Смирнова (1969б, 1972), многие лесные виды юга Средней Сибири малоустойчивы и сравнительно быстро деградируют под влиянием выпаса и уплотнения почвы. Более устойчивы луговые виды. Сорные виды, наоборот, с увеличением антропогенной нагрузки разрастаются. Из лесных видов хорошо выдерживает умеренное уплотнение почвы осока большехвостая, которая обильно разрастается на проселочных дорогах и тропах (Смирнов, Ионычева, 1969). А. А. Ницепко (1961) отмечает, что при сильном уплотнении почвы на пастбищах становятся обильными мятлик однолетний и подорожник.

Р. А. Карписопова (1962, 1967), С. А. Никитин (1965) установили, что по мере усиления влияния человека на дубравы лесопарковой зоны Москвы в травяном покрове под пологом насаждений начинают преобладать луговое разнотравье и злаки, в том числе и сорные виды. Подобная смена растительности отмечается в ельниках и сложных борах Подмосковья (Казанская, 1972; Балашова, 1973).

В некоторых травяных типах леса Приобья с опадом травостоя ежегодно в почву поступает на 1 га: 12—31 кг азота, 3—8 — фосфора, 13—31 — калия, 20—27 — кальция, 3—10 кг магния и т. д. (Игнатьева, 1971а, в). Следовательно, уплотнение почвы и уничтожение травяного покрова уменьшает запасы азота, зольных элементов и органических веществ в почве. Поэтому для улучшения роста и повышения долговечности насаждений в зонах интенсивного рекреационного воздействия необходимо предусматривать сохранение травяного покрова и лесной подстилки, внесение минеральных удобрений.

Травяной покров в малонарушенных насаждениях ($K_p = 0,05—0,1$) почти целиком состоит из лесных и лесолуговых видов. Они составляют в сосновом лесу 93,6% общей численности видов, 97,6% суммарного покрытия и 98,1% надземной фитомассы яруса, в березовом соответственно — 90,9, 98,6 и 99,3%. Обилие, встречаемость, покрытие и надземная фитомасса многих видов здесь наибольшие. У некоторых видов эти показатели с усилением антропогенного воздействия до определенного предела продолжают возрастать. Только один вид (в березовом насаждении) — одуванчик лекарственный — входит в группу сорных.

Значит, под влиянием рекреационного использования травяной покров на этих участках не претерпел заметных изменений и не потерял еще черт, характерных покрову ненарушенных лесных фитоценозов, и потому его можно считать малонарушенным. Следовательно, и нагрузка при K_p , не превышающем 0,1, слабая.

С увеличением коэффициента рекреационной нагрузки до 0,15 и более из покрова исчезают в сосновом насаждении зеленые мхи, башмачок пятнистый, чина гороховидная, горошек мышинный, жгун-корень сомнительный, грушанка зеленоватая и брусника, в березовом — орляк обыкновенный, купена аптечная, василистник простой, репейник волосистый, чина Гмелина, черноголовка обыкновенная и скерда сибирская. Вместе с тем в травостое появляются новые, отсутствующие на контрольных участках виды: в сосновом насаждении — мятлик боровой, лютик многоцветковый, пажитик плоскоплодный, какалия копьевидная и скерда сибирская; в березовом — осока бледноватая, горошек мышинный и какалия копьевидная.

У многих учтенных на пробах видов снизились частное покрытие и надземная фитомасса. Эти показатели заметно уменьшились у хвоща зимующего, вейника лесного, костяники, чины весенней и чины луговой, клевера лупинового, горошка однопарного, герани лесной, ястребинки зонтичной и др. Некоторые виды (касатик русский, василистник малый, горошек заборный, фиалка коротковолосистая, медуница мягчайшая, девясил иволистный и др.) несколько увеличили покрытие и фитомассу или оба показателя одновременно. Тем не менее общее и суммарное проективное покрытие и надземная фитомасса травостоя (пробные площади 5в и 2б) уменьшились по сравнению с контрольными более чем в 1,5 раза.

С ростом коэффициента K_p до 0,30—0,32 наблюдается дальнейшее сокращение общей численности видов. В покрове соснового насаждения окончательно исчезли: лилия кудреватая, герань лесная, дудник лесной и володушка золотистая, березового — хвощи зимующий и лесной, чина луговая и дудник лесной. Многие лесные и лесолуговые виды значительно снизили (в 1,5 раза и более) покрытие или фитомассу, у некоторых видов эти показатели остались почти на том же уровне или даже несколько возросли (см. табл. 32). Среднее покрытие и общая фитомасса травостоя уменьшились в сосновом насаждении более чем в 1,8, в березовом — в 1,1—1,2 раза. Увеличилась численность сорных видов, достигнув почти максимальной величины. Почти 1/4 часть растений травмирована.

Общее состояние травяного покрова на участках при $K_p = 0,15—0,32$ свидетельствует о его неустойчивости. Сокращается общая численность видов, фитомасса, встречаемость, частное покрытие, но у некоторых лесных и лесолуговых видов эти показатели даже возрастают. Кроме того, увеличивается почти до максимальной численность сорных видов. Иначе говоря, позиции лесных и лесолуговых видов в покрове ослабевают, а сорных — усиливаются. Травяной покров на этих участках сохраняет еще свою ярусность. Можно полагать, что полное прекращение рекреационной нагрузки может вернуть его к почти исходному состоянию, а дальнейшее ее усиление — к

быстрой деградации. Это дает основание считать, что травяной покров на участках нарушен, а нагрузка при $K_p = 0,1-0,3$ средняя.

Дальнейшее усиление нагрузки приводит к резкому снижению общей численности видов, встречаемости, обилия, покрытия и фитомассы всех лесных видов, среднего покрытия и фитомассы травостоя. Одновременно эти же показатели у сорных видов значительно возрастают. Травяной покров становится практически одноярусным. На участках с показателем рекреационной нагрузки $0,5-0,6$ он сильно изменен, находится в стадии деградации. Поэтому его следует считать деградирующим, а нагрузку — высокой.

В березовых насаждениях, где $K_p = 0,8$ (пр. пл. 6б), сохранилось всего 18 видов, причем 44,5% из них — луговые и сорные. Обилие, покрытие и фитомасса последних здесь во много (более 5) раз выше, чем лесных и лесолуговых видов. Травяной покров, характерный ненарушенным лесным фитоценозам, деградировал. Лесные и лесолуговые виды в нем, главным образом злаки и осоки, сохранились только у оснований деревьев. Следовательно, травяной покров на таких участках леса следует считать деградированным, антропогенную нагрузку — очень высокой.

Из приведенных данных видно, что под влиянием рекреационного использования травяной покров в лесу претерпевает значительные изменения, которые обусловлены не только интенсивностью антропогенного воздействия, но и реакцией на него травяного яруса в целом и отдельных растений, т. е. зависят от биологических особенностей видов. Анализ полученных результатов позволяет выделить пять стадий деградации травяного покрова в рекреационных лесах. Ниже приведена их краткая характеристика.

1. Травяной покров не нарушен. Рекреационная нагрузка отсутствует.

2. Травяной покров мало нарушен. Он состоит в основном из лесных и лесолуговых видов и сохраняет ярусное строение. Сорные виды в нем отсутствуют. Рекреационная нагрузка слабая ($<0,1$).

3. Травяной покров нарушен. Ослабляются позиции лесных и лесолуговых видов и усиливаются позиции сорных растений, не характерных лесным фитоценозам, которые увеличивают численность почти до максимальной величины. Ярусное строение покрова еще сохраняется. Рекреационная нагрузка средняя ($0,1-0,3$).

4. Травяной покров деградирующий. Быстрое сокращение численности, покрытия и фитомассы лесных и лесолуговых видов и увеличение этих показателей у сорных. Травостой становится одноярусным. Рекреационная нагрузка высокая ($0,3-0,6$).

5. Травяной покров, характерный ненарушенным лесным фитоценозам, деградировал. Покрытие и фитомасса сорных видов намного (более 5 раз) выше, чем лесных и лесолуговых. Последние сохраняются только у основания стволов деревьев, причем среди них преобладают (по фитомассе) виды из семейства злаковых. Рекреационная нагрузка очень высокая ($\geq 0,6$).

Таким образом, под влиянием рекреационного использования и связанного с ним уплотнения почвы изменяется видовой состав, снижается проективное покрытие и надземная фитомасса травяного покрова, упрощается его строение. С усилением антропогенного воздействия из травостоя исчезают многие лесные и лесолуговые виды и внедряются в него сорные, не характерные лесным фитоценозам, виды, способные переносить повышенную инсоляцию и сухость почвы, устойчивые против ее уплотнения и травмирования. Из лесных и лесолуговых видов наиболее устойчивы к уплотнению почвы злаки и осоки. Поэтому видовой состав и состояние травяного покрова в рекреационных насаждениях могут в определенной степени характеризовать интенсивность антропогенной нагрузки на лес и устойчивость различных видов растений к уплотнению почвы.

Установлено, что с увеличением уплотненной поверхности почвы на участке до 30—32% травяной покров еще сохраняет ярусность и довольно высокие видовое разнообразие, проективное покрытие и надземную фитомассу. При дальнейшем усилении нагрузки он быстро деградирует. Необходимо считать поэтому такую нагрузку критической, а участки леса с площадью уплотненной почвы более 30% — сильно нарушенными.

Учитывая важную роль травяного покрова как регулятора микроклиматических и микробиологических процессов в лесу, его значение в улучшении декоративных и эстетических свойств рекреационных насаждений, лесохозяйственные мероприятия с целью сохранения и повышения долговечности последних должны строиться с учетом сохранения и восстановления травяного покрова и обогащения его видового состава и улучшения состояния. С этой целью в насаждениях со слабой и средней антропогенной нагрузкой достаточно ограничить или прекратить рекреационное использование, а на сильно нарушенных участках кроме их огораживания необходимо проводить комплекс восстановительных лесоводственных мероприятий.

ОСОБЕННОСТИ ЕСТЕСТВЕННОГО ВОЗОБНОВЛЕНИЯ В РЕКРЕАЦИОННЫХ НАСАЖДЕНИЯХ

ОБ ИЗУЧЕНИИ ЕСТЕСТВЕННОГО ВОЗОБНОВЛЕНИЯ В РЕКРЕАЦИОННЫХ ЛЕСАХ

Процесс естественного возобновления в лесах — важнейший показатель их эволюции, и тесно связан с этапами их формирования. Наличие, обилие, состав и состояние подроста под пологом насаждений характеризуют их устойчивость против влияния разнообразных, в том числе и антропогенных факторов. Как справедливо отмечает В. П. Тимофеев, подрост всегда показывает устойчивость и жизнеспособность древесных пород, образующих лесные насаждения (Тимофеев, 1965). В связи с этим знание хода естественного возобновления в различных типах леса и факторов, влияющих на него, позволит своевременно проводить мероприятия по сохранению и повышению долговечности насаждений.

Ход естественного возобновления, обилие и состояние подроста зависят от многих факторов: почвенно-климатических условий, строения, состава и возраста насаждений, интенсивности их плодоношения, состава и сомкнутости травяного яруса, состояния подстилки, хозяйственного использования лесных участков, способов рубки и т. д. В районах Сибири с развитым лесным хозяйством и лесной промышленностью эти вопросы широко освещены в литературе (Попов, 1940; Крылов, 1954; Санников, 1960; Грибанов, 1960; Кожеватова, 1962; Лацинский, 1962; Хлонов, 1962; Таланцев, 1962; Крылов, Куликов, 1962; Григоращенко, 1964; Дорохин, 1968; и др.). На основании обширного фактического материала для различных лесохозяйственных зон проанализирован ход возобновительного процесса по типам леса и вырубкам, разработаны шкалы оценки естественного возобновления, рекомендованы мероприятия по улучшению естественного восстановления лесов (Крылов, 1961; Таран, 1973; и др.).

В последние годы леса все больше используются для отдыха. Особенно высокую рекреационную нагрузку испытывают пригородные леса. В них заметно нарушается процесс естественного возобновления вследствие сильного уплотнения

верхних слоев почвы, разрушения подстилки, уничтожения пешеходами всходов и повреждения подроста.

Исследований, посвященных влиянию рекреационного использования на ход естественного возобновления в лесах, очень мало. Эти вопросы в той или иной мере затронуты в работах А. Звиедриса и А. Рониса (1957), С. А. Никитина (1965), В. П. Тимофеева (1965), Р. А. Карпионовой (1967), А. Р. Будрюнаса (1971), А. А. Звиедре, Ж. Ю. Суна (1972), С. С. Балашовой (1973) и других, проводивших исследования в европейской части СССР, и Н. Ф. Кожеватовой (1960), изучавшей естественное возобновление припоселковых кедровников Томской области.

Между тем изучение особенностей естественного возобновления в пригородных лесах, определение основных факторов, ослабляющих возобновительный процесс, выявление участков леса, потерявших способность к самовосстановлению, имеет большое практическое значение, так как позволяет наметить комплекс мероприятий, способствующих появлению и сохранению самосева и подроста, повышению устойчивости насаждений. Обилие и состав подроста раскрывают широкие возможности для формирования насаждений с высокими декоративными и санитарно-гигиеническими свойствами. В связи с этим определенный интерес представляют результаты изучения процесса естественного возобновления в рекреационных насаждениях Новосибирского научного центра СО АН СССР. В задачу наших исследований входило выявить влияние рекреационной нагрузки на возобновительный процесс и наметить пути предотвращения ее отрицательного воздействия. В ходе исследований изучены: почвенный запас семян сосны, появление и отпад всходов сосны, динамика состава, структуры и состояния подроста в рекреационных насаждениях.

Исследования проводили в сосновых насаждениях разнотравного и мшисто-ягодникового типов и березовых разнотравных насаждениях, наиболее распространенных на данной территории. Почвенный запас семян сосны и эффективность мероприятий по содействию естественному возобновлению изучали в 80—100-летних сосновых насаждениях (пробные площади 1, 2, 7 и 2в). Для исследований использованы все постоянные пробные площади (см. табл. 12) и 47 временных пробных площадей, заложенных в различных хозяйственных зонах. Всего обследовано 68 участков леса, в том числе 28 в сосновых насаждениях.

ЗАПАС СЕМЯН СОСНЫ В ПОЧВЕ

В основу исследований запаса семян сосны в почве положена методика, применявшаяся Е. И. Савиным (1963) и И. В. Каменецкой (1969), с некоторыми изменениями, с учетом постав-

ленных задач. На каждом участке ежегодно закладывали по 15 учетных площадок размером 1×1 м, размещенных в шахматном порядке и удаленных друг от друга на расстояние 5 м. Каждую площадку делили на 4 равные секции, из которых первую использовали для сбора лесной подстилки и учета семян, вторую — содействия естественному возобновлению путем рыхления почвы на глубину 8—15 см, третью — для содействия естественному возобновлению путем рыхления почвы и посева семян сосны из расчета 100 семян на $0,25 \text{ м}^2$, четвертую — в качестве контроля.

Сбор лесной подстилки и учет семян проводили в конце июня — начале июля. Выбираемые из подстилки семена разделяли на внешне здоровые, поврежденные, пустые и со сгнившим эндоспермом. Количество здоровых семян окончательно определяли путем проращивания в чашках Петри. Урожай семян сосны в годы наблюдений был низким: 1—2 балла по шкале Каппера в 1971—1973 гг. и 3 балла в 1974 г.

Исследования показали, что в лесной подстилке сосновых насаждений, мало используемых для отдыха (пр. пл. 1 и 7), количество семян колебалось в разнотравном типе от 422 до 848, в мшисто-ягодниковом — от 615 до 1131 экз./ м^2 (табл. 34). Следовательно, запас семян в подстилке разнотравного сосняка примерно в 1,5 раза меньше, чем в подстилке мшисто-ягодникового. Это можно объяснить наличием в разнотравном типе хорошо развитого травяного яруса, вследствие чего часть опадающих семян задерживается на нем и не достигает поверхности почвы. Определенное влияние на почвенный запас семян оказывает полнота материнского древостоя и густота подроста.

На участках с большой площадью уплотненной поверхности почвы (пробные площади 2 и 2в) среднегодовой запас семян равен в разнотравном насаждении 330, в мшисто-ягодниковом — 445 экз./ м^2 . Причем в разные годы он колебался на пробной площади 2в от 112 до 449, на пробной площади 2 — от 296 до 593 экз./ м^2 . Таким образом, на участках с высокой рекреационной нагрузкой общее число семян в лесной подстилке почти в 2 раза меньше, чем на контрольных.

Семена, содержащиеся в лесной подстилке (см. табл. 34), имеют очень низкое качество, так как накапливаются в ней в течение ряда лет. Среди них преобладают поврежденные, пустые и со сгнившим эндоспермом, здоровые составляют незначительную часть — в среднем 0,2—0,4% от общего запаса. Аналогичные данные получены И. В. Каменецкой (1969) для бруснично-черничного сосняка Ярославской области.

Как отмечалось ранее, рекреационное использование приводит к разрушению лесной подстилки. Вместе с нею разрушаются и содержащиеся в ней семена. В связи с этим в лесной подстилке насаждений, испытывающих высокую антропоген-

Качественная характеристика семян сосны, выбранных из лесной подстилки 100-летних сосновых насаждений

Год	Номер пробной площади	Всего, экз/м ²	В том числе, %			
			здоровые	со сгнившим эндоспермом	пустые	поврежденные
<i>Разнотравные насаждения</i>						
1971	7	848	0,1	6,7	43,3	49,9
	2в	381	0,3	4,7	28,9	66,1
1972	7	574	0,2	5,9	46,8	47,1
	2в	370	0,3	3,8	30,0	65,9
1973	7	594	0,2	8,2	35,6	56,0
	2в	449	0,2	4,0	20,0	75,8
1974	7	422	0,2	5,0	32,3	62,5
	2в	112	—	2,7	13,4	83,9
В среднем	7	610	0,2	6,6	40,3	52,9
	2в	330	0,2	3,9	24,9	71,0
<i>Мшисто-ягодниковые насаждения</i>						
1973	1	1131	0,2	7,6	48,2	44,0
	2	593	—	4,4	20,6	75,0
1974	1	615	0,8	6,3	45,3	47,6
	2	296	1,0	2,4	21,3	75,3
В среднем	1	873	0,4	7,2	47,3	45,2
	2	445	0,3	3,7	20,9	75,1

ную нагрузку (пробные площади 2 и 2в), поврежденных семян в 1,5—2 раза больше, чем на контрольных участках.

Следует отметить, что в годы с низкой урожайностью запас семян в почве не гарантирует надежного возобновления сосны даже на участках со слабой рекреационной нагрузкой. Лишь в урожайные годы можно надеяться на успешный ход возобновительного процесса. На участках, испытывающих интенсивное антропогенное давление, запас семян в лесной подстилке не может обеспечить надежного возобновления и в годы с обильным урожаем.

ПОЯВЛЕНИЕ И ОТПАД ВСХОДОВ СОСНЫ

Рекреационное использование оказывает значительное влияние на появление и состояние самосева древесных растений.

Массово появляются всходы на всех участках в июне. Наибольшая их численность наблюдается в конце июня или начале июля. Причем на участках с большой площадью уплот-

Динамика численности всходов в течение вегетационного периода, экз/м²

Год	Номер пробной площади	20—22 июня	28—30 июня	6—9 июля	13—14 июля	28—31 июля	15—20 августа	18—20 сентября	Количество всходов, сохранившихся к концу 2-го вегетационного периода, экз/м ²
-----	-----------------------	------------	------------	----------	------------	------------	---------------	----------------	---

Разнотравные насаждения

1971	7	0,6	2,7	3,7	1,7	0,9	0,8	0,3	—
	2в	0,9	1,9	2,4	2,1	1,7	0,6	—	—
1972	7	1,2	6,1	4,5	0,8	0,3	—	—	—
	2в	0,5	1,6	2,4	1,9	1,1	—	—	—
1973	7	1,9	2,1	1,9	1,1	0,9	0,8	—	—
	2в	0,3	0,3	0,5	0,3	—	—	—	—
1974	7	4,0	9,1	8,0	5,3	2,7	2,1	1,1	0,3
	2в	0,3	2,7	1,3	0,5	—	—	—	—

Мшисто-ягодниковые насаждения

1973	1	0,5	1,1	1,3	1,1	1,1	1,1	0,5	—
	2	0,3	0,8	1,1	0,3	0,3	0,3	—	—
1974	1	19,5	50,2	48,8	34,4	18,1	17,6	7,5	4,5
	2	4,5	21,6	18,9	10,9	3,7	3,2	1,1	—

ненной поверхности (пробные площади 2 и 2в) количество всходов значительно (в 2—6 раз) меньше, чем на контрольных участках. Начиная со второй декады июля, число всходов постепенно уменьшается. На сильно нарушенных участках они к концу лета почти полностью погибают (табл. 35). Сохранность их на контрольных, менее посещаемых населением участках значительно выше.

Большой отпад всходов на контрольных участках обусловлен, очевидно, общим и периодическим подсыханием лесной подстилки и поверхности почвы в связи с неравномерным выпадением осадков в течение вегетационного периода, а также отсутствием контакта молодых корешков с почвой (зависание отдельных проростков в подстилке), недостаточным освещением поверхности почвы и другими причинами. На участках с высокой антропогенной нагрузкой большое влияние на рост и состояние всходов оказывает уплотнение почвы, сильное иссушение лесной подстилки и почвы.

Приведем данные по динамике влажности лесной подстилки и проективного покрытия травяного яруса. Из рис. 24 видно, что в течение вегетационного периода на участках с большой площадью уплотненной почвы лесная подстилка менее влажная, чем на контроле. Причем различия, как правило, возра-

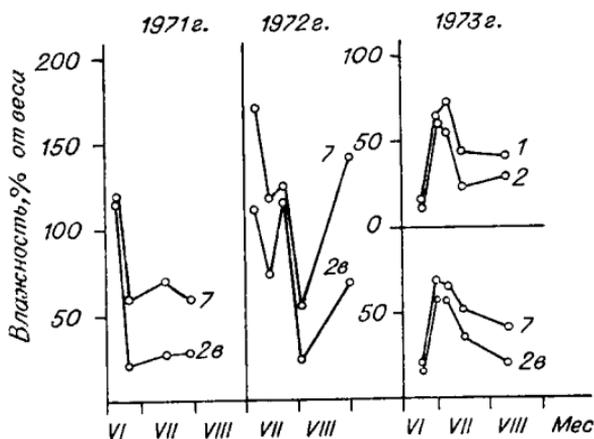


Рис. 24. Динамика влажности лесной подстилки в течение вегетационного периода. 1, 2, 2в, 7 — номера пробных площадей (объяснение в тексте).

стают к концу лета. Заметное влияние на влажность подстилки оказывают также погодные условия.

Среднее проективное покрытие травостоя в сосновом насаждении разнотравного типа в течение вегетационного периода на контрольном участке примерно в 2—3 раза выше, чем на сильно нарушенном (рис. 25), достигая максимальной величины (45—50%) к середине июля. На участке с высокой антропогенной нагрузкой покрытие увеличивается в течение всего вегетационного периода, составляя в среднем 15—25%.



Рис. 25. Динамика проективного покрытия травяного яруса в течение вегетационного периода в сосняке разнотравном на пробных площадях 7(а) и 2в (б). 1 — 1971 г.; 2 — 1972 г.; 3 — 1973 г.; 4 — 1974 г.

В покрове мшисто-ягодникового соснового леса проективное покрытие на пробной площади 1 не превышало 3,5—7,5%, в то время как на пробе 2 было в 4—5 раз больше. Сильное увеличение покрытия обусловлено тем, что под влиянием уплотнения почвы растения, характерные травяно-кустарничковому ярусу этого типа леса — брусника, черника, кошачья лапка, зеленые мхи и другие, — уступили место устойчивым к уплотнению почвы представителям разнотравья и главным образом видам из семейства злаковых и осоковых (мят-

лик луговой и боровой, осока большехвостая), а также сорным видам, не характерным для лесных фитоценозов: подорожнику, клеверу ползучему, мятлику приземистому и др. Значит, под влиянием рекреационного использования коренные типы леса могут быстро деградировать и переходить в производные. Несомненно, динамика типов леса в рекреационных насаждениях — сложный вопрос, требующий целенаправленных исследований.

На контрольных участках число всходов, сохранившихся к концу вегетационного периода, составляет от общего числа всходов, появившихся в июне — июле, 10—20%. В 1975 г. на этих участках сохранилось 0,3—4,5 двулетних сеянцев на 1 м² (см. табл. 35). Хотя их количество невелико, оно свидетельствует о том, что в насаждениях со слабой антропогенной нагрузкой процессы естественного возобновления могут протекать успешно при обильном урожае семян.

Появление и отпад всходов в течение вегетационного периода зависят от типа леса, плодоношения древесных пород и интенсивности рекреационной нагрузки на лесные участки. Установлено, что в годы с низкой урожайностью (балл 1—2) запас семян в почве не гарантирует надежного возобновления сосны под пологом насаждений даже на участках, слабо используемых в рекреационных целях. В годы со средним (балл 3) и более высоким урожаем запас семян в подстилке может обеспечить надежный возобновительный процесс. Причем более благоприятные условия имеются в сосняке мшисто-ягодниковом. В насаждениях, интенсивно используемых для отдыха, естественное возобновление практически отсутствует даже в годы со средним урожаем семян.

ВЛИЯНИЕ РЕКРЕАЦИОННОЙ НАГРУЗКИ НА СОСТАВ, СТРУКТУРУ И СОСТОЯНИЕ ПОДРОСТА

Изучение состояния естественного возобновления под пологом рекреационных насаждений проводилось по методике, используемой в лесоустроительной практике, с учетом указаний А. И. Бузыкина и А. В. Побединского (1963). Площадки размером от 1 до 20 м² или ленты шириной 1 м размещались на линиях, проходящих через середину участков. Расстояние между площадками 10—20 м. Количество и размеры их зависели от густоты и характера размещения подроста. В сосновых лесах мшисто-ягодникового типа, прилегающих к селитебной зоне Академгородка, площадки закладывали рядами, направленными вдоль границы застройки (ул. Строителей). Всего заложено четыре ряда длиной 300—350 м с удалением от границы застройки на 30—50, 150—200, 450—500 и 800—850 м (в ряду

Характеристика естественного возобновления в сосновых мшисто-ягодности

Состав и возраст насаждения, лет	Расстояние от зоны застройки, м	Площадь уплотненной поверхности, %	Состав подроста	Средний возраст, лет	Средняя высота, м
6С(90)4С(40)+Б	30—50	65	7С2Ос1Б	14	1,3
6С(90)4С(40)	150—200	30	10С+Б, Ос	7	0,7
10С(90+40)	450—500	20	8С2Ос	6	0,7
10С(100)	800—850	12	9С1Ос+Б	5	0,4

от 40 до 80 учетных площадок). За годы исследований возобновление учтено на площади 11 140 м². Оценка возобновления дана по шкале, предложенной Г. В. Крыловым (1961).

Исследования показали (Спиридонов, 1973б, 1974), что в мшисто-ягодниковом сосновом насаждении, удаленном от зоны застройки на 800 м и более, где тропы и площадки с уплотненной поверхностью почвы занимают от 5 до 15% (в среднем 12%) площади, возобновительный процесс протекает довольно успешно (табл. 36). Здесь в подросте насчитывается более 28 тыс. растений на 1 га. Причем поврежденные экземпляры среди них составляют всего 11%.

На участках, непосредственно примыкающих к жилой зоне городка, интенсивно посещаемых отдыхающими, подрост редкий (3,2 тыс. экз/га), большое количество экземпляров в нем (69%) повреждено. Подрост состоит главным образом из растений, появившихся еще до строительства городка. Отсутствие в нем самосева и небольшое число экземпляров 3—10-летнего возраста высотой до 0,4 м указывает на то, что в последние годы молодые растения травмируются и почти полностью уничтожаются человеком. Кроме того, высокая посещаемость и сильное уплотнение почвы на таких участках ограничивают появление и ускоряют отпад самосева.

Аналогичные изменения отмечены в смешанных по составу сосновых насаждениях разнотравного типа (табл. 37). Однако в них по мере усиления антропогенной нагрузки происходит смена состава подроста: количество экземпляров главной породы — сосны — уменьшается, осины и березы — увеличивается. Обладая высокой способностью к вегетативному размножению, последние дают многочисленную поросль. Порослевое и корнеотпрысковое возобновление этих пород является более устойчивым против антропогенного воздействия в сравнении с возобновлением сосны. Высокая рекреационная на-

никовых насаждениях в зависимости от площади уплотненной поверхности

Всего, тыс. экз/га	В том числе по группам высот, %			Повреждено экземпляров, %	Оценка возобнов- ления (по Кры- лову, 1961)
	до 0,5 м	0,6—1,5 м	более 1,5 м		
3,2	31,3	34,7	34,0	69,0	Слабое
18,8	49,9	37,8	12,3	25,8	Хорошее
28,9	68,1	20,3	11,6	14,2	Отличное
28,5	75,4	20,8	3,8	11,3	»

грузка приводит к травмированию и вытаптыванию поросли, постепенно подавляет способность березы и осины размножаться вегетативно. Поэтому на участках с большой площадью уплотненной почвы, хотя они и преобладают в составе подроста (более 50% от общего количества), обилие его невелико.

В березняке разнотравном подрост немногочислен и на 70—90% состоит из осины. Данные табл. 37 свидетельствуют о том, что изменения его средних таксационных показателей, за исключением общего количества и процента поврежденных экземпляров, почти не наблюдается.

Необходимо отметить, что в разнотравных типах леса кроме антропогенного фактора большую конкуренцию всходам и молодым деревцам оказывает также и травяной ярус.

Из табл. 36 и 37 видно, что процент поврежденных экземпляров в подросте увеличивается почти пропорционально площади уплотненной поверхности почвы. Результаты статистической обработки (Леонтьев, 1961) показали, что между этими величинами наблюдается положительная прямолинейная зависимость: коэффициент корреляции для сосновых насаждений мшисто-ягодникового и разнотравного типов равен $0,90 \pm 0,06$ и $0,87 \pm 0,06$, для березовых — $0,86 \pm 0,04$, корреляционное отношение η соответственно — $0,92 \pm 0,05$, $0,89 \pm 0,04$ и $0,88 \pm 0,03$. Это говорит о том, что в условиях лесопарков и пригородных лесов, при свободном режиме пользования независимо от состава подроста вероятность его травмирования в лесах [различных типов практически одинакова.

Таким образом, в лесопарковой и селитебной зонах Новосибирского научного центра процессы естественного возобновления под пологом насаждений нарушены и зависят, прежде всего, от интенсивности антропогенного воздействия. Использование леса в рекреационных целях приводит к значи-

Таблица 37

Зависимость средних таксационных показателей подроста под пологом рекреационных насаждений разнотравного типа от площади уплотненной поверхности почвы

Состав и средний возраст насаждений, лет	Площадь уплотненной поверхности почвы, %	Состав подроста	Средний возраст, лет	Средняя высота, м	Всего, тыс. экз/га	В том числе по группам высот, %			Поврежденность, %	Оценка возобновления (по Крылову, 1961)
						до 0,5 м	0,6—1,5 м	более 1,5 м		
<i>Сосновые насаждения</i>										
8С(100)2Б(40)ед. Ос	Более 50	3С6Ос1Б	9	1,0	2,8	9,3	72,5	18,2	88,0	Неудовлетворительное
7С(100)3Б(40)ед.Ос	31—50	5С3Ос2Б	9	0,7	5,8	15,9	77,5	6,6	54,3	Слабое
7С(100)3Б(40)ед.Ос	11—30	7С2Ос1Б	8	0,8	10,3	12,8	66,7	20,5	29,0	Хорошее
8С(100)2Б(40)ед. Ос	Менее 10	9С1Ос+Б	7	0,7	20,9	28,6	48,6	22,8	14,5	Отличное
<i>Березовые насаждения</i>										
7Б(40)1Ос(20)2С(50)	Более 50	9Ос1Б	7	0,9	2,0	20,9	64,3	14,8	78,0	Неудовлетворительное
7Б(40)2Ос(20)1С(50)	31—50	7Ос3Б+С	7	1,3	2,4	12,4	60,9	26,7	53,2	»
8Б(40)1Ос(20)1С(50)	11—30	8Ос2Б+С	6	1,0	4,1	21,6	54,0	24,5	44,0	»
9Б(40)1С(50)+Ос	Менее 10	7Ос1Б2С	8	1,1	3,8	31,6	38,9	29,5	19,8	Слабое

тельному сокращению почвенного запаса и разрушению семян, препятствует появлению и ускоряет отпад самосева древесных растений, вызывает травмирование, снижение обилия и ухудшение состояния подроста. Установлено, что на участках с площадью уплотненной поверхности почвы более 30% повреждено, как правило, свыше половины подроста, возобновление слабое, чаще неудовлетворительное. В мшисто-ягодниковых сосновых насаждениях снижение обилия и ухудшение состояния подроста происходит без смены состава, в разнотравных — со сменой пород: доля участия сосны уменьшается, березы и главным образом осины увеличивается.

ОТНОШЕНИЕ ОСНОВНЫХ ЛЕСООБРАЗУЮЩИХ ПОРОД К УПЛОТНЕНИЮ ПОЧВЫ

ВЛИЯНИЕ УПЛОТНЕНИЯ ПОЧВЫ НА СОСТОЯНИЕ ДЕРЕВЬЕВ

Уплотнение почвы в лесу оказывает отрицательное влияние не только на травяной покров, самосев и подрост, но и на древесный ярус. Исследованиями в лесопарковом поясе г. Москвы установлено, что искусственное уплотнение верхнего слоя почвы существенно отражается на росте и общем состоянии деревьев сосны обыкновенной, березы бородавчатой, липы мелколистной, дуба и тополя (Зеликов, Пшоннова, 1961). Однако Подмосковье существенно отличается по лесорастительным условиям от лесостепного Приобья, поэтому полученные там данные не могут быть использованы в лесостепи Западной Сибири даже в качестве придержек. Изучение же этого вопроса в конкретных почвенно-климатических условиях имеет определенное практическое значение, так как знание критических величин плотности (объемного веса) почвы, при которых происходит угнетение роста или усыхание деревьев, позволит своевременно и правильно намечать мероприятия, направленные на предотвращение отрицательного влияния уплотнения почвы на рост и состояние рекреационных насаждений.

Величины объемного веса верхнего 10-сантиметрового слоя почвы, при которых начинается ослабление роста или усыхание деревьев, определяли для сосны (возраст 45—50 и 100—110 лет), березы (25—45 лет) и осины (25—30 лет). Наблюдения проводили на деревьях трех категорий: хорошего и удовлетворительного роста, ослабленного роста и суховершинных. К началу исследований они не были угнетены кронами соседних деревьев и не имели видимых механических повреждений.

Образцы почвы брали по границе проекции кроны обследуемого дерева, в четырех точках, ориентированных по странам света. Тонкостенные металлические цилиндры ($V=500 \text{ см}^3$, $h=10 \text{ см}$) с образцами почвы взвешивали с точностью до 0,5 г непосредственно в лесу. Объемный вес почвы в воздушно-сухом состоянии определяли с учетом поправки на ее влажность. Полученные данные обработаны с применением методов вариационной статистики (Плохинский, 1961).

Исследования показали, что различные древесные породы реагируют на уплотнение почвы неодинаково (Спиридопов, 1973а). Так, осина, которая имеет поверхностную корневую систему, ослабляет рост при среднем объемном весе верхнего 10-сантиметрового слоя дерново-подзолистой супесчаной почвы $1,07 \text{ г/см}^3$ (табл. 38). Под ослабленными деревьями березы и сосны 40—50- и 100—110-летнего возраста средние величины объемного веса почвы равны соответственно 1,17, 1,11 и $1,19 \text{ г/см}^3$. Суховершинность березы и осины наблюдается при средней плотности почвы 1,22 и $1,15 \text{ г/см}^3$.

Определение средней величины объемного веса почвы, при котором происходит угнетение роста или усыхание деревьев, сопряжено с трудностями, так как эти работы длительны, требуют соответствующего лабораторного оборудования, и поэтому неудобны в производственных условиях. Для характеристики общего состояния насаждений на участке (выделе) можно пользоваться не только величиной плотности почвы, но и показателем рекреационной нагрузки, выраженным отношением площади уплотненной поверхности к общей площади лесного участка (в %). Этот показатель можно установить довольно легко и быстро с помощью рулетки, а при некотором навыке — визуально с точностью до 5—10%.

Результаты статистической обработки (Леонтьев, 1961) показывают, что на исследуемых участках между показателем рекреационной нагрузки и средним объемным весом верхнего 10-сантиметрового слоя почвы имеется тесная и прямая зависимость (рис. 26). Коэффициент корреляции между этими величинами $0,85 \pm 0,06$, корреляционное отношение $0,90 \pm 0,04$.

Пользуясь вышеприведенными данными (см. табл. 38, рис. 26), можно полагать, что ослабление насаждений под влиянием рекреационной нагрузки наступает в чистых сосновых и березовых лесах при показателе 60—75%, в осиновых — 30—40%. В смешанных сосново-березовых с примесью осины насаждениях лесопарковой и селитебной зон Академгородка под влиянием сложных внутренних процессов формирования древостоев и их естественной дифференциации, при наложении фактора уплотнения почвы преобладание деревьев ослаб-

Т а б л и ц а 38

Объемный вес верхнего 10-сантиметрового слоя дерново-подзолистой супесчаной почвы под деревьями различного состояния, г/см^3

Порода, возраст (лет)	Хорошего и удовлетворительно-го роста	Ослабленного роста	Усыхание
Сосна, 40—50	$0,99 \pm 0,01$	$1,11 \pm 0,02$	Не опр.
Сосна, 100—110	$0,94 \pm 0,01$	$1,19 \pm 0,06$	»
Береза, 30—45	$1,03 \pm 0,01$	$1,17 \pm 0,01$	$1,22 \pm 0,04$
Осина, 25—30	$1,00 \pm 0,02$	$1,07 \pm 0,02$	$1,15 \pm 0,02$

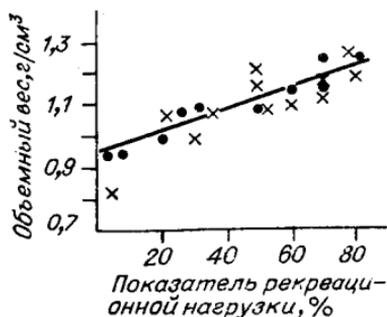


Рис. 26. Изменение среднего объемного веса верхнего 10-сантиметрового слоя дерново-подзолистой супесчаной почвы с увеличением площади уплотненной поверхности в сосновых (X) и березовых (·) насаждениях.

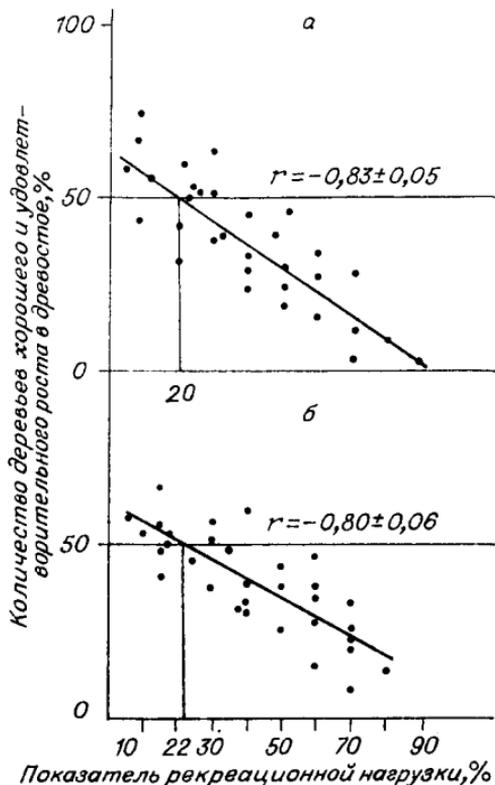


Рис. 27. Зависимость состояния сосновых (а) и березовых (б) насаждений от показателя рекреационной нагрузки.

ленного роста наступает значительно раньше (рис. 27). Если общее количество деревьев на участке принять за 100%, то 50% деревьев хорошего и удовлетворительного роста в сосновых насаждениях будет при показателе рекреационной нагрузки 20%, а в березовых — 22%. Видимо, величина уплотненной поверхности, равная 20—30% площади участка, — критическая для естественных древостоев, произрастающих на дерново-подзолистой супесчаной почве.

На участках с сильно уплотненной почвой вследствие ухудшения ее физических свойств и водного режима нарушается ритм развития растений, деревья сбрасывают листву на 10—15 дней раньше, чем в насаждениях, не испытывающих влияния антропогенных факторов. Особенно хорошо это заметно в годы с недостаточным увлажнением в течение вегетационного периода, преимущественно во второй его половине. Так, в 1973 г., когда в период с третьей декады июля до второй половины сентября выпало не более 20 мм осадков, а дневная температура воздуха колебалась от 25 до 35°, уже в середине августа, т. е. на 25—30 дней раньше, началось пожелтение и опадение листьев у березы на участках с сильно уплотненной почвой. Запасы влаги в верхнем полуметровом слое почвы на этих участках не превышали 15—20 мм.

Таким образом, отношение древесных пород к уплотнению почвы различно. Более устойчива к уплотнению в лесопарках Академгородка береза, менее устойчива осина. Рост первой ослаблен при средней плотности верхнего 10-сантиметрового слоя дерново-подзолистой супесчаной почвы 1,17, второй — 1,07 г/см³. Усыхание березы наблюдается при объемном весе почвы 1,22, осины — 1,15 г/см³, сосна по устойчивости к уплотнению почвы занимает промежуточное положение.

Между показателем рекреационной нагрузки на участок и средним объемным весом верхнего 10-сантиметрового слоя почвы установлена тесная прямая зависимость. При характеристике общего состояния рекреационных насаждений следует учитывать показатель рекреационной нагрузки, устанавливать его критическую величину. Для средневозрастных сосново-березовых с примесью осины насаждений Академгородка критическая величина этого показателя 0,22, т. е. отношение уплотненной поверхности к общей площади участка составляет 22%. Поэтому при проектировании и строительстве парков и лесопарков на основе существующих естественных насаждений различные сооружения, дорожки, спортивные площадки, беседки целесообразно размещать по возможности равномерно и с таким расчетом, чтобы они занимали не более 10—15% площади.

РОСТ АКТИВНОЙ ЧАСТИ КОРНЕВОЙ СИСТЕМЫ ДЕРЕВЬЕВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УПЛОТНЕНИЯ ПОЧВЫ

Ухудшение роста и общего состояния деревьев в связи с изменением физических свойств и водно-воздушного режима почвы свидетельствует о нарушении процессов снабжения деревьев элементами питания и водой. Последнее в значительной степени определяется мощностью и развитием корневой системы, глубиной ее проникновения, реакцией на неблагоприятные воздействия и т. д.

Корневая система древесных растений состоит из двух различных по анатомическому строению и функции частей — проводящей и всасывающей. Особо важное значение имеет всасывающая (активная) часть корневой системы, так как именно от ее строения и мощности зависит интенсивность поглощения воды и минеральных веществ, необходимых для роста и развития дерева. Чем больше молодых сосущих корней, тем лучше питание дерева, его рост и состояние.

Рост физиологически активных всасывающих корней сосны и березы в зависимости от уплотнения поверхности почвы изучали в 1970—1972 гг. Для этого было подобрано три участка: в 21-летних культурах сосны (пр. пл. 1д) и в естественных



Рис. 28. Отбор «вольного» монолита.

разработанный В. А. Колесниковым (1962) и модифицированный А. Я. Орловым (1967а). Монолиты отбирали металлической трубой, послойно через 10 см до глубины 40 см, в 5 точках, расположенных на одной линии. Расстояние между точками 5 м. Трубу диаметром 8 см, с заостренным нижним краем забивали в почву деревянным молотом (рис. 28). Глубина 40 см выбрана из тех соображений, что в верхнем 40—50-сантиметровом слое почвы сосредоточено до 80—95% корней древесных растений, в том числе и физиологически активных (Качинский, 1925; Шимапюк 1950; Зудин, 1961; Рахтеенко, 1963; А. А. Соколов, 1967; Николаева, 1970; и др.).

Отобранные монолиты почвы с корнями помещали в полиэтиленовые или тканевые мешочки и переносили в лабораторию. Затем корни осторожно отмывали водой от почвы в ванночках и фиксировали в 75%-ном спирте.

Одновременно с отбором образцов в лесу измеряли температуру и влажность почвы (в 2—3 повторностях) послойно, через 10 см, до глубины 50 см.

Измерение корней проводили по методике, описанной Б. В. Колесниковым (1957) и А. В. Ву (1964), с помощью микроскопа МБС-1 с вложенной в окуляр миллиметровой сеткой. Для этого из каждого зафиксированного образца отбирали корневую мочку, имеющую не менее 100 корешков, примерно со средним количеством активных окончаний. При измерении ее помещали в чашку Петри с водой (для предохранения от высыхания или скручивания), под которую подкладывали лист белой бумаги. В каждом образце подсчитывали длину не менее 100 корешков. Всасывающие корневые окончания, более светлые и утолщенные (Иванов, 1953; Рахтеенко, 1963), учитывали отдельно. Точность измерения — 0,1 мм.

посаждениях с преобладанием 35—45-летней березы (пр. пл. 1а, 10). Таксационная характеристика посадений приведена в табл. 12. На участках намечались площадки: опытные — с сильно уплотненной поверхностью почвы (тропы или стихийно возникшие спортивные площадки) и контрольные — без заметного нарушения естественного сложения поверхности почвы, с хорошо развитым травяным покровом. Изменение объемного веса почвы в слое 0—40 см показано в табл. 22.

При исследовании использовали метод «вольного» монолита

За время исследований взято 1480 монолитов и измерено более 120 тыс. корней, сделано 750 измерений температур и 900 — влажности почвы.

В процессе обработки полученных данных определены количество и длина активных корней (в % от всех измеренных) в 40-сантиметровом и каждом 10-сантиметровом слоях почвы в различные сроки вегетационного периода, установлены средняя длина активной части корня для сосны и березы, интенсивность роста корней в зависимости от уплотнения почвы.

Исследования показали, что уплотнение почвы отрицательно влияет на образование и рост корней деревьев. Установлено, что в течение вегетационных периодов 1971—1972 гг. среднее количество (в % от общего числа измеренных) активных корневых окончаний сосны и березы в 40-сантиметровом слое почвы на участках с уплотненной поверхностью меньше, чем в почве естественного сложения, в 1,1—1,3 раза (табл. 39).

Различия в длине активных корневых окончаний еще больше. На участках с неуплотненной почвой длина всасывающих корней (в % от длины всех измеренных) в годы наблюдений была больше, чем под тропами или спортивными площадками, в культурах сосны — в 1,3—1,5 раза, в березовых посадках — в 1,4—1,5 раза (см. табл. 39). По сравнению с 1971 г. различия в количестве и длине активных корней между контрольными участками и участками с уплотненной поверхностью почвы в 1972 г. несколько сократились. Это обусловлено, вероятно, тем, что в 1972 г. выпало больше осадков (506 мм против 440) и распределились они по месяцам в течение вегетационного периода более равномерно. Таким образом, уплотнение почвы сильнее подавляет рост активных корней в длину, чем их образование.

Укорачивание активных корневых окончаний под действием уплотнения почвы отмечали и другие исследователи.

Т а б л и ц а 39

Влияние уплотнения на рост физиологически активных корней сосны и березы в слое почвы 0—40 см

Порода, возраст (лет)	Количество активных корневых окончаний, % от всех измерен- ных		Длина активных корневых окончаний, % от длины всех измеренных	
	1971 г.	1972 г.	1971 г.	1972 г.
Сосна, 21	20,6	20,8	4,1	4,1
	17,7	17,8	2,8	3,2
Береза, 35—45	16,0	15,2	5,1	8,9
	12,6	12,5	3,4	6,4

Примечание. В числителе—на контрольных участках, в знаменателе—на участках с уплотненной поверхностью почвы.

С. Б. Кочановский (1964) установил, что в городских уличных посадках, где плотность почвы (в кг/см²) в 3—4^е раза выше, чем в лесу, длина активных корней у липы в течение вегетационного периода в 2 раза меньше, чем в условиях лесных насаждений. По мнению Л. Н. Згуровской (1960), уменьшение длины активных корневых окончаний деревьев в глубоких слоях почвы происходит за счет сопротивления плотной почвы их росту.

От степени уплотнения почвы зависит образование и рост корней на протяжении вегетационного периода. Количество и длина их в разные сроки наблюдений также меньше под тропами, чем на участках с неуплотненной почвой (табл. 40). Эти различия лучше заметны в засушливые периоды лета.

Т а б л и ц а 40

Питенсивность нарастания активных корней в течение вегетационного периода в слое почвы 0—40 см

Год	Дата	Количество		Длина	
		активных корней, % от всех измеренных			
		контроль	в уплотненной почве	контроль	в уплотненной почве
<i>Сосна, 21 год</i>					
1971	1/VI	21,6	23,2	4,3	3,2
	12/VII	13,0	8,7	3,5	1,8
	2/VIII	27,2	22,6	5,1	4,0
	31/VIII	11,9	7,6	3,7	2,2
	30/IX	27,0	26,0	3,9	2,8
1972	29/V	19,8	18,6	2,8	2,1
	21/VI	23,1	18,3	4,6	3,1
	12/VII	22,3	18,9	4,0	3,1
	17/VIII	20,0	17,6	4,6	3,8
	18/IX	14,4	12,5	3,7	3,1
	10/X	25,5	24,5	5,3	5,2
<i>Береза, 35—45 лет</i>					
1971	3/VI	23,3	19,3	4,9	3,7
	30/VI	5,7	4,0	2,8	2,4
	4/VIII	12,7	10,3	4,7	4,0
	2/IX	9,5	8,2	5,0	4,1
1972	7/VI	13,8	12,1	7,9	5,3
	5/VII	11,8	6,9	6,0	3,1
	24/VIII	21,6	17,4	14,6	9,7
	15/IX	14,8	12,8	8,6	7,7

В культурах сосны, например, количество активных корней под тропами было меньше, чем на контрольных участках, в июле 1971 г. в 1,5 раза, в конце июня 1972 г. в 1,3 раза, длина их соответственно в 1,9 и 1,5 раза. В березовых насаждениях количество активных корневых окончаний под спортивной площадкой было меньше, чем на контроле, в июне 1971 г. в 1,4 раза, в начале июля 1972 г. в 1,7 раза, длина соответственно в 1,2 и 1,9 раза. В другие сроки наблюдений и особенно в конце лета и осенью различия уменьшаются.

Приведенные данные свидетельствуют о том, что в течение вегетационного периода рост корней то усиливается, то затухает. Так, в 1971 г. наибольшая длина активных корневых окончаний на контрольных участках была в культурах сосны в начале июня и августа, у березы — в начале июня и затем в августе — сентябре. Наименьшая длина всасывающих корней в культурах сосны наблюдалась в июле и в конце августа, у березы — в конце июня. В 1972 г. наибольшая длина активной части отмечена для сосны в июне и августе, для березы — в июне и в конце августа, наименьшая для сосны — в мае, июле и сентябре, для березы — в начале июля и сентябре. Аналогично изменяется длина активных корневых окончаний в 40-сантиметровом слое почвы и на участках под тропами и спортивными площадками.

Таким образом, в нарастании активных корней в длину наблюдается 2 максимума (весенне-летний и летне-осенний) и 2 минимума (летний и осенний). Первый максимум у березы приурочен в основном к периоду от начала распускания листьев до полного облиствения, второй — к периоду окончания роста и пожелтения листьев. У сосны первый максимум отмечается в период от начала до окончания роста в высоту, второй — осенью, в период завершения всех ростовых процессов. Два максимума в росте корней различных древесных пород наблюдали И. И. Рахтеенко (1960, 1963), А. В. Ву (1961), А. Н. Баглай (1965), В. И. Олейникова и В. А. Шестакова (1969) и др.

Летний минимум отмечен в основном в конце июня, в июле и начале августа, т. е. в то время, когда почва наиболее прогрета, а запасы влаги в ней небольшие, осенний — в сентябре — начале октября, когда в деревьях заканчиваются ростовые процессы. В некоторые годы как максимумы, так и летние минимумы могут смещаться по времени на несколько недель ближе к весне или осени. Это зависит от метеорологических условий вегетационного периода, температуры и влажности почвы.

В связи с этим интенсивность нарастания корней в течение вегетационного периода на разных глубинах различна. В целом условия для роста корней лучше в рыхлой, естественного сложения почве: относительная длина их в каждом 10-сантиметровом слое всегда больше, чем в уплотненной почве. Вме-

Рост всасывающих корневых окончаний на разных глубинах в течение вегетационного периода

Год	Дата	Длина всасывающих корней (% от общей длины) в слое			
		0—10	10—20	20—30	30—40
1	2	3	4	5	6

Сосна, 21 год

1971	1/VI	2,8	7,5	5,1	2,6
		4,5	3,8	2,9	2,3
	12/VII	1,9	2,8	5,0	4,9
		1,5	1,8	1,8	2,1
	2/VIII	6,9	6,9	3,3	2,8
		5,4	6,2	2,7	2,1
	31/VIII	4,9	2,1	3,9	3,3
		1,8	3,1	2,2	1,7
	30/IX	3,8	3,6	5,6	2,7
		2,2	4,2	2,4	2,1
1972	29/V	2,3	3,9	3,3	1,6
		2,0	2,2	2,2	2,2
	29/VI	3,6	5,6	4,4	4,9
		3,9	2,9	2,8	2,7
	12/VII	4,1	3,7	4,6	3,5
		3,4	3,2	2,9	2,8
	17/VIII	3,3	4,5	3,5	7,2
		2,8	4,6	3,2	4,7
	18/IX	4,7	3,8	3,5	2,7
		2,9	3,3	3,2	2,8
	10/X	6,1	5,8	5,7	3,4
		5,8	5,5	6,0	3,1

Береза, 35—45 лет

1971	3/VI	3,5	7,1	4,4	4,5
		3,3	4,1	3,8	3,6
	30/VI	1,9	1,2	5,8	4,8
		0,8	1,0	3,8	4,5
	4/VIII	5,7	4,3	5,1	3,7
		3,7	4,9	2,1	4,8
	2/IX	5,7	6,1	4,1	4,1
		1,2	3,8	5,5	5,9
	4/X	7,7	3,8	8,1	9,5
		2,3	5,2	3,3	2,2

1	2	3	4	5	6
1972	7/VI	$\frac{6,5}{5,1}$	$\frac{8,3}{4,7}$	$\frac{6,9}{6,6}$	$\frac{10,6}{4,9}$
	5/VII	$\frac{4,2}{2,2}$	$\frac{7,2}{4,2}$	$\frac{7,0}{5,9}$	$\frac{6,0}{1,6}$
	24/VIII	$\frac{15,9}{4,9}$	$\frac{19,8}{10,7}$	$\frac{13,3}{11,0}$	$\frac{9,0}{11,6}$
	15/IX	$\frac{10,3}{7,9}$	$\frac{7,8}{6,1}$	$\frac{9,8}{7,4}$	$\frac{6,1}{9,4}$

Примечание. В числителе — относительная длина всасывающих корневых окончаний на контрольных участках, в знаменателе — на участках с уплотненной поверхностью почвы (тропах и спортивных площадках).

сте с этим в их росте наблюдаются определенные особенности. Так, в культурах сосны на контрольном участке (табл. 41) наибольшая длина активных корней отмечена 1 июня 1971 г. на глубине 10—20 см. Влажность почвы была более 20% (от объема почвы), температура — около 5°C. Через 6 нед (12 июля) наибольшая длина всасывающих корней зафиксирована: уже на глубине 20—40 см. Влажность почвы в этом горизонте колебалась от 12 до 13,5%, температура — от 13,2 до 13,8°C. В слое 0—20 см влажность почвы была 13,5—13,9%, а температура — выше 15°C. Наибольшая длина активных корневых окончаний 2 и 31 августа наблюдалась в слоях соответственно 0—20 и 0—10 см. Температура почвы не превышала 14°, влажность — 9%. В конце сентября наибольшая длина всасывающих корней отмечена на глубине 20—30 см. Температура слоя не превышала 8,5°, влажность — 4%. Подобные особенности в нарастании корней на разных глубинах характерны и для березы. Аналогичный рост корней происходил и в 1972 г.

Аналогичная зависимость наблюдается на участках с уплотненной почвой. Однако активные корни в одни и те же сроки с контролем достигают наибольшей длины чаще всего в слоях, лежащих на 10 см выше или ниже, т. е. происходит опережение или запаздывание на определенный период нарастания активных корневых окончаний до максимальной длины. Продолжительность этого периода равна в среднем 2—4 нед.

Следовательно, наиболее интенсивно корни росли в тех горизонтах почвы, температура которых колебалась от 8 до 14°. Наши данные подтверждают выводы многих исследователей (Тольский, 1907; Саляев, 1958; Еремеев, 1960; Воробьева, 1961; Рахтеенко, 1963; Орлов, 1967б; Лобанов, 1971; и др.) о том, что рост корней начинается при температуре почвы 5—

8° и значительно замедляется или прекращается при температуре выше 14°.

Таким образом, относительная длина всасывающих корневых окончаний сосны и березы зависит от почвенных условий. По мере повышения температуры почвы и снижения влажности в том или ином слое нарастание корней в длину замедляется или прекращается. В связи с этим наибольшая длина всасывающих корней наблюдается в начале вегетационного периода и в периоды с большим количеством осадков (август) и сравнительно невысокой температурой почвы (10—12°). В теплые и засушливые периоды лета (июнь — начало июля) наибольшая длина активной части отмечается в более глубоких слоях почвы. В конце вегетационного периода (в сентябре) в верхнем 10-сантиметровом слое всасывающих корней также меньше, чем в более глубоких слоях.

В зависимости от степени развития активной части корневой системы деревьев целесообразно намечать различные мероприятия в лесу: рыхление почвы, внесение удобрений, полив и т. д. Рыхление почвы лучше проводить в тот период, когда длина всасывающих корней в верхних слоях наименьшая (например, ранней весной или осенью).

Минеральные удобрения следует вносить весной или в начале лета, когда длина активных корней наибольшая в верхних слоях.

Корни деревьев при отмирании существенно пополняют почву органическими веществами. В. А. Колесников (1968) указывает, что при отмирании корней плодовых и ягодных растений в почву ежегодно поступает органическая масса, исчисляемая сотнями килограммов на 1 га. По данным А. Я. Орлова (1955, 1966), с опадом всасывающих корней в течение года в почву поступает в ельниках 500—600 кг/га, в сосняках в зависимости от типа леса — от 180 до 270 кг/га органических веществ. Следовательно, ухудшение роста всасывающих корней снижает поступление питательных элементов в почву при их отмирании.

С ухудшением условий роста корней уменьшается длина всасывающего корневого окончания. В отдельные сроки вегетационного периода на участках с уплотненной поверхностью почвы длина всасывающих корневых окончаний в культурах сосны и березовых насаждениях значительно меньше (от 5 до 40%) в сравнении с контролем (табл. 42). Максимальные различия (на 20—40%) характерны, как правило, началу лета, т. е. периоду с более сильной напряженностью физиологических процессов, когда деревья наиболее интенсивно потребляют питательные вещества и воду из почвы для роста надземной части и меньше расходуют пластических веществ на образование корней. Наименьшие различия (5—10%) наблюдаются в конце лета и осенью.

Изменение средней длины всасывающего корневого окончания в течение вегетационного периода

Год	Дата	Контроль	Уплотненная почва	% от контроля	Год	Дата	Контроль	Уплотненная почва	% от контроля
<i>Сосна, 21 год</i>					<i>Береза, 35—45 лет</i>				
1971	1/VI	0,50	0,32	64,0	1971	3/VI	0,46	0,37	80,4
	12/VII	0,66	0,49	74,2		30/VI	1,12	1,01	90,2
	2/VIII	0,50	0,42	84,0		4/VIII	0,67	0,59	88,1
	31/VIII	0,67	0,59	88,2		2/IX	0,91	0,87	95,5
	30/IX	0,34	0,27	79,5		1972	7/VI	0,84	0,64
1972	29/V	0,30	0,20	68,7	5/VII		0,78	0,68	87,2
	21/VI	0,44	0,33	75,0	24/VIII		0,98	0,77	78,6
	12/VII	0,36	0,30	83,0	15/IX		0,85	0,79	92,9
	17/VIII	0,47	0,40	85,1					
	18/IX	0,51	0,45	90,1					
10/X	0,39	0,37	94,9						

Средняя длина всасывающего корневого окончания в слое почвы 0—40 см на уплотненных участках по сравнению с контролем значительно меньше: у сосны в среднем на 22,7%, у березы — на 15,8% (табл. 43).

По мнению В. А. Колесникова (1962), средняя длина корня (корневой коэффициент) древесной породы — величина постоянная и может характеризовать ботанические виды. Исследования И. Н. Рахтеенко (1963) и наши наблюдения показывают, что длина корня изменяется даже в течение одного вегетационного периода (табл. 44). При этом для всех пород она наибольшая в середине лета (июнь — июль), т. е. в то время, когда заканчивается весенне-летний максимум, а рост корней замедляется или прекращается. Весной, в начале лета и осенью длина корня минимальная. Почти во все сроки наблюдений на участках с естественным сложением почвы она больше, чем на участках с уплотненной поверхностью.

Таблица 43

Средняя длина всасывающего корневого окончания, мм

Порода, возраст (лет)	1971 г.		1972 г.		Контроль	Уплотненная почва	% от контроля
	контроль	уплотненная почва	контроль	уплотненная почва			
Сосна, 21	0,49	0,37	0,41	0,33	0,44	0,34	77,3
Береза, 35—45	0,66	0,55	0,87	0,73	0,76	0,64	84,2

Изменение средней длины корня сосны и березы в течение вегетационного периода, мм

Год	Дата	Контроль	Уплотнен- ная почва	% от контроля	Год	Дата	Контроль	Уплот- ненная почва	% от контроля
<i>Сосна, 21 год</i>					<i>Береза, 35—45 лет</i>				
1971	1/VI	2,53	2,29	90,5	1971	3/VI	2,21	2,17	98,2
	12/VII	2,50	2,37	94,8		30/VI	2,22	1,66	74,8
	2/VIII	2,65	2,35	88,8		4/VIII	1,83	1,51	82,6
	31/VIII	2,15	2,07	96,3		2/IX	1,75	1,74	99,5
	30/IX	2,35	2,37	100,1		1972	7/VI	1,46	1,44
1972	29/V	2,10	1,74	83,0	5/VII		1,55	1,53	98,7
	21/VI	2,19	1,97	90,0	24/VIII		1,46	1,39	95,2
	12/VII	2,05	1,85	90,3	15/IX		1,47	1,33	90,4
	17/VIII	2,04	1,81	88,8					
	18/IX	1,98	1,82	92,0					
	10/X	1,90	1,68	88,4					

Таким образом, образование и рост корней сосны и березы зависят от температуры и влажности почвы. Наиболее интенсивно эти процессы происходят в начале (июнь) и в конце (август — сентябрь) вегетационного периода, когда влажность почвы довольно высокая (10—20% от объема почвы), а температура не превышает 14°. В середине вегетационного периода, когда температура почвы превышает 14°, а влажность невысока, рост корней замедляется или приостанавливается.

Установлено, что средняя длина всасывающего корневого окончания у сосны 0,44, у березы 0,76 мм.

Уплотнение почвы подавляет образование и рост корней. Замечено, что оно слабее влияет на образование (количество) корней, чем на их рост. В засушливые периоды лета отрицательное влияние уплотнения сказывается сильнее, чем в периоды с достаточным увлажнением почвы. Относительная длина всасывающих корней на участках с уплотненной почвой меньше, чем на контрольных, в 1,3—1,5 раза, в засушливые периоды — в 1,7—1,9 раза.

Средняя длина всасывающего корневого окончания сосны и березы в уплотненной почве меньше, чем в рыхлой, в среднем на 16—23%. Меньшие различия в длине корней для березы свидетельствуют о более высокой ее устойчивости к уплотнению почвы.

Создание благоприятных условий для роста корней деревьев на участках с высокой антропогенной нагрузкой может быть достигнуто улучшением водно-воздушного режима почвы путем рыхления ее уплотненной поверхности.

ИЗМЕНЕНИЕ ПРИРОСТА ДЕРЕВЬЕВ ПОД ВЛИЯНИЕМ УПЛОТНЕНИЯ ПОЧВЫ

Прирост дерева — наиболее объективный обобщающий показатель его состояния, синтезирующий не только результаты жизнедеятельности организма дерева, но и аккумулирующий в себе влияние на него окружающей среды (В. В. Смирнов, 1964). Поэтому по величине прироста можно с высокой точностью определить качественные и количественные изменения, происходящие как в отдельном дереве, так и в древостое под действием различных факторов: климатических, почвенных, антропогенных и др.

Выяснению влияния различных климатических и почвенных факторов — температуры, осадков, влажности почвы, типа леса — посвящены работы многих исследователей. А. П. Бекетов (1867, 1872) на основании анализа большого количества образцов, полученных из Финляндии, Швеции, Франции, Западной Германии, из разных мест России (Забайкалье, Петербургская, Псковская, Архангельская, Московская и другие губернии), пришел к выводу, что прирост сосны, кедра, ели и лиственницы по диаметру зависит не только от возраста дерева, но и от климатических факторов, определяемых географическим положением местности. По его мнению, на величину прироста основное влияние оказывает температура вегетационного периода того года, в течение которого совершаются ростовые процессы.

Дальнейшие исследования показали, что в районах с засушливым климатом прирост древесных пород зависит в значительной степени от количества атмосферных осадков, чаще всего осенних и зимних, и влажности почвы (Шведов, 1892; Тольский, 1904, 1913; Раскатов, 1948; Харитонович, 1961; Лисеев, 1969; Комиц, 1973; и др.). В районах с достаточным увлажнением прирост в различных типах леса также зависит от количества осадков, в основном весенних и летних, и температуры вегетационного периода текущего года (Звиедрис, Сацениекс, 1958; Федоров, 1960; Терешин, 1965; Тарасов, 1968; Комиц, 1970; Смоляк и др., 1972; и др.). На переувлажненной почве наибольшее влияние на прирост оказывает изменение температуры в течение вегетационного периода (Вихров, Протасевич, 1965).

На прирост деревьев в древостоях существенно влияет хозяйственная деятельность человека. Рубки ухода, например, в сосновых насаждениях способствуют увеличению прироста деревьев (Звиедрис, Калпыньш, 1968; Макаренко, 1972; и др.). Так, А. И. Звиедрис и А. Я. Калпыньш (1968) установили, что ширина годичного слоя увеличивается после рубок ухода уже на следующий год и достигает максимума на 3 — 5-й год. Однако увеличение прироста заметно только при интенсивно-

сти рубок более 10% по массе. Г. П. Макаренко (1972), проводивший исследования на Урале, отметил, что прирост осевых побегов сосны в 15-летнем смешанном сосново-березовом насаждении увеличивается при вырубке 50% деревьев. По данным А. А. Дорофеевой (1971), после условно-сплошных рубок в кедровниках Дальнего Востока относительный прирост оставшихся недорубов по запасу увеличивается в первое пятилетие почти на 40%. Усиление энергии роста деревьев наблюдается и в последующие 15 лет.

Значительное увеличение прироста деревьев происходит под влиянием минеральных удобрений (Казадаев, 1957; Ботенков, 1969; Победов, 1972; Коновалов, Соколов, 1973; и др.).

Многолетняя непрерывная подсочка сосняков снижает их среднегодовой текущий прирост по запасу в зависимости от нагрузки деревьев каррами на 11,4—28,6% (Коваленко, Федоренко, 1972).

На жизнеустойчивость насаждений отрицательно действует интенсивный выпас скота и связанное с ним уплотнение почвы. На участках, где производится пастьба, ухудшается состояние и товарная структура древостоев, снижается прирост насаждений (Обозов, 1964; Сокол, 1966, 1968). По данным Н. А. Обозова (1964), линейный прирост по высоте в молодых насаждениях сосны, ели и дуба уменьшается в среднем на 40—50%. Прирост по массе 20—50-летних насаждений снижается на 27—44%. Понижение продуктивности древостоев в связи с выпасом скота может достичь I—II классов бонитета. Прекращение выпаса в лесах обеспечивает повышение их продуктивности в среднем на 10—15%.

В лесах зеленых зон, лесопарках и парках наряду с климатическими факторами большое влияние на рост, состояние и долговечность отдельных деревьев и участков леса оказывают антропогенные факторы: загазованность и запыленность воздуха, уплотнение почвы и т. д. Н. Г. Кротова (1957, 1969), В. П. Тимофеев (1957), Л. О. Машинский (1960), И. Р. Морозов (1962), С. С. Ружицкая (1967, 1970), В. Г. Нестеров и Ю. Д. Ишин (1969) установили, что комплекс городских условий отрицательно влияет на рост и состояние насаждений в парках и лесопарках Москвы.

Так, прирост по диаметру лесопарковых сосняков Москвы уменьшился за последние 10 лет на 32—68% (Нестеров, Ишин, 1969). Особенно снижена жизнеустойчивость древостоев в восточном секторе лесопаркового пояса Москвы (Состояние насаждений лесопаркового пояса..., 1966). По данным С. Ф. Курнаева и А. Д. Вакурова (1968), они имеют отрицательный прирост, т. е. находятся в стадии распада. Отпад в них в 3—5 раз превышает прирост.

Загрязнение воздуха нарушает прохождение фенологических фаз растений (Мамаев, Шкарлет, 1972; Попова, 1969;

и др.). По наблюдениям С. А. Мамаева и О. Д. Шкарлет (1972), загрязнение воздуха и почвы промышленными отходами угнетает рост репродуктивных органов и снижает число генеративных образований сосны обыкновенной.

Влияние антропогенных факторов на состояние, рост и структуру насаждений в зеленых зонах различных промышленных городов отмечалось неоднократно многими исследователями (Подзоров, 1966; Мирзоев, 1963; С. В. Соколов, 1969; Тарап, 1963, 1971а, б; Тарап, Спиридонов, 1971; Гальперин, 1972; и др.).

Однако наряду с загазованностью и запыленностью воздуха большее влияние на рост городских и пригородных лесов оказывает уплотнение почвы, которое в течение сравнительно короткого периода времени (10—20 лет) может привести к полному распаду насаждений.

Работ, посвященных влиянию уплотнения почвы на различные фитоценозы и их отдельные компоненты, очень мало. Этому вопросу начали уделять внимание только в последние годы, в связи с возрастающим рекреационным использованием различных угодий, в том числе и лесов. По мнению Л. О. Машицкого (1960, 1963а), В. Д. Зеликова, В. Г. Пшонповой (1961, 1962), Ю. Д. Ишина (1964), Р. А. Карпионовой (1967) и других уплотнение почвы — один из основных факторов, влияющих отрицательно на состояние и рост насаждений в парках и лесопарках городов. За пределами зоны отрицательного влияния пыли и газов, а также в городах, не имеющих источников загрязнения атмосферы, уплотнение почвы — главный фактор, снижающий устойчивость и долговечность насаждений (Бакулин, Спиридонов, 1972).

Участки леса, на которых почва уплотнена, менее устойчивы против влияния неблагоприятных факторов. М. Е. Ткаченко (1955) отмечал, что в суровую зиму 1939/40 г. пострадали не только сады, но и в значительной степени леса. При этом «выделялись повышенным процентом пострадавших деревьев лесные участки с уплотненной почвой» (с. 78).

В ряде исследований, проведенных в европейской части СССР, показано влияние антропогенной нагрузки на различные компоненты лесного фитоценоза (Звиедрис, Ронис, 1957; Казанская, Каламкарлова, 1970; Будрюнас, 1971; Казанская, 1971; Звиедре, Суна, 1972; и др.).

А. Звиедрис, А. Ронис (1957), А. А. Звиедре, Ж. Ю. Суна (1972) установили, что состояние и рост сосновых насаждений на Рижском взморье в Латвийской ССР в местах скопления отдыхающих сильно нарушены. На стволах деревьев большое количество различных повреждений: затески, обдиры коры, сухобочины и др.; в некоторых местах полностью уничтожен травяной покров, а корни деревьев оголены более чем на 30% площади, естественное возобновление отсутствует. Подобная

картина наблюдается в местах, интенсивно используемых для отдыха, в Чехословакии (Rakušan, 1968).

По данным Д. Джеймса и Р. Котрелла (James, Cottrell, 1968), 70% территории лесов, служащих местом отдыха населения в США, перегружены. Это приводит к уничтожению растительности нижних ярусов, уплотнению почвы, ухудшению состояния и роста деревьев, а также почвенной эрозии.

А. Р. Будрюнас (1971) показал, что прирост сосновых насаждений на участках, интенсивно используемых для отдыха, резко снижается. После прекращения вытаптывания улучшение прироста деревьев начинается через 5—10 лет, а полное восстановление лесной обстановки — примерно через 15—20 лет.

Перед нами была поставлена задача — выяснить влияние уплотнения почвы на радиальный прирост сосны, березы и осины в естественных насаждениях лесопарковой и селитебной зон Академгородка, установить продолжительность периода от начала ослабления до полного прекращения роста деревьев в зависимости от степени антропогенной нагрузки, определить их устойчивость.

Изменение толщины годичного слоя в связи с уплотнением почвы изучалось в сосновых, березовых и осиновых насаждениях. При этом использовался метод, описанный В. Антанайтисом, Т. Битвинскасасом (1963) и Т. Битвинскасасом (1964), с некоторыми изменениями в связи с поставленными задачами.

Исследования проводились в насаждениях разнотравного типа леса с одинаковой полнотой древостоев (0,7—0,8) и топографией участков. Для наблюдений были подобраны деревья четырех категорий по состоянию: хорошего и удовлетворительного роста, ослабленного роста, усыхающие и сухостойные. Все они не имели каких-либо механических повреждений и не были угнетены кронами соседних деревьев.

Образцы древесины (керны) брали финским возрастным буравом на высоте груди с южной стороны дерева (в каждом образце не менее 20 годичных слоев). Керны отбирали у деревьев, имеющих средний диаметр древостоя или близкий к нему. Допускались отклонения на 2—3 ступени толщины (ступени толщины 2-сантиметровые) в ту или другую сторону. Образцы были взяты у 10—50 деревьев каждой категории роста. Количество деревьев взято с таким расчетом, чтобы обеспечить точность исследований в пределах 3—8%. Всего обследовано 496 деревьев сосны, березы и осины.

Толщину годичных слоев измеряли с помощью микроскопа МБС-1 окуляр-микрометренной линейкой. Точность измерений 0,1 мм. Всего произведено более 11 тыс. измерений.

Известно, что толщина годичных слоев изменяется пропорционально диаметру деревьев (Воропанов, 1961; Тарасов, 1968; Vorota, 1962). В связи с этим для каждой породы ширина

измеренных годовичных слоев деревьев, отличающихся по диаметру от среднего, была приведена к ширине годовичных слоев деревьев, имеющих средний диаметр.

Подобный метод был впервые использован Ф. Н. Шведовым (1892). Заключается он в следующем. За основу принималась какая-то постоянная величина. У Ф. Н. Шведова она равнялась 50 см. Затем каждый годовичный слой всех исследуемых деревьев умножали на отношение этой величины к радиусу исследуемого дерева. Таким образом, все толщины годовичных слоев приведены к относительным, по сравнимым друг с другом величинам.

Нами применен несколько видоизмененный метод. За постоянную величину был принят средний диаметр древостоя (элемента леса). При этом толщина годовичного слоя дерева, отличающегося по диаметру от среднего, умножалась на коэффициент

$$K = \frac{D}{D_{\text{ср}}},$$

где D — ступень толщины исследуемых деревьев; $D_{\text{ср}}$ — средняя ступень толщины древостоя.

Таким образом, толщину годовичных слоев деревьев с диаметром меньше среднего умножали на коэффициент больше единицы, а с диаметром больше среднего — на коэффициент меньше единицы. Благодаря этому удалось, на наш взгляд, исключить в какой-то мере те изменения в ежегодном приросте деревьев по диаметру, которые зависят от их индивидуальных особенностей, фитоценотического воздействия друг на друга и размещения в насаждении.

Для деревьев всех категорий роста были вычислены средние значения годовичного прироста по радиусу за последние 20—25 лет. Математическая обработка результатов исследований проведена с применением методов вариационной статистики (Леонтьев, 1961; Плохинский, 1961).

Полученные данные показывают, что уплотнение почвы ослабило рост и снизило долговечность деревьев. В табл. 45 приведены средние (за 3 года) величины годовичного радиального прироста деревьев до начала действия (1955—1957 гг.) и спустя 12 лет с момента возникновения антропогенного фактора (уплотнения почвы). Сравнивая их, можно заметить, что средняя толщина годовичного слоя деревьев хорошего и удовлетворительного роста всех пород и возрастов уменьшилась за эти годы примерно на одинаковую величину (29,8—41,5%). На прирост деревьев основное влияние оказали климатические факторы и, в частности, осадки. Среднее количество их в Новосибирской области с 1949 г. постепенно снижалось, достигнув минимума в 1965 г. (Слядшев, 1970; Азьмука и др., 1972). Кроме того, 1962, 1963, 1965 и 1967 гг. были засушливыми. Определенное

Средняя толщина (за 3 года) годичного слоя у деревьев различного состояния ($M \pm m$), мм

Порода, возраст (лет)	Диаметр прививки (средняя толщина прививки), см	1955—1957 гг.			1969—1971 гг.		Усыхающих	Сухостойных (за год до прекращения роста)
		Хорошего и удовлетворительного роста	Ослабленного роста	Усыхающих	1969—1971 гг.	1969—1970 гг.		
Сосна, 100	44	$1,54 \pm 0,04$	$1,06 \pm 0,04$	$0,58 \pm 0,04$	$0,32 \pm 0,03$	Не опр.	Не опр.	
Сосна, 45—50	24	$2,75 \pm 0,08$	$1,93 \pm 0,05$	$1,00 \pm 0,05$	Не опр.	»	»	
Береза, 45—50	24	$2,92 \pm 0,07$	$1,86 \pm 0,07$	$0,98 \pm 0,05$	$0,40 \pm 0,04$	$0,15 \pm 0,03$	$0,15 \pm 0,03$	
Береза, 25—30	14	$2,83 \pm 0,07$	$1,89 \pm 0,07$	$0,96 \pm 0,07$	$0,34 \pm 0,04$	Не опр.	Не опр.	
Осина, 25—30	12	$2,87 \pm 0,05$	$1,68 \pm 0,06$	$1,03 \pm 0,06$	$0,49 \pm 0,05$	$0,19 \pm 0,03$	$0,19 \pm 0,03$	

влияние на прирост оказало также изменение возраста насаждений.

Вместе с тем в одних и тех же климатических условиях уплотнение почвы пешеходами сильно снизило прирост. Так, средняя (за 1969—1971 гг.) толщина годичного слоя 100—110-летней сосны хорошего и удовлетворительного роста равна $1,06 \pm 0,04$ мм, а ослабленного роста и сухостойной — $0,58 \pm 0,04$ и $0,30 \pm 0,03$ мм, или в 1,8 и 3,5 раза меньше (см. табл. 45). Радиальный прирост 25—30- и 45—50-летней березы и осины хорошего и удовлетворительного роста достигает $1,89 \pm 0,07$, $1,86 \pm 0,07$ и $1,68 \pm 0,06$ мм. У деревьев этих же пород ослабленного роста он меньше соответственно в 2, 1,9 и 1,6 раза, а у сухостойных — в 5,6, 4,6 и 3,4 раза. За 1—2 года до полного прекращения роста прирост по радиусу 45—50-летней березы и осины составил всего $0,15 \pm 0,03$ и $0,19 \pm 0,03$ мм, т. е. уменьшился по сравнению с приростом деревьев хорошего и удовлетворительного роста в 12,4 и 8,8 раза (Спирidonов, 1975).

Для лесов зеленых зон и лесопарков со свободным режимом пользования особый интерес представляет продолжительность периода от начала ослабления роста деревьев вслед-

ствие уплотнения почвы до их усыхания. Это позволит своевременно заметить приближение критического состояния в жизнедеятельности насаждений и принять меры по предотвращению их распада.

Для установления продолжительности этих периодов построены графики изменения толщины годичного слоя с ухудшением роста деревьев (рис. 29). При этом учитывалось то, что первые жители в Академгородке поселились в 1959 г. (Строительство города науки, 1963). Следовательно, и уплотнение почвы в лесу началось с этого же года. Снижение прироста сосны началось с 1960 г., березы — с 1961 и 1964 гг. Ослабление роста осины началось, видимо, с 1960 г., хотя

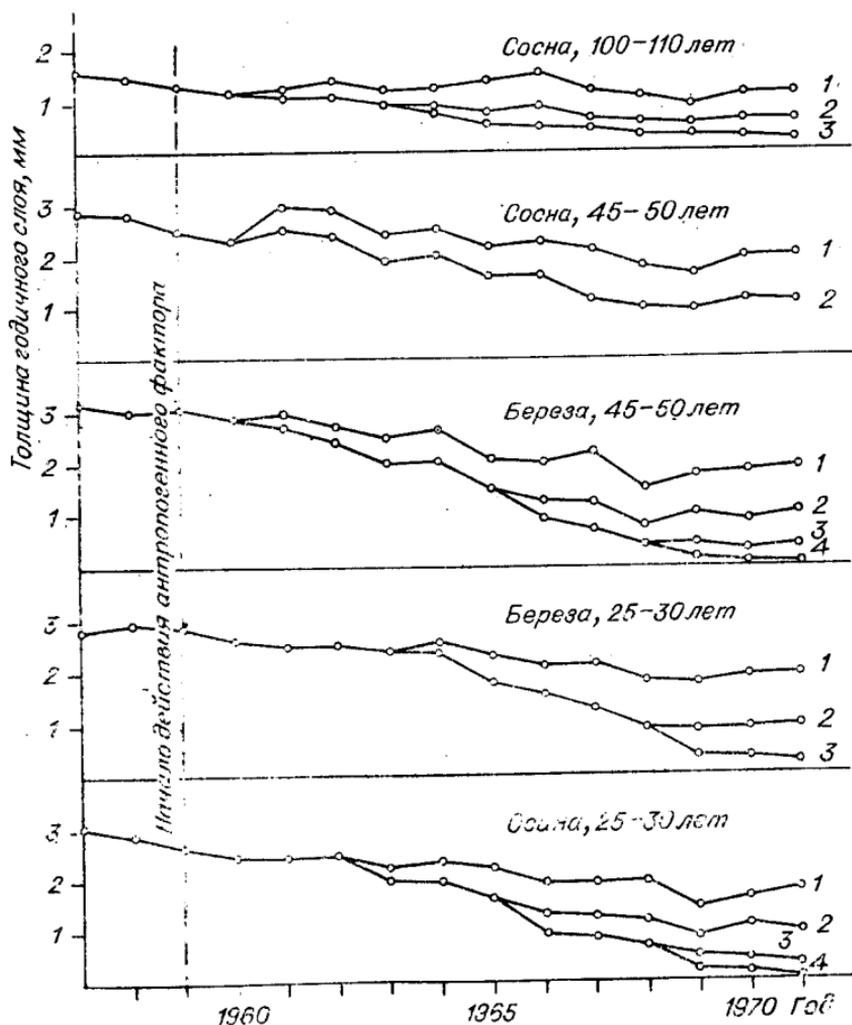


Рис. 29. Изменение радиального прироста деревьев.
1 — хорошего и удовлетворительного роста; 2 — ослабленного роста; 3 — сухозершинных; 4 — усохших за год до обследования.

данные графика и не соответствуют этому. Несоответствие можно объяснить тем, что в зонах застройки и лесопарковой уже в первые годы существования Академгородка было вырублено (в порядке рубок ухода и санитарных) большое количество усохших и суховершинных деревьев осины, поэтому они не учтены при исследовании. Березовые насаждения 25—30-летнего возраста, которым в 1959 г. было 12—17 лет, вследствие загущенности и некоторого удаления от селитебной зоны мало посещались населением. По мере расширения территории застройки они также начали интенсивно использоваться для отдыха.

От начала действия антропогенного фактора до появления первых признаков усыхания березы 45—50 лет проходит, как видно из графика (см. рис. 29), в среднем 7 лет, 100-летней сосны — 5 лет. Среди 45—50-летних сосен, усыхающих только вследствие уплотнения почвы, обнаружить не удалось. У березы наименьший период от начала снижения прироста до полного прекращения роста продолжается 10—12, у осины — 7—8 лет.

Хотя кривые прироста ослабленных деревьев постепенно удаляются от кривых прироста деревьев хорошего и удовлетворительного роста, тем не менее все подъемы и понижения первых соответствуют подъемам и понижениям вторых. Иначе говоря, деревья ослабленного роста еще реагируют на изменение климатических факторов. Кривые прироста суховершинных деревьев быстро снижаются и почти не повторяют изгибов первых двух линий. В связи с этим можно предположить, что у деревьев этой категории начался необратимый процесс затухания роста и, видимо, без проведения активных лечебных мероприятий его невозможно или трудно приостановить. Следовательно, в целях сохранения на длительный период деревьев в лесопарках их нельзя доводить до стадии суховершинности, т. е. до такого состояния, когда их радиальный прирост в 3,5—5 раз меньше, чем прирост деревьев хорошего и удовлетворительного роста.

Таким образом, приведенные данные свидетельствуют о более высокой устойчивости к уплотнению почвы березовых насаждений по сравнению с сосновыми и особенно осиновыми.

ЛЕСОВОДСТВЕННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО ПОВЫШЕНИЮ УСТОЙЧИВОСТИ РЕКРЕАЦИОННЫХ НАСАЖДЕНИЙ

ЗОНИРОВАНИЕ РЕКРЕАЦИОННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Зонирование лесов, используемых для отдыха, с учетом их функциональных особенностей — важный элемент общей системы рационального использования рекреационных объектов. При проведении зонирования необходимо учитывать состоящие, структуру и состав насаждений, их устойчивость и рекреационную емкость, современную и перспективную направленность использования.

По общему состоянию леса района исследований можно разделить на следующие пять категорий, различающихся по интенсивности рекреационного использования.

1. Лесные массивы, очень слабо используемые в рекреационных целях. Это преимущественно березовые насаждения колочного характера, расположенные среди сельскохозяйственных угодий экспериментального хозяйства. Степень рекреационной нагрузки менее 5% ($K_p < 0,05$). Выполняют очень важную полепчвозащитную роль.

2. Леса, испытывающие относительно слабое рекреационное воздействие. Расположены от границы застройки на расстоянии более 800 м. Площадь уплотненной поверхности в этих насаждениях не превышает 10% ($K_p \leq 0,1$). Деревья хорошего и удовлетворительного роста составляют 60—80%. Возобновление в сосняках хорошее, в березняках — удовлетворительное. Травяной покров состоит в основном из лесных и лесолуговых видов. Проективное покрытие его 50—70%, степень повреждения слабая.

3. Лесные участки с умеренной антропогенной нагрузкой. Удалены от жилой зоны на 500—800 м. Поверхность с уплотненной почвой на таких участках составляет 10—30% общей площади ($K_p = 0,1—0,3$). Деревья хорошего и удовлетворительного роста в древостоях составляют 45—60%. Возобновление под пологом сосняков хорошее, реже слабое, в березняках — неудовлетворительное. В составе травяного покрова появляются и достигают почти максимальной численности сорные виды. Проективное покрытие 30—60%.

4. Участки леса с высокой рекреационной нагрузкой. Они расположены в 200—500 м от границы застройки, некоторые из них находятся внутри жилых кварталов. Площадь троп и участков с уплотненной поверхностью почвы составляет от 30 до 60% ($K_p = 0,3-0,6$). В древостоях преобладают деревья ослабленного роста. Возобновление под пологом насаждений слабое, чаще — неудовлетворительное. Травяной покров сформирован из лесных и сорных видов, проективное покрытие 20—50%.

5. Насаждения с очень интенсивным рекреационным использованием. Примыкают к селитебной зоне или находятся в ее границах. Площадь с уплотненной поверхностью почвы составляет более 60% ($K_p > 0,6$). В древостоях свыше 60% деревьев ослабленного роста и 5—15% — суховершинных. Возобновление отсутствует. В травяном покрове с проективным покрытием 15—30% преобладают сорные, не характерные лесным фитоценозам виды (горец птичий, подорожник, одуванчик и др.), способные переносить повышенную инсоляцию, уплотнение и сухость почвы.

С учетом функционального назначения лесов, хозяйственного разделения территории, степени рекреационного использования насаждений и других факторов выделены следующие зоны: селитебная, лесопарковая и пригородная. Такое зонирование было предложено при разработке Генеральной схемы лесопаркового устройства и озеленения Новосибирского научного центра (Генсхема, 1967). В последующем с учетом материалов лесопаркового устройства 1971 г. и данных исследования проведена корректировка границ указанных зон.

Леса селитебной зоны. Общая площадь зоны 992 га, лесистость 28%. Естественные леса этой зоны — типичные сосново-березовые насаждения лесостепного Приобья. Почти за 20-летний период строительства Академгородка леса в районе застройки вырублены на площади более 130 га. Оставшиеся насаждения представляют собой небольшие по площади участки древостоев, группы и единичные деревья, расположенные в жилой и хозяйственной зонах, а также в зоне научно-исследовательских институтов. Березовые насаждения занимают 183, сосновые — 79 га. Средний класс бонитета этих насаждений — II, класс возраста — III—IV, полнота — 0,6. Преобладает разнотравная группа типов. По общему состоянию большинство участков насаждений можно отнести к 4-й и 5-й категориям (средний показатель $K_p = 0,6$). В связи с этим для их сохранения и повышения устойчивости требуется самое активное лесоводственное воздействие.

Процесс ослабления естественных насаждений различен и находится в прямой зависимости от интенсивности использования их для целей отдыха. На участках площадью до 1 га, где рекреационная нагрузка особенно высока, деградация насаждений проявляется наиболее сильно.

В соответствии с Генеральной схемой лесопаркового устройства и озеленения Академгородка в этой зоне ведется (на базе естественных насаждений) строительство парков (Университетского площадью 90 га и Дома ученых — 12 га), районных садов, скверов, бульваров. Естественные насаждения гармонически сочетаются с искусственными посадками внутриквартальных участков, с озеленением улиц и проспектов.

Лесопарковая зона. Насаждения лесопарковой зоны окружают территорию застройки с западной, северной и восточной сторон. Здесь находятся наиболее ценные в санитарно-оздоровительном, эстетическом и рекреационном отношении сосновые насаждения общей площадью 391 га. Располагаясь преимущественно с западной стороны городка по прибрежной полосе Новосибирского водохранилища, они выполняют большую защитную роль, являясь заслоном от преобладающих западных и юго-западных ветров.

В сравнении с селитебной частью общее состояние насаждений лесопарковой зоны гораздо лучше. Это объясняется меньшей изрезанностью их коммуникациями, меньшей рекреационной нагрузкой на них. Большинство насаждений зоны можно отнести к третьей категории ($K_p = 0,1-0,3$). В соответствии с Генеральной схемой здесь создаются Прибрежный парк площадью 33 га, два крупных лесопарка — Западный (388 га) и Восточный (232 га). Основная задача их архитектурно-планировочного решения — сохранение и преобразование естественных насаждений с целью рационального использования для массового отдыха.

В пределах лесопарковой зоны расположена территория Центрального сибирского ботанического сада СО АН СССР общей площадью 1001 га (покрыто лесом 600 га). Сад примыкает к селитебной зоне, замыкая с юга зеленое кольцо вокруг Академгородка.

Архитектурно-планировочная организация территории решена с учетом наиболее полного ее использования применительно к основным целям и задачам сада. Территория разделена на три части.

1. Участки экспозиционного назначения (тематические экспозиции, коллекции, дендрарий, ботанико-географические участки и др.).

2. Участки хозяйственного и специального назначения (питомники, опытные поля, оранжерейно-тепличное хозяйство и др.).

3. Лесопарки, парки, заповедные территории.

Наиболее важным элементом территории сада является отдел экспозиционных участков общей площадью 153 га. На них широко представлены технические, лекарственные, кормовые, плодовые, ягодные, овощные, цветочные и другие полезные растения, экспозиция «Систематикум», дендрарий, ботанико-географические участки, редкие и исчезающие виды и др.

Создание лесопарков и парков на базе естественных насаждений ботанического сада имеет научное, просветительное и практическое значение. Это экспериментальные объекты по формированию высокодекоративных ландшафтов, по интродукции и акклиматизации растений для целей лесопаркового строительства в условиях Сибири, по изучению устойчивости, бальнеологической и рекреационной значимости насаждений. Согласно проекту Ботанического сада создаются лесопарки: Северный (117 га) и Южный (258 га), а также парк им. 30-летия Победы (32 га). Эти объекты как своеобразная школа лесопаркового и паркового строительства в условиях Сибири будут использоваться одновременно в рекреационных целях.

Леса пригородной зоны. К лесопарковому поясу примыкают земли экспериментального хозяйства СО АН СССР и резервные участки. Произрастающие на них леса общей площадью 2836 га отнесены к категории пригородных. Они представлены преимущественно березовыми насаждениями колючного характера разнотравной группы типов. Общее состояние древостоев хорошее, большинство их можно отнести ко второй и первой категориям ($K_p \leq 0,1$). В ближайшие годы рекреационное значение лесов повысится, и они будут более интенсивно использоваться для отдыха. Это вызывает необходимость в настоящее время шире проводить их реконструкцию с целью повышения рекреационной ценности.

Зонирование лесов с учетом их общего состояния, рекреационной значимости, емкости и направленности использования позволяет дифференцированно решать вопросы о системе лесоводственных и лесохозяйственных мероприятий.

ЛЕСОВОДСТВЕННЫЕ II ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ

Выполненные исследования и эксперименты, многолетний производственный опыт Лесозащитной опытной станции ЦСБС позволили разработать и внедрить в лесах СО АН СССР лесохозяйственные мероприятия, направленные на сохранение и повышение долговечности рекреационных насаждений в условиях высокой антропогенной нагрузки (Тарап, Спиридонов, 1975):

1) проведение комплексных рубок ухода и ландшафтных рубок с целью формирования устойчивых насаждений с одновременным уходом за нижними ярусами растительности (подростом, подлеском, травяным покровом);

2) создание молодой устойчивой смены под пологом ослабленных насаждений в порядке реконструкции и формирования высокодекоративных ландшафтов;

3) стабилизацию маршрутов движения пешеходов с целью ослабления отрицательного влияния человека на лес путем устрой-

ства дорожно-тропиночной сети и живых изгородей, а также специальных мест для отдыха (скамейки, беседки и др.);

4) лечение ослабленных и поврежденных деревьев;

5) временное исключение (на 3—5 лет) из сферы пользования сильно нарушенных и ослабленных участков леса (лес на отдыхе) с проведением мероприятий по уходу за почвой, улучшению роста и повышению устойчивости насаждений;

6) содействие естественному возобновлению;

7) защитные, противопожарные и биотехнические мероприятия;

8) регламентация поведения человека в лесу путем разъяснительной природоохранной работы среди населения.

Комплексные рубки ухода и ландшафтные рубки. В лесах интенсивно используемых для отдыха (селитебная и лесопарковая зоны), комплексные рубки ухода и ландшафтные рубки проводятся с целью улучшения состава и санитарного состояния насаждений, декоративных качеств и пространственного размещения деревьев, формирования ландшафтных групп, куртин, опушек, ухода за подростом и подлеском. Формирование устойчивых высокодекоративных насаждений с помощью этих рубок проводится в несколько этапов в зависимости от структуры и общего состояния насаждений. Обычно выделяют три этапа: а) улучшение состава насаждений и их санитарного состояния; б) улучшение декоративных качеств деревьев и их пространственного размещения; в) формирование ландшафтных групп.

Интенсивность комплексных рубок ухода зависит от таксационной характеристики древостоя (состава, полноты, запаса, наличия подроста, подлеска), но обычно на первом этапе не превышает 5—10% общего запаса, на втором—третьем—до 15%. Периодичность рубок 5 лет.

При проведении первого этапа комплексных рубок ухода особое внимание уделяется формированию состава насаждений и их санитарному состоянию. Уход ведется во всех ярусах, в том числе за подростом и подлеском. Вырубаются усохшие, суховершинные, отставшие в росте, большие, пораженные, а также не представляющие декоративной ценности деревья среди ландшафтообразующих и особенно вспомогательных пород. При этом сосна, береза, кедр, ель, лиственница (в посадках) относятся к ведущим ландшафтообразующим породам, осина и ива — к сопутствующим.

На втором этапе особое внимание уделяется ландшафтообразующим деревьям, их декоративным качествам, росту и развитию, пространственному размещению, сомкнутости и др. В процессе этого этапа рубок определяются типы будущих ландшафтов (открытые, полукрытые, закрытые), а также формируется основа (ядро) ландшафтных групп.

На третьем этапе с помощью рубок производят формирование ландшафтных групп, улучшается их структура, декоративность,

эстетические свойства, устойчивость (Формирование лесопарковых ландшафтов..., 1975). В последующем за ландшафтными группами и участками производится уход.

Реконструкция ослабленных насаждений. Производится с целью повышения их декоративных и санитарно-гигиенических функций (вслед за комплексными рубками ухода), а также создания молодой устойчивой смены. Работы осуществляются в насаждениях зоны застройки и других зонах. Для реконструкции используется более 100 видов древесных и кустарниковых растений. Основное внимание уделяется высокодекоративным и устойчивым к энтомовам вредителям и различным болезням породам. Наибольшее использование находят представители местной сибирской флоры: хвойные — лиственница, кедр, ель, сосна; лиственные — береза, ивы, рябина обыкновенная, боярышник сибирский, калина, яблоня сибирская, шиповник и др. (рис. 30). Из интродуцированных пород используются липа мелколистная, черемуха Маака, сирень венгерская, клен Гиннала и др.

За время существования городка в насаждениях селитебной и лесопарковой зон посажено более 200 тыс. деревьев и кустарников.

Устройство дорожно-тропичной сети. Строительство дорожно-тропичной сети ведется в селитебной и лесопарковой зонах с целью ограничения антропогенной нагрузки на лес, стабилизации маршрутов движения пешеходов и предохранения почвы от чрезмерного уплотнения. Благоустроенные дороги и тропы



Рис. 30. Искусственные группы из ели сибирской, ивы в сочетании с многолетними дикорастущими цветочными растениями. Фото О. Крюгера.

дают возможность длительное время сохранять лесные массивы в зонах интенсивного использования (рис. 31).

Работы начаты в 1969 г. К настоящему времени построено более 45 тыс. м² дорожек и троп с асфальтовым, бетонным и главным образом гравийным покрытием (щебеночный отсев). Протяженность их более 30 км. Ширина дорожек колеблется от 1 до 2,5 м. В большинстве случаев они устраиваются по проложенным пешеходами тропам.

Предварительные данные показывают, что на участках с благоустроенной тропиной сетью появляется самосев и улучшается состояние подроста, увеличивается обилие, проективное покрытие и надземная фитомасса травяного покрова.

Лечение ослабленных и поврежденных деревьев сосны и березы проводится с 1966 г. и заключается в следующем. У суховершинных деревьев срезаются вершины и несколько усыхающих ветвей, у поврежденных — дезинфицируются травмы 5%-ным раствором медного купороса. Места срезов вершин и ветвей, а также травмы замазываются садовой замазкой. Кроме того, под каждое дерево вносятся органические и минеральные удобрения.

Удобрения вносятся в специально подготовленные шурфы размером 0,6 × 0,6 × 0,9 м. Количество их зависит от породы, состояния и биометрических показателей деревьев, степени уплотнения почвы и колеблется от 4 до 9. Они закладываются по линии проекции кроны или в шахматном порядке и заполняются смесью гравия с черноземом и перегноем. Перегной добавляется из расчета 8—10 кг в один шурф. Минеральные удобрения вносятся при первом поливе в концентрации (действующего начала) 0,2%-ной аммиачной селитры, 2%-ного суперфосфата и 0,2%-ной калийной селитры.

Полив производится в шурфы до середины вегетационного периода, часто и небольшими дозами: в июне и июле по 10—12 раз в месяц. Расход воды — 10—20 л в каждый шурф.

Эти сравнительно простые приемы позволили сохранить значительное количество деревьев, в основном вдоль улиц и во дворах (рис. 32). Их рост и состояние в настоящее время удовлетворительные, хотя декоративные качества некоторых из них оставляют желать лучшего. Сейчас еще рано говорить о повсеместном применении этих способов для сохранения деревьев, однако можно указать на то, что для некоторой их части, находящейся в начальной стадии усыхания, эти способы вполне приемлемы. В последние годы для полива и минеральной подкормки ослабленных деревьев используется гидробур системы М. Г. Баннова и Г. С. Федосеева (1969).

Изоляция ослабленных насаждений. Временная изоляция нарушенных участков леса от антропогенного воздействия является вынужденным, но необходимым условием для успешного проведения различных реконструктивных и восстановительных



Рис. 31. Участок леса с устроенной дорожно-тропиночной сетью.

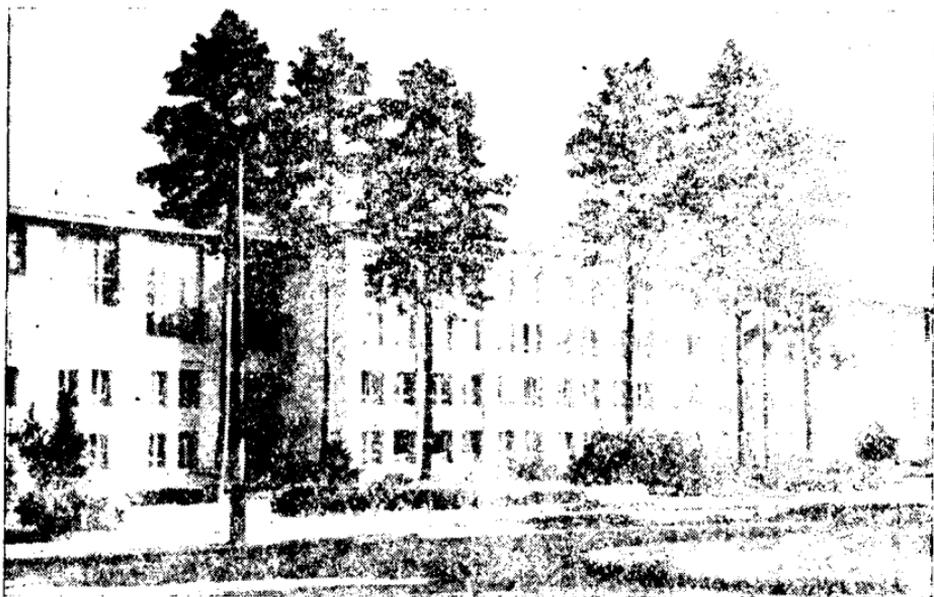


Рис. 32. Деревья сосны, подвергавшиеся лечению. Состояние удовлетворительное. Фото О. Крюгера.

работ в условиях города (Нестеров, 1961). Участки изолируются сроком на 4—5 лет, в течение которого на них проводятся мероприятия, направленные на восстановление, по возможности, первоначальной лесной среды, на улучшение состояния и роста насаждений, а также их декоративных и санитарно-гигиенических свойств.

На территории Академгородка наиболее нарушенные участки леса огораживаются изгородью из гладкой проволоки в 4—5 ниток, подвешенной на деревянных столбах. На весь период изоляции на участках устанавливаются аншлаги «Лес на отдыхе. Просьба не ходить» (рис. 33). Кроме рубок ухода и санитарных на них производят рыхление уплотненной почвы и внесение минеральных удобрений, посев трав на опушках, реконструкцию насаждений, посадку живых изгородей по периметру участков (рис. 34), развешивание искусственных гнездовий и кормушек и т. д. Работы ведутся с 1969 г. За 5 лет в зоне застройки огорожено около 14,5 га насаждений.

Необходимо отметить, однако, что полное восстановление нарушенных лесных фитоценозов без проведения каких-либо мероприятий — процесс весьма длительный, протекающий свыше 20 лет после прекращения вытаптывания (Будрюнас, 1971 и др.). В связи с этим нами была предпринята попытка ускорить его путем рыхления почвы и внесения минеральных удобрений.

Опыты по уходу за почвой и ускоренному восстановлению травяного покрова из лесных видов растений проводили в 35—



Рис. 33. Участок леса, изолированный от антропогенного воздействия (лес на отдыхе).

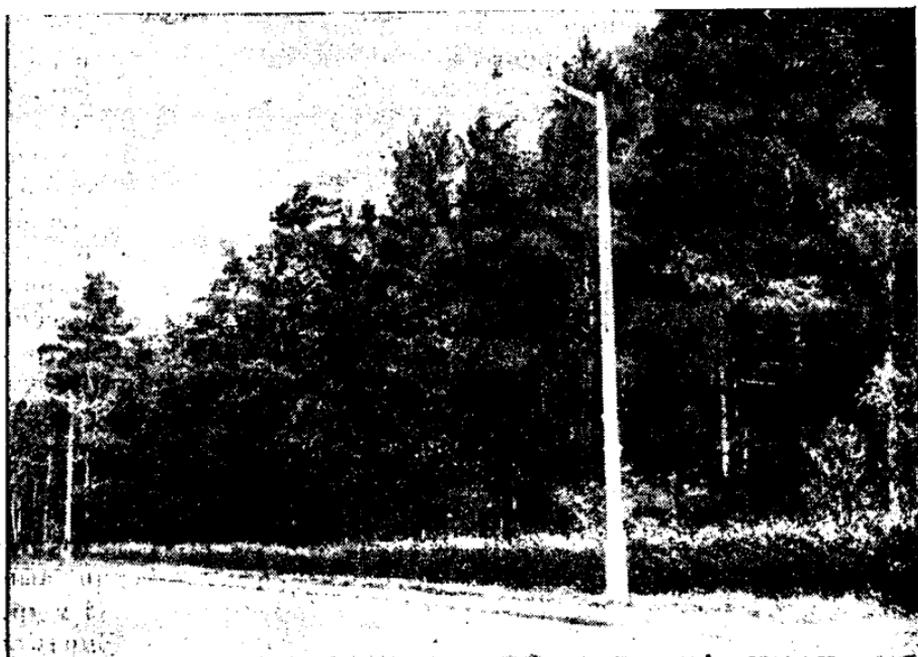


Рис. 34. Локализация участков насаждений с помощью живых изгородей.

45-летних разноотравных сосновых и березовых насаждениях. Для этой цели использовали участки леса, на которых заложены пробные площади 1а, 6, 6б и др. Опытные участки огожены в 1969 и 1970 гг., а уплотненная почва на них взрыхлена на глубину 8—15 см. Кроме того, были внесены минеральные удобрения: смесь аммиачной селитры, хлористого калия и гранулированного суперфосфата из расчета 100 кг/га действующего начала каждого вида удобрений. Удобрения вносили вразброс в два приема равными долями: весной 1971 и 1972 гг. Видовой состав, проективное покрытие и надземную фитомассу травяного покрова, а также изменение прироста деревьев учитывали в течение 5 лет. Результаты опыта сопоставляли с данными, полученными при изучении ненарушенных насаждений, характеризующихся аналогичными таксационными показателями.

Наблюдения показали, что под влиянием перечисленных мероприятий на опытных участках весьма успешно восстанавливается травяной покров (Спиридонов, Бакулин, 1975). При этом происходит это за счет растений, сохранившихся на опытных и прилегающих к ним участках. В сосновом насаждении (пр. пл. 6) проективное покрытие и надземная фитомасса травостоя быстро увеличивались и уже на третий год достигли величин, приблизительно равных контрольным данным (табл. 46). Процесс восстановления травяного покрова в березовом насаждении (пр. пл. 6б) в первые 2 года протекал тоже успешно, однако в последующий период опытный участок частично испытывал антропогенное воздействие и травяной покров восстановился не полностью.

Прекращение или значительное снижение антропогенной нагрузки на лес, рыхление почвы и внесение минеральных удобрений обусловили улучшение состояния и декоративных качеств травяного покрова (рис. 35, 36). В нем значительно увеличилась численность лесных и лесолуговых видов и почти полностью вытеснились сорные, не характерные лесным фитоценозам виды: подорожник, горец птичий, одуванчик и др. Вместе с тем заметно возросло количество цветущих экземпляров, особенно у представителей семейства злаковых, осоки большехвостой, сныти, которые к концу вегетации дают семена (рис. 37). Отмечено появление цветущих растений купальницы азиатской и увеличение численности цветущей медуницы, чины весенней, горошка однопарного, касатика русского и др. Цвет травы на удобренных участках более темный, чем на контрольных.

Среди лесных и лесолуговых видов наиболее отзывчивыми на проводимые мероприятия оказались ежа сборная, сныть обыкновенная, герань лесная, медуница, фиалка горная, осока большехвостая и др. Так, надземная фитомасса медуницы увеличилась в 9—12 раз, сныти обыкновенной — в 6—30 раз

Динамика основных показателей травяного покрова под влиянием рыхления почвы и минеральных удобрений

Состояние насаждения	Характеристика травяного покрова	1971 г.	1973 г.	1975 г.
<i>Сосновые насаждения</i>				
С сильно нарушенным травяным покровом	Средняя высота, см	18	40	40
	Проективное покрытие, %	14	54	60
	Число видов	24	31	34
	Надземная фитомасса, г/см ²	38	151	144
Ненарушенное (контроль)	Средняя высота, см	36	39	38
	Проективное покрытие, %	48	60	55
	Число видов	38	38	38
	Надземная фитомасса, г/м ²	108	148	142
<i>Березовые насаждения</i>				
С сильно нарушенным травяным покровом	Средняя высота, см	16	28	36
	Проективное покрытие, %	19	47	65
	Число видов	18	35	39
	Надземная фитомасса, г/м ²	34	74	112
Ненарушенное (контроль)	Средняя высота, см	42	55	56
	Проективное покрытие, %	54	65	70
	Число видов	47	47	47
	Надземная фитомасса, г/м ²	85	132	143

(табл. 47). Виды, относящиеся к семейству злаковых — ежа сборная, коротконожка перистая, перловник поникший, а также герань лесная, костяника, осока большехвостая, фиалка горная и некоторые другие — увеличили фитомассу в 2—8 раз. Фитомасса сорных видов значительно снизилась.

Таким образом, неглубокое рыхление уплотненной поверхности почвы и внесение удобрений способствуют успешному восстановлению травяного покрова из лесных видов за сравнительно короткий период времени (4—5 лет) при условии временной, но надежной изоляции нарушенных участков леса от антропогенного воздействия.

Содействие естественному возобновлению и росту деревьев. Опыты по содействию естественному возобновлению проводились в сосновых насаждениях мшисто-ягодникового и разнотравного типов леса, на пробных площадях 1, 2, 2в и 7 по методике, описанной в гл. VI.

Массовое появление всходов сосны на опытных участках наблюдается в июне. Наибольшее их количество отмечается обычно в конце июня или начале июля.

К концу сентября в слабо посещаемых насаждениях в вариантах с рыхлением почвы сохраняется от 1 до 16,8 однолетних сеянцев сосны на 1 м² (табл. 48), т. е. в несколько раз боль-



Рис. 35. Травяной покров, восстановившийся под влиянием рыхления почвы и минеральных удобрений на участке, изолированном от антропогенного воздействия. Сравните с рис. 6.



Рис. 36. Участок березового леса (пр. пл. 6б) через 3 года после проведения лесохозяйственных мероприятий (огораживание, рыхление почвы, рубки ухода и санитарные, реконструкция). Сравните с рис. 18.



Рис. 37. Цветущая сныть на одном из огороженных и удобренных участков леса в зоне застройки.

ше, чем на контрольных участках (см. табл. 35). Необходимо отметить, что на площадках с взрыхленной поверхностью почвы всходов появляется в 2—4 раза больше, чем обнаружено здоровых семян в лесной подстилке. Это свидетельствует о том, что некоторая часть поврежденных семян прорастает и дает всходы.

Еще более заметный эффект получен от содействия естественному возобновлению путем рыхления почвы с одновременным посевом семян. На участках, мало используемых для отдыха, к концу вегетационного периода сохраняется в мшисто-ягодниковом сосняке от 52 до 70,5 (пр. пл. 1), а в разпотравном от 19,5 до 27,5 (пр. пл. 7) однолетних сеянцев сосны на 1 м².

В насаждениях с высокой рекреационной нагрузкой (пробные площади 2 и 2в) к концу вегетационного периода сеянцев сохраняется в 1,5—4 раза меньше, чем в слабо посещаемых насаждениях (пр. пл. 1 и 7). К концу второго года в вариантах опыта с рыхлением почвы они сохранились в небольшом количестве (0,3—9,6 экз/м²) только в слабо посещаемых насаждениях. На площадках, где проводились рыхление почвы и посев семян, сеянцев сохранилось больше — 0,9—34,4 экз/м².

Таким образом, неглубокое рыхление уплотненной почвы без посева или с одновременным посевом семян способствует

Изменение надземной фитомассы некоторых видов в травяном покрове под влиянием минеральных удобрений, кг/га

Вид	В сосновом насаждении		В березовом насаждении	
	конт-роль	опыт	конт-роль	опыт
Хвощ луговой	10,2	6,0	7,4	2,0
Коротконожка перистая	60,3	78,0	19,3	42,2
Ежа сборная	80,8	465,4	128,0	413,0
Перловник поикишый	5,3	55,2	1,7	2,1
Мятлик боровой	27,5	32,0	12,3	4,8
Осока большехвостая	224,3	416,5	125,2	150,6
Касатик русский	69,2	69,1	22,5	11,1
Василистник малый	6,4	2,6	6,0	0,2
Костяника каменистая	10,6	13,4	9,2	10,6
Горошек однопарный	48,3	38,0	37,6	16,1
Герань лесная	0,9	3,4	4,9	17,7
Фиалка коротковолосистая	11,8	11,3	0,7	1,5
Фиалка горная	2,2	13,8	2,2	6,8
Сныть обыкновенная	11,1	68,3	5,0	149,8
Медуница мягчайшая	1,4	19,1	2,2	19,4
Подорожник средний	10,7	3,8	26,3	11,8
Ястребинка зонтичная	3,4	0,6	17,0	2,3
Золотая розга	5,9	2,8	1,4	0,4
Одуванчик лекарственный	2,2	1,3	2,4	0,9

появлению большого числа всходов сосны. Однако эти способы содействия естественному возобновлению пригодны на участках леса, мало посещаемых населением, или на участках, изолированных на несколько лет от антропогенного воздействия.

Результаты учета, проведенного на пробной площади 6 через 2 года после ее огораживания, показали, что здесь появилось 8,8 тыс. экз. самосева сосны (в пересчете на 1 га), в том числе 4,8 тыс. экз. двулетних. При обследовании обнаружено несколько групп (по 2—5 экз.) 1—3-летних всходов кедра, семена которого занесены на участок отдыхающими и спрятаны в подстилке белками. Необходимо отметить, что всходы кедра в насаждениях имеются на многих участках селитебной и лесопарковой зон.

На прекращение антропогенной нагрузки очень быстро реагирует осина. Ее корневые отпрыски появляются на участках в первый же год после их огораживания (рис. 38).

Рыхление почвы и минеральные удобрения значительно улучшают рост деревьев. Так, прирост 40—50-летней сосны по толщине после огораживания участка и рыхления уплотненной почвы увеличился (рис. 39). Максимальной величины он достиг на 2-й год. На 3-й год началось снижение прироста, чему способствует, вероятно, довольно хорошо развившийся к этому времени травяной покров, использующий определенное количе-

Динамика численности семян сосны в течение вегетационного периода в опытах по содействию естественному возобновлению, экз/м²

Номер пробной площади	Вариант опыта	Среднее количество семян			Количество семян, сохранившихся к концу 2-го вегетационного периода
		июнь	июль	сентябрь	

1972 г.

Разнотравные сосновые насаждения

7	А	13,1	5,1	1,3	0,6
	Б	99,7	46,8	27,5	3,7
2в	А	3,7	1,9	—	—
	Б	95,5	34,1	14,4	1,1

1974 г.

Разнотравные сосновые насаждения

7	А	14,9	8,5	2,7	0,8
	Б	82,8	34,4	19,5	6,1
2в	А	2,9	1,1	—	—
	Б	79,5	31,2	8,0	0,5

Мшисто-ягодниковые сосновые насаждения

1	А	43,8	28,8	16,8	9,6
	Б	172,0	106,1	70,5	31,4
2	А	33,9	12,0	4,5	0,3
	Б	130,6	67,0	23,2	1,3

Примечание. А — рыхление почвы, Б — рыхление почвы и посев семян.

ство влаги и питательных веществ из почвы для своего роста и развития.

Еще выше прирост под влиянием минеральных удобрений. В первый же год после их внесения толщина годичного слоя деревьев в опытном и контрольном вариантах почти сравнялась. Такой же по величине прирост на удобренном участке был и в 1972 г., после внесения второй половины удобрений. Аналогичные изменения прироста деревьев под влиянием удобрений отмечены и в 40—45-летних березовых насаждениях.

Как видно из рис. 39, и в сосновом, и в березовом насаждениях уже на 3-й год после внесения удобрений наблюдается снижение прироста, которое связано, видимо, с фиксацией части питательных элементов в стволах, кронах и корнях деревьев, в корнях многолетних травянистых растений. Некоторое количество их перемещается в более глубокие, недоступные для корней деревьев слои почвы. Однако через 5 лет после рыхления уплотненной почвы и через 3 года после внесения минеральных удобрений прирост деревьев по толщине на опытных



Рис. 38. Однолетние корневые отпрыски осины, появившиеся в год огораживания участка.

участках выше, чем на участках, испытывающих антропогенное воздействие.

Защитные, охранные биотехнические мероприятия. Защита леса от болезней и энтомовредителей, охрана от пожаров и биотехнические мероприятия проводятся с целью улучшения санитарного состояния насаждений и повышения их устойчивости против влияния различных неблагоприятных факторов. Большое внимание уделяется профилактическим работам. Каждый год с помощью общественности очищается от захламленности около 500 га леса. Постоянно ведутся наблюдения за видовым составом и численностью вредных для леса насекомых. В местах их высокой концентрации насаждения своевременно обрабатываются ядохимикатами. На территории всех хозяйственных зон развешено более 4 тыс. скворечников, синичников, кормушек.

Благодаря проводимым мероприятиям в лесах Новосибирского научного центра, несмотря на очень высокую антропогенную нагрузку, не было ни одного случая массового распространения энтомовредителей, болезней или пожаров. Постоянно обогащается видовой состав фауны. В настоящее время в лесах СО АН СССР обитает более 150 видов зверей и птиц (Смирнов, 1972; Телегин, 1972). Только в зоне застройки живет около 1000 белок.

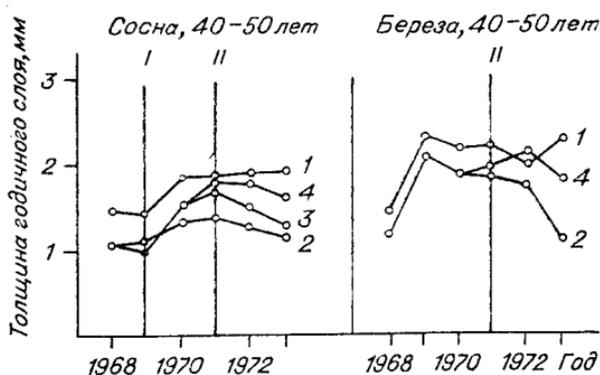


Рис. 39. Динамика прироста деревьев в насаждениях, не подвергающихся антропогенному воздействию (1), с высокой рекреационной нагрузкой (2), изолированных от антропогенного воздействия под влиянием рыхления почвы (3) и минеральных удобрений (4).

I — год огораживания участков леса и рыхления почвы на них; II — год внесения удобрений.

Природоохранная работа среди населения. Наряду с лесохозяйственными мероприятиями ведется активная агитационно-массовая пропаганда по сохранению леса от пожаров, самовольных порубок, повреждения подроста, подлеска, травяного покрова и пр. При этом широко используется радио, печать, телевидение, листовки, плакаты.

Рассмотренные мероприятия не исчерпывают всех работ по сохранению, обогащению видового состава и повышению устойчивости и долговечности рекреационных насаждений. Однако на территории Сибирского отделения АН СССР они позволяют не только сохранять лес, но и поддерживать его высокое санитарное состояние, повышать декоративные и санитарно-гигиенические свойства и, самое главное, устойчивость против высокой рекреационной нагрузки, создавая тем самым благоприятные условия для жизни, труда и отдыха. Эти мероприятия могут быть использованы в производственной деятельности пригородных лесхозов лесостепного Приобья и других регионов Сибири.

АССОРТИМЕНТ РАСТЕНИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ЛЕСОПАРКОВОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ОЗЕЛЕНЕНИИ

Основа зеленого наряда Академгородка — естественные насаждения. Объединяя отдельные архитектурные ансамбли, украшая улицы и внутриквартальные участки, они способству-

ют гармоническому сочетанию жилых микрорайонов, зоны научно-исследовательских институтов и других объектов с окружающими ландшафтами лесопарков, создают своеобразный сибирский облик городка. В формировании его зеленых композиций, создании лесопарков и парков большое значение имеют искусственные посадки, подбор и сочетание которых тесно увязаны с естественными насаждениями. В процессе лесопаркового строительства, озеленения улиц, проспектов, бульваров, дворов, внутриквартальных участков в Академгородке высажено более 200 тыс. деревьев и кустарников. Общая площадь, занятая искусственными насаждениями, составляет 56 га, газонами — 140 га, цветниками — 3 га.

При проведении работ по созданию лесопарков, реконструкции насаждений и озеленению широко используется большое разнообразие деревьев и кустарников, произрастающих в Сибири. Местные породы отличаются высокой устойчивостью в жестких климатических условиях, позволяют сохранить своеобразный сибирский пейзаж.

Из деревьев кроме местных, сосны обыкновенной и березы бородавчатой, широко используются другие сибирские виды: ель (*Picea obovata*), лиственница (*Larix sibirica*), кедр (*Pinus sibirica*), рябина (*Sorbus sibirica*), липа (*Tilia sibirica*), ивы. Особое внимание уделяется хвойным вечнозеленым породам (сосна, ель, кедр), незаменимым при формировании зимнего сибирского пейзажа.

Из кустарников сибирской флоры в зеленом строительстве широко используются декоративные виды шиповников (*Rosa acicularis*, *R. cinnamomea*), таволги, калина обыкновенная, дерен белый (*Cornus alba*), жимолость алтайская (*Lonicera altaica*), а также кустарниковые ивы. В количественном отношении местные виды и интродуценты сибирской флоры составляют среди деревьев 77%, кустарников — 56%.

Широкое использование в озеленении сибирских пород не исключает применения устойчивых в местных условиях декоративных инорайонных видов: вяз мелколистный (*Ulmus pinnatoramosa*), черемуха Маака (*Padus maackii*), ясень маньчжурский (*Fraxinus manshurica*), а из кустарников — сирень обыкновенная и венерская (*Syringa vulgaris*, *S. jasikaea*), роза морщинистая (*Rosa rugosa*), ирга (*Amelanchier rotundifolia*), клен Гиннала (*Acer ginnala*), барбарис (*Berberis vulgaris*) и др.

Приемы размещения и сочетания деревьев и кустарников самые разнообразные, наряду с регулярными посадками (аллеи, живые изгороди, бордюры), формируются ландшафтные группы и куртины. Богатый видовой состав древесно-кустарниковых растений, используемых в зеленом строительстве (более 110 видов, из которых 75 видов — представители сибирской флоры), расширяет возможности подбора, компоновки и формирования высокодекоративных композиций.

В зеленом наряде Академгородка важное место занимают цветы. Ассортимент их разнообразен — около 90 видов растений, относящихся к 30 семействам, в том числе однолетних 40 видов, двулетних 4 вида, многолетних 46 видов. В лесопарках и парках используются 19 видов декоративных растений природной флоры. Ежегодно в Академгородке высаживается около 400 тыс. экз. цветов.

Основные направления использования цветов в озеленении — оформление партеров перед научно-исследовательскими институтами и общественными зданиями, создание клумб в микрорайонах, бордюров, окаймляющих пешеходные дорожки, чистых и смешанных групп на фоне газонов во дворах, скверах, садах. При этом не допускается пестрота и сильное дробление групп.

Газоны имеют смешанный травостой. В ассортименте газонных трав доминируют овсяница луговая (*Festuca pratensis*), полевица белая (*Agrostis alba*), овсяница красная (*F. rubra*), мятлик луговой (*Poa pratensis*), клевер луговой (*Trifolium pratense*) и другие.

Результаты исследований лаборатории декоративного садоводства (Мирошниченко, 1972) и опыт выращивания газонов в Академгородке дают основание считать, что в условиях лесостепи Западной Сибири лучшие по травостою и устойчивости газоны можно создать из мятлика лугового и овсяницы луговой, овсяницы красной, полевицы белой. Всего рекомендуется использовать для создания газонов различного назначения 22 вида трав, в том числе основных — 8 видов.

Ученые и специалисты, работники Лесозащитной опытной станции Ботанического сада за два десятилетия сделали много по формированию зеленого наряда Академгородка, сохранению и преобразованию естественных насаждений и повышению их устойчивости, реконструкции малоценных древостоев, созданию высокодекоративных ландшафтных групп и аллейных посадок на улицах и дворовых участках, скверах и садах, строительству и содержанию цветников и газонов.

Новосибирский научный центр — самый зеленый город в Сибири. Обеспеченность зелеными насаждениями одного жителя с учетом лесопаркового пояса составляет 240 м², что значительно больше нормы.

Опыт сохранения и преобразования естественных насаждений и зеленого строительства в Академгородке широко используется в практике благоустройства и озеленения многих городов и поселков Сибири.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рекреационное использование лесов существенно влияет на структуру, состав, ход роста насаждений, их общее состояние, устойчивость и долговечность.

Уплотнение почвы в лесу — один из основных факторов, нарушающий ее водно-физические свойства. Влиянию уплотнения подвергается поверхностный слой почвы глубиной 10—15 см, причем с увеличением объемного веса почвы в этом слое на $0,1 \text{ г/см}^3$ ее общая порозность снижается в среднем на 4%, а капиллярная влагоемкость — на 4—5%. На уплотненных участках в 3—4 раза увеличивается глубина промерзания почвы и значительно уменьшается начальная скорость впитывания воды.

Уплотненный слой заметно снижает накопление влаги в корнеобитаемой толще и ускоряет ее иссушение. В насаждениях с высокой рекреационной нагрузкой (площадь уплотненной поверхности более 30%, $K_p > 0,3$) запасы влаги в корнеобитаемой толще в среднем в 1,2—2,5 раза меньше в сравнении с контролем. Наибольшие потери влаги наблюдаются в слое 10—80 см.

Уплотнение почвы нарушает ее тепловой режим. Исследования показали, что на протяжении вегетационного периода температура верхнего 40-сантиметрового слоя почвы на участках с уплотненной поверхностью выше, чем на участках с почвой естественного сложения, в среднем на 3—5°, а в слое 0—10 см эти различия достигают в отдельные периоды 7°.

Под влиянием рекреационной нагрузки происходит разрушение и снижение запасов лесной подстилки, а также ее иссушение. С увеличением в разнотравных сосновых и березовых насаждениях площади уплотненной поверхности почвы до 50% и более ($K_p > 0,5$) ее запасы сокращаются в 2,5—10 раз, что приводит к значительному снижению поступления питательных веществ в почву.

Наименее устойчивый ярус в рекреационных лесах — травяной покров. Под влиянием нагрузки изменяется и обедняется

его видовой состав, снижается обилие и проективное покрытие. Из покрова исчезают многие лесные (в первую очередь, декоративные) виды и появляются сорные растения, способные переносить повышенную инсоляцию, плотность и сухость почвы (горец птичий, подорожник, одуванчик и др.). Из лесных и лесолужковых видов наиболее устойчивы к уплотнению почвы и травмированию злаки и осоки.

Рекреационное использование приводит к значительному сокращению почвенного запаса семян, препятствует появлению и ускоряет отпад самосева древесных растений, вызывает травмирование, снижение обилия и ухудшение состояния подроста. На участках с площадью уплотненной поверхности почвы 30% и более ($K_p > 0,3$) повреждается, как правило, свыше половины подроста, возобновление слабое, чаще — неудовлетворительное. Ухудшение состояния подроста происходит в мшисто-ягодниковом сосновом насаждении без смены состава, в разнотравном — со сменой пород (на березу и осину).

Уплотнение почвы угнетает рост деревьев. Средняя длина всасывающего корневого окончания сокращается под влиянием уплотнения почвы у 21-летней сосны на 15—25%, у 35—45-летней березы — на 6—16%. Общая длина физиологически активных корней сосны и березы в 40-сантиметровом слое почвы с уплотненной поверхностью уменьшается по сравнению с почвой естественного сложения в 1,3—1,5 раза.

Радиальный прирост ослабленных деревьев уменьшается в 1,6—2, усыхающих — в 3,3—5,5 раза. Наименьший период от начала снижения прироста до полного прекращения роста у березы продолжается 10—12, у осины — 7—8 лет. Рост березы и сосны ослаблен при среднем объеме весе верхнего 10-сантиметрового слоя почвы $1,17 \pm 0,01$ и $1,11 \pm 0,02$ г/см³, осины — $1,07 \pm 0,02$ г/см³. Наиболее устойчива к уплотнению почвы береза, менее устойчивы сосна и осина.

Между средним объемным весом верхнего 10-сантиметрового слоя дерново-подзолистой супесчаной почвы и площадью уплотненной поверхности на участке установлена тесная прямая зависимость ($r = 0,85 \pm 0,06$). В связи с этим по мере расширения площади троп в насаждениях уменьшается количество деревьев хорошего и удовлетворительного роста (для древостоев с преобладанием сосны $r = -0,83 \pm 0,05$, березы $r = -0,80 \pm 0,06$) и увеличивается доля деревьев других (ослабленного роста, суховершинных) категорий.

Отрицательное влияние рекреационной нагрузки на водный режим почвы и отдельные ярусы лесного фитоценоза уже отчетливо заметно на участках с площадью уплотненной поверхности почвы от 20 до 30%. Значит, насаждения, в которых уплотненная почва занимает более 30% площади ($K_p > 0,3$), необходимо относить к сильно нарушенным, а дорожно-тропиночная сеть, спортивные площадки, места для отдыха, устраиваемые в лесу,

не должны занимать в совокупности более 10% лесопокрытой площади.

На сохранность, устойчивость и долговечность естественных насаждений в условиях построенного города наряду с уплотнением почвы определенное влияние оказывают расчленение крупных лесных массивов на мелкие участки и травмирование деревьев при строительстве. Малоустойчивы и наиболее нарушены участки леса площадью до 0,5 га, расположенные, как правило, в жилых дворах, на территории детских садов и школ, в местах массового и транзитного движения пешеходов. Нагрузка на них достигает 500 чел. и более. Уплотненная поверхность почвы занимает от 30 до 90% площади ($K_p > 0,3$).

Относительную устойчивость против антропогенных факторов сохраняют насаждения на участках площадью более 1 га, испытывающие слабую антропогенную нагрузку ($K_p < 0,1$). Следовательно, при строительстве новых городов (подобных Академгородку) на залесенной территории участки леса, оставляемые в зоне застройки в качестве объектов озеленения, должны быть компактными и не менее 1 га по площади.

Лесохозяйственные мероприятия, разработанные и применяемые в лесах СО АН СССР, позволяют сохранять, преобразовывать и обогащать естественные насаждения в зоне застройки и окрестностях Академгородка. Наиболее эффективным в условиях высокой антропогенной нагрузки следует признать метод полной изоляции насаждений (лес на отдыхе) с одновременным проведением мероприятий по повышению их устойчивости и долговечности. С помощью этого метода удается в сравнительно короткие сроки (за 3—5 лет) восстановить на нарушенных участках почти первоначальную лесную обстановку, улучшить рост, состояние, декоративные и санитарно-гигиенические свойства насаждений.

Двадцатилетний опыт сохранения и преобразования лесов Новосибирского научного центра СО АН СССР дает основание считать возможным повышение устойчивости и долговечности рекреационных насаждений при активном целенаправленном лесоводственном воздействии.

Абрамова М. М. Опыты по изучению испарения влаги из почвы.— «Труды Ин-та леса АН СССР», 1958, т. 38, с. 126—139.

Адерихин П. Г., Чурилина Ю. Г. Изменение содержания минеральных фосфатов при высушивании почвы.— «Науч. докл. высш. школы. Биол. науки», 1965, № 4, с. 196—200.

Агроклиматические ресурсы Новосибирской области. Л., Гидрометеопиздат, 1971. 155 с.

Азьмука Т. И., Воронина Л. В., Пазухина Р. А., Сляднев А. П., Тихонова Э. Л., Черникова М. И. Ресурсы климата.— В кн.: Оценка природных ресурсов Новосибирской области. Новосибирск, 1972, с. 20—41.

Анашев Н. И. Влияние одпорядных зеленых насаждений на микроклимат в условиях Северного Казахстана.— «Гигиена и санитария», 1964, № 6, с. 68—70.

Антанайтис В., Битвинскас Т. Исследование текущего прироста насаждений в Литовской ССР.— «Лесной ж.», 1963, № 4, с. 35—38.

Анучин Н. П. Лесная таксация. М.—Л., Гослесбумиздат, 1960. 521 с.

Афанасьева В. Н. Динамика развития травяного покрова в разных типах леса под влиянием опада.— В кн.: Материалы по динамике растительного покрова. Владимир, 1968, с. 162—163.

Баглай А. Н. О динамике роста горизонтальных корней сосны.— «Науч. докл. высш. школы. Биол. науки», 1965, № 4, с. 136—139

Бакулин В. Т., Спиридонов В. Н. Интенсивность деградации естественных насаждений в условиях города.— В кн.: Вопросы лесопаркового хозяйства и озеленения Новосибирского научного центра. Новосибирск, 1972, с. 5—15.

Балашова С. С. Изменение растительности сложных боров под влиянием деятельности человека.— В кн.: Лесоводственные исследования в Серебряноборском опытном лесничестве. М., «Наука», 1973, с. 21—35.

Баннов М. Г., Федосеев Г. С. Гидробур — растениепитатель.— «Земля сибирская, дальневосточная», 1969, № 8, с. 44—45.

Бекетов А. Н. О влиянии климата на возрастание сосны и ели.— «Труды I съезда русских естествоиспытателей». Сиб., 1867 (микрофильм).

Бекетов А. Н. Влияние возраста, климата и других физических условий на поперечное возрастание сосны, кедра, ели и лиственницы. Сиб., 1872 (микрофильм).

Белов С. В. Оценка гигиенической роли леса.— «Лесное хоз-во», 1964а, № 1, с. 8—13.

Белов С. В. Количественная оценка гигиенической роли леса и нормы зеленых зон (методическое пособие). Л., 1964б. 65 с.

- Бернашвили И. В.** Влияние леса на ионизацию воздуха и на солнечную радиацию.— «Труды Тбилисского ин-та леса», 1964, т. 13, с. 51—62.
- Бернашвили И. В.** Влияние леса на ионизацию воздуха в условиях Черноморского побережья Грузии.— «Труды Тбилисского ин-та леса», 1968, т. 17, с. 162—173.
- Берюнев К. Г.** Гигиеническое значение озеленения городов.— В кн.: Руководство по коммунальной гигиене. Т. 1. М., Медгиз, 1961, с. 567—593.
- Берюнев К. Г., Румишцева М. В., Карагодина И. Л.** Влияние шума и выхлопных газов от городского транспорта на гигиенические условия территории больниц и больничных помещений.— «Гигиена и санитария», 1957, № 5, с. 9—16.
- Битвинская Т. Т.** Динамика прироста посадочной и возможность ее прогнозирования.— «Докл. Тимирязевской с.-х. акад.», 1964, вып. 99, с. 497—503.
- Бобохидзе Н. В.** Зеленые посадки и очистка атмосферного воздуха от сернистого газа.— В кн.: Озеленение городов. М., 1973, с. 165—167. (Науч. труды АНХ, вып. 101).
- Бойченко Н. И.** Вопросы восстановления и улучшения природного ландшафта в генеральном плане г. Перми.— В кн.: Озелененные территории города как среда для труда, жизни и отдыха населения. Т. 2. Таллин, 1968, с. 118—127.
- Болычевцев В. Г.** Оздоровительная роль лесных посадочных различного состава.— «Докл. Тимирязевской с.-х. акад.», 1968, вып. 144, с. 247—252.
- Ботенков В. П.** Влияние минеральных удобрений на текущий прирост сосняка верескового.— «Лесное хоз-во», 1969, № 8, с. 20—21.
- Будрюнас А. Р.** Антропогенная дигрессия лесов в густонаселенных районах.— В кн.: Вопросы охраны ботанических объектов. Л., «Наука», 1971, с. 48—53.
- Бузыкин А. И., Побединский А. В.** К вопросу учета подроста и самосева.— «Труды Ин-та леса и древесины СО АН СССР», 1963, т. 57, с. 185—191.
- Булботко Г. В.** Влияние физических свойств почв на развитие корневой системы яблони.— «Почвоведение», 1973, № 4, с. 65—70.
- Васильев И. М.** О почвенном питании древесных пород в городских условиях.— «Труды Ин-та леса АН СССР», 1955, т. 24, с. 281—297.
- Васильева И. Н.** Влияние выщелачивания на физические свойства почвы и корневые системы растений.— В кн.: Лесоводственные исследования в Серебряноборском опытном лесничестве. М., «Наука», 1973, с. 36—44.
- Вернер А. Р., Делова Г. В.** Антимикробные свойства некоторых лекарственных растений.— В кн.: Растительные ресурсы Сибири, Урала и Дальнего Востока. Новосибирск, «Наука», 1965, с. 114—125.
- Вернер А. Р., Делова Г. В., Гонтарь Э. М.** Фитонцидная активность некоторых дикорастущих луков Сибири.— «Известия Сиб. отд. АН СССР», 1961, № 7, с. 83—91.
- Вишокуров М. А., Шакиров К. Ш.** Изучение лесных подстилок в целях рационального использования плодородия лесных почв.— В кн.: Взаимоотношения леса с почвой. Казань, 1964, с. 7—31.
- Вишнер В. И.** Влияние травяно-кустарничкового покрова и подстилки на микроклимат и почву в лесах Забайкалья.— «Труды Ин-та леса и древесины СО АН СССР», 1962, т. 54, с. 30—60.
- Вихров В. И., Протасевич Р. Т.** Прирост древесины сосны в связи с условиями обитания и изменениями погоды.— В кн.: Экология древесных растений. Минск, 1965, с. 92—100.
- Власюк В. И.** Изучение фитонцидных свойств лесов и парков курортных городов.— В кн.: Повышение продуктивности лесов. М., 1968, с. 153—160.
- Власюк В. И.** Фитонцидные и ионизационные свойства основных древесных пород зеленой зоны г. Москвы. Автореф. канд. дис. М., 1970. 30 с.

Воробьева Т. И. Динамика роста корней березы в разных экологических условиях.— «Бюл. МОИП. Отд. биол.», 1961, т. 16, № 1, с. 89—96.

Воропанов П. В. Определение текущего древесного прироста. М.—Л., Гослесбумиздат, 1961. 134 с.

Воропин Л. Е. Влияние удаления лесной подстилки в сосновых лесах лесостепи Украины на водно-физические свойства почвы.— В кн.: Лесоведение и лесоводство. Харьков, 1964, с. 109—124.

Ву А. В. Исследование особенностей роста корневой системы липы мелколистной в зависимости от условий произрастания в городских насаждениях. Автореф. канд. дис. М., 1961. 22 с.

Ву А. В. К методике изучения периодичности роста корней деревьев в городе.— В кн.: Озеленение городов. М., 1964, с. 213—229. (Науч. труды АРХ, вып. 33).

Гальперин М. И. Особенности строения и роста сосновых древостоев в зеленых зонах промышленных центров Среднего Урала.— Лесная таксация и лесоустройство, раздел III. Красноярск, 1972, с. 44—50.

Генеральная схема лесопаркового устройства и озеленения Новосибирского научного центра (ЦСБС, рукопись). Академгородок, 1967. 146 с.

Горниенко К. П. Почвы южной части Сибири. М., Изд-во АН СССР, 1955. 592 с.

Гречин И. П. Роль азота в изменении свойств дерново-подзолистой почвы.— «Докл. Тимирязевской с.-х. акад.», 1961, вып. 63, с. 93—98.

Гречин И. П., Курлыкова М. В. Изменение свойств дерново-подзолистой почвы в зависимости от содержания в ней кислорода и углекислоты.— «Изв. Тимирязевской с.-х. акад.», 1962, вып. 4, с. 111—116.

Гречин И. П., Кауричев И. С., Никольский Н. П., Иванов Н. П., Поддубный П. И. Практикум по почвоведению. М., «Голос», 1964. 424 с.

Грибанов Д. Н. Степные боры Алтайского края и Казахстана. М.—Л., Гослесбумиздат, 1960. 156 с.

Григоряченко И. А. Естественное возобновление сосны в среднеобских борах.— В кн.: Вопросы лесной промышленности и лесного хозяйства Сибири. Красноярск, 1964, с. 169—176.

Грин А. М. Инфильтрационные свойства почв и внутризональные особенности структуры водного баланса.— «Изв. ВГО», 1971, т. 103, № 5, с. 463—469.

Грин А. М. Зависимость инфильтрационной способности от физических и химических свойств почв.— «Почвоведение», 1972, № 8, с. 66—73.

Грин А. М., Назаров Г. В. Сравнительная характеристика впитывающей способности почв лесостепной зоны европейской части СССР.— «Почвоведение», 1965а, № 3, с. 47—52.

Грин А. М., Назаров Г. В. Особенности водопроницаемости почв лесостепной зоны европейской части СССР.— «Изв. ВГО», 1965б, т. 97, № 2, с. 184—189.

Гринько Н. И. Влияние уплотнения почвы на некоторые физические свойства и ее биологическую активность.— В кн.: Теоретические вопросы обработки почв. Л., Гидрометеоздат, 1968, с. 127—130.

Гром И. И. Фитонцидная активность ягод и лекарственных трав Крайнего Севера.— В кн.: Фитонциды, их биологическая роль и значение для медицины и народного хозяйства. Киев, «Наукова думка», 1967, с. 97—101.

Гупало А. И. Тепловые свойства почвы в зависимости от ее влажности и плотности.— «Почвоведение», 1959, № 4, с. 40—45.

Гуревич Ф. А. Санитарно-гигиеническое значение фитонцидов леса.— В кн.: Таежное природопользование. Иркутск, 1974, с. 25—28.

Гуськов П. И. Почвы Новосибирской области. Новосибирск, 1947. 165 с.

Делова Г. В. Фитонцидные свойства некоторых древесных и кустарниковых пород.— В кн.: Фитонциды, их биологическая роль и значение

для медицины и народного хозяйства. Киев, «Наукова думка», 1967, с. 115—119.

Добровольский В. В. Руководство к лабораторным работам по курсу «Основы почвоведения и географии почв». М., Учгедгиз, 1962. 412 с.

Долгов С. И., Модина С. А. О некоторых закономерностях зависимости урожайности сельскохозяйственных культур от плотности почвы.— В кн.: Теоретические вопросы обработки почв. Вып. 2. М., Гидрометеопиздат, 1969, с. 54—64.

Дорофеева А. А. К динамике текущего прироста кедровников после промышленных рубок.— В кн.: Сборник трудов. М., «Лесная промышленность», 1971, с. 73—86. (ДальНИИХ, вып. 41).

Дорохин А. П. Особенности формирования сосновых посадений на вырубках Кривошеинского лесхоза Томской области.— В кн.: Вопросы повышения продуктивности лесов. Новосибирск, Зап-Сиб. книжное издательство, 1968, с. 114—120.

Доярченко А. Г. Дифференциальная скважность как показатель почвенной структуры.— Избр. соч. М., Сельхозгиз, 1963а, с. 205—223.

Доярченко А. Г. Водопроницаемость почв и грунтов как фактор плодородия полей.— Избр. соч. М., Сельхозгиз, 1963б, с. 79—90.

Дьяконова А. А. Агрохимические свойства окультуренных дерново-слабоподзолистых почв.— В кн.: Пути химизации и интенсификации сельского хозяйства Новосибирской области. Новосибирск, 1968, с. 16—25.

Дьяконова А. А. Почвы надпойменных террас Оби в районе Новосибирского водохранилища.— В кн.: Растительность Приобья и ее хозяйственное использование. Новосибирск, «Наука», 1973, с. 242—255.

Дьяконова А. А., Киселева А. П. Водный режим почв и метеорологические условия ЦСБС.— В кн.: Новые полезные растения Сибири. Новосибирск, 1965, с. 190—204.

Еремеев Г. Н. Рост поглощающих корней древесных плодовых растений в зависимости от почвенных условий.— «Докл. АН СССР», 1960, т. 130, № 3, с. 678—681.

Жученков А. А. Реакция растений на плотность дерново-подзолистой глееватой почвы.— В кн.: Теоретические вопросы обработки почв. Вып. 2. М., Гидрометеопиздат, 1969, с. 214—216.

Звиедре А. А., Суна Ж. Ю. О лесах курорта Юрмала.— В кн.: Охрана природы в Латвийской ССР. Рига, 1972, с. 59—70.

Звиедрис А., Ронис А. О состоянии и оздоровлении лесов Рижского взморья.— «Изв. АН ЛатвССР», 1957, № 1, с. 55—61.

Звиедрис А., Саценеке Р. О влиянии климатических факторов на прирост сосновых стволов по диаметру.— «Изв. АН ЛатвССР», 1958, № 5, с. 37—44.

Звиедрис А. П., Калыныш А. Я. Влияние рубок ухода на годичные слои сосны.— «Лесное хоз-во», 1968, № 12, с. 19—21.

Згуровская Л. П. К вопросу о строении сосудных и мелких проводящих корней в зависимости от глубины их залегания.— В кн.: Физиологические основы роста древесных растений. М., Изд-во АН СССР, 1960, с. 21—32.

Зеликов В. Д., Нионнова В. Г. Влияние уплотнения почвы на посадки в лесонарках.— «Лесное хоз-во», 1961, № 12, с. 34—37.

Зеликов В. Д., Нионнова В. Г. Некоторые особенности почв лесонарков, скверов и улиц Москвы.— «Гор. хоз-во Москвы», 1962, № 5, с. 28—31.

Зражевский А. И., Крот Е. И. Роль соснового насаждения в накоплении азота, фосфора и калия в почве.— «Труды Ин-та леса АН СССР», 1955, т. 24, с. 195—203.

Зубкус Л. П., Скворцова А. В., Кормачева Т. П. Озеленение Новосибирска. Новосибирск, 1962. 340 с.

Зудин Н. А. Корневые системы сосны и березы в смешанных насаждениях.— В кн.: Сборник трудов. Йошкар-Ола, 1961, с. 101—106 (Новольк. лесотехн. ин-т, № 55).

Зюбина В. П., Протопопов В. В. Влияние леса на климат прилегающих территорий в Красноярско-Ачинской и Канской лесостепях.— В кн.: Средообразующая роль леса. Красноярск, 1974, с. 20—29.

Иванов Л. А. О сосудном аппарате корня древесных пород Советского Союза.— «Докл. АН СССР», 1953, т. 94, № 4, с. 713—716.

Иванов А., Стойнев К. Изучение влияния плотности почвы на ее плодородие и количество недоступной влаги в ней.— В кн.: Физика почв и приемы их обработки. Вып. 14. Л., «Колос», 1967, с. 193—203.

Игнатьева Л. А. Особенности биологического круговорота азота и минеральных элементов в некоторых типах леса Среднего Приобья.— В кн.: Геоботанические исследования в Западной и Средней Сибири. Новосибирск, «Наука», 1971а, с. 250—261.

Игнатьева Л. А. Роль лесных фитоценозов Приобья в биологическом круговороте.— «Изв. Сиб. отд. АН СССР», 1971б, № 15. Сер. биол. наук, вып. 3, с. 32—33.

Игнатьева Л. А. Накопление органического вещества, зольных элементов и азота в травяном покрове некоторых типов лесов Приобья.— В кн.: Биологическая продуктивность и круговорот химических элементов в растительных сообществах. Л., «Наука», 1971в, с. 258—263.

Издебеккий А. М. Опыт физиолого-гигиенического изучения микроклимата зеленых насаждений.— «Гигиена и санитария», 1949, № 5, с. 18—21.

Ильин И. Р. Воздушный режим и плотность орошаемых почв Приднестровья.— В кн.: Теоретические вопросы обработки почв. Л., Гидрометеоздат, 1968, с. 262—267.

Ишемьяров А. Ш. Влажность почвы и вопросы создания оптимального строения пахотного горизонта.— «Труды Башкирского науч. исслед. ин-та сельского хоз-ва», 1966, вып. 2, с. 69—77.

Ишемьяров А. Ш., Тайчинов С. Н. Влияние строения пахотного горизонта на водно-физические свойства тучных черноземов и урожай сельско-хозяйственных культур.— «Почвоведение», 1966, № 8, с. 96—105.

Ишин Ю. Д. Состояние некоторых лесонарковых насаждений и задачи их улучшения.— «Докл. Тимирязевской с.-х. акад.», 1964, вып. 99, с. 521—525.

Ишин Ю. Д. Твердые осадки в лесонарках Подмосковья и влияние их на устойчивость лесонасаждений.— «Докл. Тимирязевской с.-х. акад.», 1965а, вып. 109, ч. 2, с. 189—193.

Ишин Ю. Д. О плотности почв в сосняках лесонарков Подмосковья.— «Докл. Тимирязевской с.-х. акад.», 1965б, вып. 115, с. 195—199.

Казадаев С. А. Опыт минеральной подкормки сосны в 20-летнем насаждении.— «Труды Воронежского запovedника», 1957, вып. 7, с. 93—96.

Казанская Н. С. Динамика травяно-кустарничкового яруса некоторых лесных фитоценозов под влиянием рекреационной деятельности человека.— В кн.: Количественные методы анализа растительности. Рига, 1971, с. 128—133.

Казанская Н. С. Изучение рекреационной дигрессии естественных группировок растительности.— «Изв. АН СССР. Сер. геогр.», 1972, № 1, с. 52—59.

Казанская Н. С., Каламкарлова О. А. Изменение сложных ельников под влиянием туристического (рекреационного) использования.— В кн.: Биогеография. Вып. 4. М., 1970, с. 9—10.

Каламкарлова О. А. К вопросу о мерах сохранения лесов в зонах массового загородного отдыха.— В кн.: Рефераты докл. науч.-техн. конф. Моск. лесотехнического ин-та. Секция повышение продуктивности лесов и улучшение ведения лесного хозяйства. М., 1969, с. 78—79.

Каменецкая И. В. Почвенный запас семян сосны и основных травяно-кустарничковых растений в сосняках черничных.— В кн.: Сосновые боры подзоны южной тайги и пути ведения в них лесного хозяйства. М., «Наука», 1969, с. 252—263.

Карписонова Р. А. Изменения в растительном покрове Останкинской дубравы.— «Бюл. Гл. бот. сада АН СССР», 1962, вып. 46, с. 74—79.

Карписонова Р. А. Дубравы лесопарковой зоны Москвы. М., «Наука», 1967. 104 с.

Качинский П. А. Корневая система растений в почвах подзолистого типа. М., 1925. 89 с.

Качинский П. А. О структуре почвы, некоторых водных ее свойствах и дифференциальной порозности.— «Почвоведение», 1947, № 6, с. 336—348.

Кириллов Г. П., Сидоренко В. Ф. К вопросу о снижении концентраций выхлопных газов автотранспорта различными типами зеленых насаждений.— «Сб. тр. Волгоградск. ин-та ниж. гор. хоз-ва», 1972а, вып. 1, с. 80—84.

Кириллов Г. П., Сидоренко В. Ф. Исследования снижения концентрации выхлопных газов автотранспорта зелеными насаждениями в зимний период года.— «Сб. тр. Волгоградск. ин-та ниж. гор. хоз-ва», 1972б, вып. 1, с. 84—98.

Клычников В. М. Прибор для определения водопроницаемости почвогрунтов в полевых условиях.— «Почвоведение», 1952, № 9, с. 851—859.

Коваленко М. П., Федоренко С. П. Влияние подпочки различной интенсивности на прирост сосновых насаждений.— В кн.: Лесоводство и агролесомелiorация. Вып. 30. Киев, «Урожай», 1972, с. 65—70.

Коваленок А. В., Токин Б. П., Янович Г. Д. Микрофлора воздуха в условиях разных растительных ассоциаций.— В кн.: Фитонциды, их роль в природе и значение для медицины. М., Изд-во АМН СССР, 1952, с. 7—14.

Ковда В. А. Минеральный состав растений и почвообразование.— «Почвоведение», 1956, № 1, с. 6—38.

Кожеватова П. Ф. Возобновление кедра в левобережье Оби Томской области.— «Труды по лесному хоз-ву Сибири», 1960, вып. 5, с. 67—75.

Кожеватова П. Ф. Возобновление кедра сибирского под пологом леса и на условно-сплошных вырубках в таежной зоне.— «Труды по лесному хоз-ву Сибири», 1962, вып. 7, с. 75—84.

Колесников В. А. Корневая система плодовых и ягодных растений и методы ее изучения. М., 1962. 491 с.

Колесников В. А. Циклическая смена корней плодовых и ягодных растений.— В кн.: Методы изучения продуктивности корневых систем и организмов ризосферы. М., «Наука», 1968, с. 103—107.

Колесников Е. В. Методы изучения роста всасывающих корней у плодовых деревьев.— «Изв. Тимирязевской с.-х. акад.», 1957, вып. 6, с. 51—60.

Козырев Ф. Е. Испарение воды почвой.— «Почвоведение», 1939, № 5, с. 33—54.

Комаров В. Д. Исследование водопроницаемости мерзлой почвы.— «Метеорология и гидрология», 1957, № 2, с. 10—18.

Комин Г. Е. Циклическая и динамика прироста деревьев и древостоев сосны таежной зоны Западной Сибири.— «Изв. Сиб. отд. АН СССР», 1970, № 15. Сер. биол. наук, вып. 3, с. 36—44.

Комин Г. Е. Влияние климатических и фитоденотических факторов на прирост деревьев в древостоях.— «Экология», 1973, № 1, с. 74—83.

Коновалов Н. А. О повышении декоративности зеленых насаждений в городах.— В кн.: Озеленение городов. М., 1970, с. 3—7. (Науч. труды АГХ, вып. 83).

Коновалов Н. А., Соколов М. П. Некоторые итоги применения удобрений в средневозрастных сосняках южной тайги Среднего Урала.— «Лесной ж.», 1973, № 4, с. 151—152.

Корнась Я. Современные антропогенные изменения во флоре Польши.— «Український ботанічний ж.», 1971, т. 28, № 2, с. 167—173.

Корнев В. П. Лесная подстилка — важный фактор плодородия лесных почв.— В кн.: Пути повышения продуктивности лесов Брянской области. Брянск, 1964, с. 24—35.

Короначинский И. Ю., Скворцова А. В. Дикорастущие древесные растения Западной Сибири (задачи их изучения и перспективы введения в культуру).— В кн.: Пути и методы обогащения дендрофлоры Сибири и Дальнего Востока. Новосибирск, «Наука», 1969, с. 54—61.

Костюкович П. И. Озеленение городов и населенных мест в целях оздоровления их климата.— «Лесоведение и лесное хозяйство», 1974, вып. 8, с. 28—32.

Кочановский С. Б. О влиянии аэрации на рост и минеральное питание древесных растений.— В кн.: Экспериментальная ботаника. Минск, Изд-во АН БССР, 1962, с. 90—96.

Кочановский С. Б. Влияние водно-воздушного режима почв на состояние некоторых древесных декоративных растений в условиях городского озеленения. Автореф. канд. дис. Минск, 1964. 24 с.

Кошельков С. П., Орлов А. Н., Алексеева Т. Г. Влияние искусственного изменения увлажнения почвы на рост культур сосны в южной тайге.— «Лесоведение», 1972, № 2, с. 3—16.

Краткий справочник лесоустроителя. Киев, 1958. 238 с.

Кротова П. Г. Влияние изменения воздушной среды на рост и развитие сосны в лесной даче ТСХА.— «Докл. Тимирязевской с.-х. акад.», 1957, вып. 29, с. 300—306.

Кротова Н. Г. Влияние подлеска на физико-химические свойства почвы лесной опытной дачи ТСХА.— «Докл. Тимирязевской с.-х. акад.», 1969, вып. 149, с. 265—269.

Крылов Г. В. Возобновление леса на концентрированных лесосеках и системы рубок в лесах Западной Сибири.— В кн.: Третья Зап.-Сиб. конф. ВНИТОЛЕС. Новосибирск, 1954, с. 3—20.

Крылов Г. В. Создание зеленых зон вокруг городов Западной Сибири.— «Труды по лесному хоз-ву Зап. Сибири», 1957, вып. 3, с. 273—278.

Крылов Г. В. Леса Западной Сибири. М., Изд-во АН СССР, 1961. 255 с.

Крылов Г. В., Куликов М. И. Возобновление пихты сибирской в Горной Шории, Кузнецком Алатау, на Салаире и Алтае.— «Труды по лесному хоз-ву Сибири», 1962, вып. 7, с. 103—113.

Крылов Г. В., Прижников А. П. О фитонцидности и биологической полезности кедровников.— «Изв. Сиб. отд. АН СССР», 1965, № 12. Сер. биол.-мед. наук, вып. 3, с. 3—13.

Куминова А. В. Растительный покров Алтая. Новосибирск, 1960. 450 с.

Куминова А. В., Вагина Т. А., Лапшина Е. И. Геоботаническое районирование юго-востока Западно-Сибирской низменности.— В кн.: Растительность степной и лесостепной зон Западной Сибири. Новосибирск, 1963, с. 35—62.

Курнаев С. Ф., Вакуров А. Д. Жизнестойкость хвойных древостоев в лесопарковом поясе Москвы.— В кн.: Сложные боры хвойно-широколиственных лесов и пути ведения лесного хозяйства в лесопарковых условиях Подмосковья. М., «Наука», 1968, с. 209—227.

Ланна В. В., Казанская Н. С. Охрана и повышение устойчивости лесопарковых насаждений.— «Лесное хоз-во», 1973, № 4, с. 42—47.

Лапшина Е. И. Березовые леса лесостепи юго-востока Западной Сибири.— В кн.: Растительность степной и лесостепной зон Западной Сибири. Новосибирск, 1963, с. 103—130.

Ларин П. А. Водопроницаемость мерзлых почв при различных приемах обработки.— «Почвоведение», 1961, № 11, с. 89—93.

Ларин П. А. Воздухопроницаемость мерзлых почв в зависимости от осенней обработки и влажности.— «Почвоведение», 1963, № 2, с. 75—81.

Лащинский Н. Н. Естественное возобновление лиственницы сибирской в горных лесах Алтая.— «Труды по лесному хоз-ву Сибири», 1962, вып. 7, с. 113—125.

Леонтьев Н. Л. Техника статистических вычислений. М., «Лесная промышленность», 1961. 250 с.

Лисеев А. С. Влияние осадков на прирост сосны.— «Лесоведение», 1969, № 4, с. 18—25.

Лобанов Н. В. Микотрофность древесных растений. М., «Лесная промышленность», 1971. 216 с.

Любославский Г. А. К вопросу о влиянии растительного покрова на распределение температур и влажностей в нижних слоях воздуха.— «Изв. Императорского лесного ин-та», 1916, вып. 29, с. 106—165.

Макаренко Г. П. Сезонный прирост побегов сосны в молодняках в зависимости от интенсивности изреживания.— В кн.: Леса Урала и хозяйство в них. Вып. 6. Свердловск, 1972, с. 104—109.

Мамаев С. А. Пути обогащения ассортимента декоративных деревьев и кустарников для озеленения городов Урала и Сибири.— В кн.: Озеленение городов. М., 1970, с. 105—115. (Науч. труды АРХ. вып. 83).

Мамаев С. А., Шкарлет О. Д. Особенности сезонного развития генеративных органов сосны обыкновенной в условиях загрязнения воздуха и почвы отходами промышленности.— В кн.: Сезонное развитие природы, 1969 год. М., 1972, с. 83—85.

Машинский Л. О. Некоторые особенности роста городских древесных насаждений и задачи агротехники.— В кн.: Озеленение городов Западной Сибири. Новосибирск, 1960, с. 33—49.

Машинский Л. О. О влиянии зеленых насаждений на климатические условия города.— В кн.: В помощь проектировщику. Вып. 3(10). Киев, 1962, с. 36—44.

Машинский Л. О. Влияние города на жизнь и развитие растений.— В кн.: Ландшафтная архитектура. М., 1963а, с. 16—24.

Машинский Л. О. Город и природа (городские зеленые насаждения).— «Проблемы советского градостроительства», 1963б, № 14, с. 3—44.

Машинский Л. О. Город и природа. М., Стройиздат, 1973. 228 с.

Мелехов И. С. Рубки главного пользования. М., «Лесная промышленность», 1966. 374 с.

Мелехов И. С. Повышение продуктивности лесов в связи с их многоцелевым назначением.— В кн.: Лесное хозяйство и лесная промышленность СССР. М., «Лесная промышленность», 1972, с. 134—142.

Минх А. А. Ионизация воздуха и ее гигиеническое значение. М., Медгиз, 1963. 352 с.

Мирзоев Р. А. Озеленение Ангарска.— «Проблемы советского градостроительства», 1963, № 14, с. 74—80.

Миросниченко Е. Я. К результатам исследований по интродукции газонных растений в Сибири.— В кн.: Растения природной флоры Сибири для зеленого строительства. Новосибирск, «Наука», 1972, с. 215—220.

Мичурин В. И. Связь содержания влаги со всасывающим давлением и плотностью почвы.— В кн.: Теоретические вопросы обработки почв. Л., Гидрометеиздат, 1968, с. 40—43.

Молчанов А. А. Промерзание и оттаивание почвы.— «Лесное хоз-во», 1950, № 1, с. 27—31.

Молчанов А. А. Гидрологическая роль сосновых лесов на песчаных почвах. М., Изд-во АН СССР, 1952. 488 с.

Молчанов А. А. Сосновый лес и влага. М., Изд-во АН СССР, 1953. 140 с.

Морозов Г. Ф. Учение о лесе. М.—Л., Гослесбумиздат, 1949. 456 с.

Морозов И. Р. Основные принципы ведения хозяйства и мероприятия в лесопарковых (зеленых) зонах городов и промышленных центров.— В кн.: Лес — наше богатство. М., Гослесбумиздат, 1962, с. 101—109.

Назаров Г. В. Зопальные особенности водопроницаемости почв СССР. Л., Изд-во ЛГУ, 1970. 184 с.

Наумов С. А. Оптимальная плотность серой лесной почвы для полевых культур и роль механической обработки в ее регулировании.— В кн.: Теоретические вопросы обработки почв. Вып. 2. Л., Гидрометеиздат, 1969, с. 119—125.

- Нестеров В. Г. Вопросы современного лесоводства. М., Сельхозгиз, 1961. 384 с.
- Нестеров В. Г., Ишин Ю. Д. Влияние антропогенных факторов на прирост сосняков лесопаркового пояса г. Москвы.— «Докл. Тимирязевской с.-х. акад.», 1969, вып. 154, с. 301—306.
- Никитин С. А. Некоторые особенности биологии и произрастания лесных растений в лесопарковых условиях Серебряноборского лесничества.— В кн.: Леса Подмосковья М., «Наука», 1965, с. 169—201.
- Никитина Н. К. О семенном размножении спорыша.— В кн.: Вопросы биологии семенного размножения. Саратов, 1965, с. 31—37. (Науч. зап. Ульяновского пед. ин-та, т. 20, вып. 6).
- Николаева Н. Н. Воздушный режим дерново-подзолистых почв. М., «Колос», 1970. 160 с.
- Николаенко В. Т. О наблюдениях за влиянием леса на поверхностный сток.— В кн.: Реферативно-тезисный сб. науч.-техн. конф. по результатам исслед. работ за 1959 год. Вып. 5. Брянск, 1960, с. 87—89.
- Нищенко А. А. Изменение естественной растительности Ленинградской области под воздействием человека. Л., 1961. 51 с.
- Обозов П. А. Прекращение пастбы скота в лесах как фактор повышения их продуктивности.— В кн.: Пути повышения продуктивности лесов Брянской области. Брянск, 1964, с. 92—96.
- Огневикий В. Д. О сосновых семенниках.— «Лесной ж.», 1898, вып. 4, с. 705—751.
- Олейникова В. И., Шестакова В. А. Взаимное влияние корневых систем сосны и березы.— «Вестн. с.-х. науки», 1969, № 3, с. 65—69.
- Оленев П. О. О фитонцидах черемухи.— «Природа», 1955, № 4, с. 105—106.
- Орлов А. Я. О роли сосущих корней древесных растений в обогащении почвы органическим веществом.— «Почвоведение», 1955, №6, с. 14—20.
- Орлов А. Я. Значение отмирающих сосущих корней деревьев в круговороте веществ в лесу.— «И. общей биологии», 1966, т. 27, № 1, с. 40—47.
- Орлов А. Я. Метод определения массы сосущих корней деревьев в лесу и возможность учета годичного прироста органической массы в толще лесной почвы.— «Лесоведение», 1967а, № 1, с. 64—70.
- Орлов А. Я. Изменение массы сосущих корней сосны в связи с различиями в режиме почвенных факторов в разные годы.— «Бюл. МОИП. Отд. биол.», 1967б, т. 72, № 1, с. 63—69.
- Орлов А. Я., Матвеева А. А., Мына В. П. Влияние искусственного изменения режима влажности почвы на рост культур сосны в зоне хвойно-широколиственных лесов.— «Лесоведение», 1972, № 3, с. 3—16.
- Павлова Г. Г. Сосновые леса в лесостепной и степной зонах Приобья.— В кн.: Растительность степной и лесостепной зон Западной Сибири. Новосибирск, 1963, с. 131—162.
- Паршевников А. Л. Круговорот азота и зольных элементов в связи со сменой пород в лесах средней тайги.— «Труды Ин-та леса и древесины СО АН СССР», 1962, т. 52, с. 196—209.
- Пеньковская Е. Ф. Исчезающие и редко встречающиеся растения во флоре Академгородка под Новосибирском.— В кн.: Охрана растительности и проблемы озеленения. Новосибирск, 1971, с. 16—32.
- Пеньковская Е. Ф. Конспект флоры окрестностей Академгородка (Новосибирская область).— В кн.: Новости географии и систематики растений Сибири. Новосибирск, «Наука», 1973, с. 30—88.
- Перетягин В. А. Механические приемы улучшения аэрации почвы в газонах.— В кн.: Озеленение городов. М., 1970, с. 94—100. (Науч. труды АКХ, вып. 83).
- Повкин В. М., Школлер Л. Я. Вопросы регулирования микроклимата в жилой застройке городов Сибири с использованием зеленых насаждений (пособие для проектировщиков). Новосибирск, 1970. 32 с.
- Плохинский Н. А. Биометрия. Новосибирск, 1961. 364 с.

- Побединский А. В.** Рубки главного пользования. М., «Лесная промышленность», 1964. 209 с.
- Победов В. С.** Применение удобрений в лесном хозяйстве. М., «Лесная промышленность», 1972. 200 с.
- Подзоров Н. В.** Некоторые причины усыхания сосновых посадений естественного и искусственного происхождения в Охтинской лесной даче. Автореф. канд. дис. Л., 1966. 19 с.
- Подзоров Н. В.** Пылезадерживающая роль насаждений. — «Лесное хоз-во», 1967, № 6, с. 39—40.
- Поздняков Д. К.** О накоплении лесной подстилки в сосновых лесах. — «Докл. АН СССР», 1953, т. 93, № 6, с. 1111—1113.
- Попов В. В.** Естественное возобновление на местах концентрированных вырубок в сосновых лесах нижнего течения р. Томи. — «Лесное хоз-во», 1940, № 11, с. 30—36.
- Попов В. В.** Влияние плотности на распределение объемов пор по размерам в сероземполуговых почвах Чуйской впадины в пределах Киргизской ССР. — «Труды Киргизского науч.-исслед. ин-та почвоведения», 1969, вып. 2, с. 101—105.
- Попов Л. В.** Опыт изучения капиллярных свойств лесной подстилки. — «Изв. Сиб. отд. АН СССР», 1958, № 10, с. 117—123.
- Попова Н. Я.** Особенности прохождения фенофаз и повреждаемость древесных растений в промышленных зонах. — В кн.: Сб. науч. работ молодых ученых Сред. АзНИИЛХ. Вып. 12. М., «Лесная промышленность», 1969, с. 97—103.
- Почвы Новосибирской области.** Новосибирск, «Наука», 1966. 422 с.
- Протопопов В. В.** Фитонцидность хвойных лесов Западного Саяна. — В кн.: Кристаллоносные микроорганизмы и перспективы их использования в лесном хозяйстве. М., «Наука», 1967, с. 64—73.
- Протопопов В. В., Гукасян А. Б.** Фитонцидная активность хвойных деревьев в Средней Сибири — В кн.: Микроорганизмы в борьбе с вредителями лесного хозяйства. М., «Наука», 1966, с. 81—86.
- Протопопов В. В., Черняева Г. Н.** Количество летучих органических веществ в атмосфере некоторых типов леса в Средней Сибири. — В кн.: Итоги изучения лесов Дальнего Востока. Владивосток, 1967а, с. 53—54.
- Протопопов В. В., Черняева Г. Н.** Количество некоторых летучих органических веществ, продуцируемых лесными биогеоценозами. — В кн.: Гидроклиматические исследования в лесах Сибири. М., «Наука», 1967б, с. 102—110.
- Протопопов В. В., Зюбина В. И.** Влияние леса на климат на примере лесостепной зоны Средней Сибири. — «Изв. Сиб. отд. АН СССР», 1969, № 15. Сер. биол. наук, вып. 3, с. 3—8.
- Протопопов В. В., Перышкина Г. И., Черняева Г. Н.** Фитонцидные свойства некоторых типов леса Средней Сибири. — В кн.: Средообразующая роль леса. Красноярск, 1974, с. 155—180.
- Прыжников А. П.** Фитонцидность растений кедровой формации Алтая. Автореф. канд. дис. Новосибирск, 1966. 28 с.
- Раскатов Н. Б.** Прирост годичных побегов сосны как показатель засухи. — «Докл. АН СССР», 1948, т. 60, № 7, с. 1257—1259.
- Рахтеевко И. П.** Сезонный цикл роста активных корней древесных пород. — «Лесное хоз-во», 1960, № 9, с. 25—26.
- Рахтеевко И. П.** Рост и взаимодействие корневых систем древесных растений. Минск, 1963. 254 с.
- Ремезов Н. П., Бывкова Л. П., Смирнова К. М.** Потребление и круговорот азота и зольных элементов в лесах европейской части СССР. М., Изд-во МГУ, 1959. 284 с.
- Ремезов Н. П., Погорельник Н. С.** Лесное почвоведение. М., «Лесная промышленность», 1965. 324 с.
- Роде А. А.** Основы учения о почвенной влаге. Т. 2. Методы изучения водного режима почв. Л., Гидрометеониздат, 1969. 287 с.
- Роде А. А., Смирнов В. П.** Почвоведение. М., «Высшая школа», 1972. 480 с.

Ружницкая С. С. Влияние антропогенных воздействий на жизнеустойчивость сосны обыкновенной.— В кн.: Рефераты докл. науч.-техн. конф. Моск. лесотехн. ин-та. Секция лесного хоз-ва, повышения продуктивности лесов. М., 1967, с. 73—76.

Ружницкая С. С. Влияние антропогенных факторов на рост основных древесных пород. Автореф. канд. дис. М., 1970. 26 с.

Рысин Л. П., Золотова Ф. Н. К методике определения продуктивности надземной части травяного покрова.— В кн.: Сложные боры хвойно-широколиственных лесов и пути ведения лесного хозяйства в лесопарковых условиях Подмосковья. М., «Наука», 1968, с. 138—144.

Саввин Е. И. Почвенный запас семян в сосняках Приангарья и его значение для возобновления вырубок.— «Труды Ин-та леса и древесины СО АН СССР», 1963, т. 57, с. 59—65.

Сазонов В. Т. К снижению шума от поездов зелеными насаждениями.— В кн.: Рефераты докл. науч.-техн. конф. Моск. лесотехн. ин-та. Секция повышения продуктивности лесов и улучшения ведения лесного хозяйства. М., 1971, с. 80—81.

Сазиев Р. К. Анатомическое строение корневых окончаний взрослой сосны и ход формирования на них микориз.— «Бот. ж.», 1958, т. 43, № 6, с. 869—876.

Санников С. П. Естественное возобновление сосны на сплошных вырубках Припыльминских боров.— «Труды Ин-та биологии Уральского филиала АН СССР», 1960, вып. 16, с. 81—106.

Сурина Н. П., Каменецкая И. В. Масса корпей сосны обыкновенной (*Pinus silvestris* L.) в сосняке мшисто-лишайниковом южной тайги.— «Бюл. МОИП. Отд. биол.», 1969, 74, № 5, с. 96—100.

Сахаров М. П. Факторы, регулирующие промерзание почв в лесных фитоценозах.— «Почвоведение», 1945, № 8, с. 381—402.

Сверчков А. Н. О влиянии фитоорганических веществ на ионизацию воздуха.— В кн.: Фитонциды в народном хозяйстве. Киев, «Наукова думка», 1964, с. 80—82.

Слиднеев А. П. Некоторые особенности атмосферного увлажнения на юго-востоке Западной Сибири.— В кн.: Комплексное освоение водных ресурсов Обского бассейна. Новосибирск, «Наука», 1970, с. 99—110.

Смирнов А. В. Олужование в лесах Средней Сибири.— «Иzv. биол.-геогр. науч.-исслед. ин-та при Иркутск. гос. ун-те», 1969а, т. 23, вып. 3, с. 150—168.

Смирнов А. В. Популяционный состав и некоторые эколого-морфологические черты зонтичных в лесных фитоценозах горных районов Прибайкалья.— «Иzv. биол.-геогр. науч.-исслед. ин-та при Иркутск. гос. ун-те», 1969б, т. 23, вып. 3, с. 169—187.

Смирнов А. В. Об изменении позиций некоторых орхидных в лесах Средней Сибири, нарушенных антропогенными факторами.— «Науч. докл. высш. школы. Биол. науки», 1969в, № 8, с. 79—83.

Смирнов А. В. Изменение компонентов лесной растительности юга Средней Сибири под воздействием антропогенных факторов. Автореф. докт. дис. Красноярск, 1970. 37 с.

Смирнов А. В. Оценка поведения растений лесов юга Средней Сибири после воздействия антропогенных лесоразрушительных факторов.— «Экология», 1972, № 2, с. 79—87.

Смирнов А. В., Ионычева М. П. Деструкторная роль сипузии осочки большехвостой (*Carex macroura* Meisch.) в лесных фитоценозах Сибири.— «Иzv. биол.-геогр. науч.-исслед. ин-та при Иркутск. гос. ун-те», 1969, т. 23, вып. 3, с. 188—207.

Смирнов В. В. Сезонный рост главных древесных пород. М., «Наука», 1964. 167 с.

Смирнов В. М. Материалы к характеристике орнитофауны лесов в окрестностях Новосибирского научного центра.— В кн.: Вопросы лесопаркового хозяйства и озеленения Новосибирского научного центра. Новосибирск, 1972, с. 42—60.

Смирнова К. М. Сезонные изменения в свойствах почв хвойных и лиственных лесов.— «Почвоведение», 1956, № 12, с. 1—16.

Смоляк Л. П., Самцов А. С., Реуцкий В. Г. Влияние температуры и влажности почвы на рост сосны обыкновенной.— «Вестці Академії наук БССР. Серія біологічних наук», 1972, № 5, с. 18—23.

Созыкин Н. Ф. Гидрологическое значение лесной подстилки и физические свойства лесных почв.— «Труды ВНИИЛХ», 1939, вып. 8, с. 125—205.

Сокол И. М. Влияние выпаса скота на рост и производительность дубовых посадений лесостепи. Автореф. канд. дис. Харьков, 1966. 20 с.

Сокіл І. М. Вплив випасання худоби на ґрунт і ріст лісу.— «Вісник сільськогоспод. науки», 1968, № 5, с. 66—68.

Соколов А. А. Коренасыщенность аккумулятивного горизонта дерново-подзолистой почвы под пологом ели, березы и осины.— «Лесоведение», 1967, № 2, с. 83—86.

Соколов С. В. Строение, рост и товарность загазованных сосновых посадений подзоны южной тайги Среднего Урала.— В кн.: Науч. труды аспирантов и соискателей. Ч. 1. Свердловск, 1969, с. 54—61.

Соколов Д. Ф., Тюнеева Т. Н. Подстилка и ее роль в формировании состава гумуса лесных почв южной части лесостепи.— «Почвоведение», 1959, № 8, с. 65—75.

Соколовская П. А. Влияние плотности почвы на распределение пор по размерам и водо-физические свойства.— В кн.: Физика почв и приемы их обработки. Вып. 14. Л., 1967, с. 136—143.

Соколовская П. А. О содержании продуктивной влаги в почвах в связи с их уплотнением.— В кн.: Теоретические вопросы обработки почв. Л., Гидрометеоздат, 1968, с. 49—52.

Состояние насаждений лесопаркового пояса Москвы и меры по их улучшению. М., «Лесная промышленность», 1966. 163 с.

Спиридонов В. П. Отношение сосны, березы и осины к уплотнению почвы.— «Изв. Сиб. отд. АН СССР», 1973а, № 10. Сер. биол. наук, вып. 2, с. 160—162.

Спиридонов В. П. О естественном возобновлении в лесопарках Новосибирского научного центра.— В кн.: Лесоводственные и экономические проблемы использования и воспроизводства лесных ресурсов Западной Сибири. Новосибирск, 1973б, с. 68—70.

Спиридонов В. П. Устойчивость естественных насаждений в условиях высокой антропогенной нагрузки. Автореф. канд. дис. Свердловск, 1974. 22 с.

Спиридонов В. П. Влияние уплотнения почвы на прирост деревьев в лесопарках Новосибирского научного центра.— «Изв. Сиб. отд. АН СССР», 1975, № 10. Сер. биол. наук, вып. 2, с. 3—8.

Спиридонов В. П., Таран И. В. О сохранении естественных насаждений при строительстве.— В кн.: Охрана растительности и проблемы озеленения. Новосибирск, 1971, с. 86—91.

Спиридонов В. П., Бакулин В. Т. Восстановление травяного покрова на вытопанных участках леса.— «Информационный листок ЦНТИ», Новосибирск, 1975, № 531—75, с. 1—4.

Спиридонов В. П., Таран И. В. Повышение устойчивости естественных насаждений в солитерной зоне Академгородка.— В кн.: Растительные богатства Сибири и Дальнего Востока (изучение, обогащение и охрана природы). Новосибирск, «Наука», 1976, с. 90—98.

Старовойтова Т. В., Ляхно Е. С. Антимикробные свойства некоторых древесных и кустарниковых растений, применяемых в озеленении Киева.— В кн.: Фитонциды, их биологическая роль и значение для медицины и народного хозяйства. Киев, «Наукова думка», 1967, с. 82—84.

Строительство города науки. Новосибирск. 1963. 147 с.

Субоч Г. Н. Ива в лесных насаждениях и зеленом строительстве.— В кн.: Охрана растительности и проблемы озеленения. Новосибирск, 1971, с. 92—96.

Сукачев В. П., Зонн С. В. Методические указания к изучению типов леса. М., Изд-во АН СССР, 1961. 144 с.

Талашев Н. К. Естественное возобновление кедра на сплошных вырубках в таежной зоне Западной Сибири.— «Труды по лесному хозяйству Сибири», 1962, вып. 7, с. 84—94.

Таран И. В. Зеленые зоны городов Новосибирской области.— В кн.: Проблемы охраны природы Сибири и Дальнего Востока. Новосибирск, 1963, с. 99—109.

Таран П. В. Леса Новосибирского научного центра, их прошлое и будущее.— В кн.: Растительные богатства Сибири. Новосибирск, «Наука», 1971а, с. 129—134.

Таран П. В. Архитектор и лес.— В кн.: Охрана растительности и проблемы озеленения. Новосибирск, 1971б, с. 82—85.

Таран П. В. Сосновые леса Западной Сибири. Новосибирск, «Наука», 1973. 292 с.

Таран П. В., Спиридонов В. Н. Зеленая зона Новосибирска и перспективы ее развития.— В кн.: Охрана растительности и проблемы озеленения. Новосибирск, 1971, с. 74—81.

Таран П. В., Спиридонов В. Н. Сохранение и повышение устойчивости естественных насаждений при строительстве городов.— В кн.: Благоустройство пригородных лесов и улучшение загородного отдыха населения (тезисы докладов). Л., 1975, с. 54—56.

Таран П. В., Спиридонов В. Н. Опыт сохранения лесов при строительстве.— «Информационный листок ЦНТИ», Новосибирск, 1976, № 42—76, с. 1—4.

Тарасов А. И. Об изменчивости годичного прироста ели по толщине в связи со степенью угнетения деревьев и колебаниями погодных условий.— «Лесоведение», 1968, № 2, с. 24—32.

Тарханова Р. Ю. Об инсектицидных свойствах некоторых растений.— В кн.: Фитонциды, их роль в природе и значение для медицины. М., Изд-во АМН СССР, 1952, с. 163—166.

Телегин В. И. Терофауна лесопарка Новосибирского научного центра.— В кн.: Вопросы лесопаркового хозяйства и озеленения Новосибирского научного центра. Новосибирск, 1972, с. 24—41.

Терешин Ю. А. Водный режим и рост сосны обыкновенной в молодых насаждениях Ильменского заповедника.— «Труды Ин-та биологии Уральского филиала АН СССР», 1965, вып. 43, с. 45—52.

Тимофеев В. П. Причины усыхания хвойных лесов Подмосковья и мероприятия по их восстановлению.— «Докл. Тимирязевской с.-х. акад.», 1957, вып. 29, с. 292—299.

Тимофеев В. П. Природа и насаждения лесной опытной дачи Тимирязевской сельскохозяйственной академии за 100 лет. М., «Лесная промышленность», 1965. 168 с.

Тиндэлюле А., Зимкувене А. Плотность почвы и рост растений.— В кн.: Теоретические вопросы обработки почв. Л., Гидрометеоздат, 1968, с. 333—337.

Ткаченко М. Е. Влияние отдельных древесных пород на почву.— «Почвоведение», 1939, № 10, с. 3—16.

Ткаченко М. Е. Общее лесоводство. М.—Л., Гослесбуиздат, 1955. 600 с.

Токин Б. П. О роли фитонцидов в природе.— В кн.: Фитонциды, их роль в природе. Л., Изд-во ЛГУ, 1957, с. 5—21.

Токин Б. П. Целебные яды растений (повесть о фитонцидах). Л., Ленгиздат, 1967. 288 с.

Тольский А. П. К вопросу о влиянии температуры и осадков на прирост сосны в толщину.— «Лесной эк.», 1904, вып. 5, с. 858—868.

Тольский А. П. Материалы по изучению строения и жизнедеятельности корней сосны.— Труды по лесному опыт. делу в России, 1907, вып. 3, с. 118.

Тольский А. П. К вопросу о влиянии метеорологических условий на развитие сосны в Бузулукском бору.— «Труды по лесному опыт. делу в России», 1913, вып. 47. 107с.

Третьяков П. П., Иванов В. К. Об оптимальной плотности почвы для пропашных культур.— В кн.: Теоретические вопросы обработки почв. Л., Гидрометеиздат, 1968, с. 292—299.

Трубецкая А. П., Панфилов В. П., Головещенко П. П. Плотность и обработка серых лесных почв Приобья.— В кн.: Теоретические вопросы обработки почв. Вып. 2. Л., Гидрометеиздат, 1969, с. 271—277.

Тюльпанов Н. М. Лесопарковое хозяйство. М., Стройиздат, 1965.

Федоров Н. И. Динамика прироста древесной сосны обыкновенной и лиственницы сибирской.— «Лесной ж.», 1960, № 1, с. 38—42.

Федорова А. Т., Чичкин Б. С. Сохранение существующих зеленых насаждений в условиях массового строительства при реконструкции и развитии городов.— В кн.: Озелененные территории городов как среда для труда, жизни и отдыха населения. Т. 2. Таллин, 1968, с. 146—152.

Флора СССР. Т. 1—39. М.—Л., 1934—1964.

Формирование лесопарковых ландшафтов рубками (пособие для лесничих лесопарковой зоны Ленинграда). Л., Лениздат, 1975. 86 с.

Харитонович Ф. Н. Закономерности роста сосны обыкновенной.— «Лесное хоз-во», 1961, № 11, с. 18—22.

Хлонов Ю. П. Возобновление сосны под пологом леса и на вырубках в таежной и лесостепной зонах.— «Труды по лесному хоз-ву Сибири», 1962, вып. 7, с. 55—75.

Хлонов Ю. П. Древесные растения Кузнецкого Алатау и перспективы их использования для озеленения городов и поселков Кемеровской области.— В кн.: Пути и методы обогащения дендрофлоры Сибири и Дальнего Востока. Новосибирск, «Наука», 1969, с. 84—91.

Цыкин Е. Н. Водопроницаемость мерзлых почв и ее динамика за время снеготаяния.— В кн.: Снег и талые воды, их изучение и использование. М., Изд-во АН СССР, 1956, с. 101—111.

Чернышев В. А. О водопроницаемости некоторых дерново-подзолистых почв.— «Почвоведение», 1960, № 2, с. 63—71.

Шведов Ф. П. Дерево как летопись засух.— «Метеорологический вестник», 1892, № 5, с. 163—178.

Шевлягин А. И. Реакция сельскохозяйственных культур на различную плотность сложения почвы.— В кн.: Теоретические вопросы обработки почв. Л., Гидрометеиздат, 1968, с. 32—39.

Шелейховский Г. В. Микроклимат южных городов. М., 1948. 120 с.

Шемякин И. Я. К вопросу о классификации опухолей, раковых заболеваний и травм деревьев.— «Науч. зап. Воронежского лесотехн. ин-та», 1961, т. 26, с. 33—41.

Шиманюк А. П. Строение корневых систем сосны в лесах Подмосковья.— «Труды Ин-та леса АН СССР», 1950, т. 3, с. 225—292.

Шумаков В. С. Динамика разложения растительных остатков и взаимодействие продуктов их разложения с лесной почвой.— «Труды ВНИИЛХ», 1941, вып. 24, с. 19—88.

Якимов П. А. Фитонцидные свойства смол и бальзамов, образуемых древесно-хвойными породами, и задачи дальнейших исследований в этой области.— В кн.: Фитонциды, их роль в природе. Л., Изд-во ЛГУ, 1957.

Baumgartner A. Sauerstoffumsätze von Bäumen und Wäldern.— «Allg. Forstzeitschrift», 1970, Bd 25, N 22, S. 482—483.

Boroša J. Hrůbkový prírastok ako funkcia postavenia stromu v poraste.— «Lesnický časopis», 1962, roč. 8, čís. 5, с. 325—336.

Brüning F. Die Sauerstofflieferung aus dem Wäldern der Erde und ihre Bedeutung für die Reinerhaltung der Luft.— «Forstarhiv», 1971, Bd 42, N 2.

Филатов Д., Пеев П., Минчев Б. Проблемы на край-селищните гори и лесопаркове. София, 1972. 127 с.

James G. A., Cottrell R. L. To cut or not to cut.— «J. Forestry», 1968, v. 66, N 1, p. 57—59.

Racušan C. Príspevek k vlivu rekreace na les.— «Lesnícka práce», 1968, Sv. 47, N 11, с. 504—506.

О Г Л А В Л Е Н И Е

Введение	3
Глава I. Санитарно-гигиеническое значение зеленых насаждений	5
Глава II. Общая характеристика района исследований	13
Природные условия	13
Характеристика лесов	19
Объекты исследований	26
Глава III. Динамика естественных насаждений под влиянием антропогенных факторов	35
Основные факторы, влияющие на состояние естественных насаждений в зоне застройки	35
Динамика естественных насаждений в зоне застройки	38
Глава IV. Влияние уплотнения почвы на некоторые ее физические свойства, водный и температурный режим и запасы лесной подстилки	47
Изменение некоторых свойств почвы под влиянием рекреации	47
Влияние уплотнения почвы на ее водный режим	58
Некоторые особенности температурного режима уплотненных почв	74
О динамике запасов лесной подстилки в рекреационных насаждениях	81
Глава V. Количественные и качественные изменения в травяном покрове насаждений как показатель интенсивности их рекреационного использования	86
Характеристика травяного покрова	86
Динамика травяного покрова под влиянием рекреационной нагрузки	89
Стадии деградации травяного покрова под влиянием рекреационной нагрузки	104
Глава VI. Особенности естественного возобновления в рекреационных насаждениях	109
Об изучении естественного возобновления в рекреационных лесах	109
Запас семян сосны в почве	110
Появление и отпад всходов сосны	112
Влияние рекреационной нагрузки на состав, структуру и состояние подроста	115

Глава VII. Отношение основных лесобразующих пород к уплотнению почвы	120
Влияние уплотнения почвы на состояние деревьев	120
Рост активной части корневой системы деревьев в зависимости от уплотнения почвы	123
Изменение прироста деревьев под влиянием уплотнения почвы	133
Глава VIII. Лесоводственные мероприятия по повышению устойчивости рекреационных насаждений	141
Зонирование рекреационных территорий	141
Лесоводственные и лесохозяйственные мероприятия	144
Ассортимент растений, используемых в лесопарковом строительстве и озеленении	158
Заключение	161
Литература	164

Иван Варфоломеевич Таран,
Владимир Николаевич Спиридонов

УСТОЙЧИВОСТЬ РЕКРЕАЦИОННЫХ ЛЕСОВ

Ответственный редактор
Александра Владимировна Куминова

Редактор *Н. Ф. Промашкова*
Художественный редактор *В. И. Желнин*
Художник *Е. Ф. Повиков*
Технический редактор *А. В. Сурганова*
Корректор *Т. П. Гришинуа*

Сдано в набор 17 января 1977 г. Подписано к печати 24 июня 1977 г. МН 10062.
Формат 60 × 90^{1/16}. Бумага типографская № 1. 11,25 печ. л., 12 уч.-изд. л. Тираж
1150 экз. Заказ № 420. Цена 1 р. 20 к.

Издательство «Наука», Сибирское отделение, 630099, Новосибирск, 99, Советская, 18.
4-я типография издательства «Наука», 630077, Новосибирск, 77, Станиславского, 25.