АКАДЕМИЯ
НАУК СССР
•
УРАЛЬСКИЙ
НАУЧНЫЙ ЦЕНТР

ВЗАИМОСВЯЗИ СРЕДЫ И ЛЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА УРАЛЕ

СВЕРДЛОВСК

АКАДЕМИЯ
НАУК СССР
●
УРАЛЬСКИЙ
НАУЧНЫЙ ЦЕНТР

ВЗАИМОСВЯЗИ СРЕДЫ И ЛЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА УРАЛЕ

СВЕРДЛОВСК ● 1981

УДК 634.0.1+581.524.3

Взаимосвязи среды и лесной растительности на Урале: [Сб. статей]. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1981.— 128 с.

В сборнике рассматриваются результаты многолетних исследований влияния природных, преимущественно климатических, факторов на ход лесорастительного и продукционного процесса в вековом, годичном и сезонном аспекте. Наряду с этим приводятся материалы фитоценотического влияния лесной растительности на характер условий среды в таежных регионах Урала.

Сборник рассчитан на специалистов в области лесоведения, экологии, климатологии.

Ответственные редакторы
Р. С. Зубарева, В. А. Кирсанов

© УНЦ АН СССР, 1981. $В\frac{21006—1045}{055(02)7}12—1981$

**ВЗАИМОСВЯЗИ СРЕДЫ
И ЛЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ
НА УРАЛЕ**

Рекомендовано к изданию
Ученым советом
Института экологии растений и животных
и РИСО УНЦ АН СССР

Редактор **Т. П. Бондарович**
Обложка художника **М. Н. Гарипова**
Техн. редактор **Н. Р. Рабинович**
Корректор **Е. М. Бородулина**

Рисо УНЦ № 1045—12(81). Сдано в набор 18.08.80. НС 11138. Подписано к печати 23.07.81. Усл. печ. л. 8. Уч.-изд. л. 9. Формат $60\times90^1/_{16}$. Бумага типографская № 1. Заказ 417. Цена 90 коп. Тираж 700.

РИСО УНЦ АН СССР, г. Свердловск, ГСП-169, Первомайская, 91.

Типография изд-ва «Уральский рабочий», г. Свердловск, пр. Ленина, 49.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР · УРАЛЬСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР

ВЗАИМОСВЯЗИ СРЕДЫ И ЛЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА УРАЛЕ 1981

В. Г. ТУРКОВ

МНОГОВЕКОВАЯ РИТМИКА ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ И ДИНАМИКА ЛЕСНОГО БИОГЕОЦЕНОТИЧЕСКОГО ПОКРОВА СРЕДНЕУРАЛЬСКОГО НИЗКОГОРЬЯ В АНТРОПОГЕНЕ

Некоторые вводные положения. Методы реконструкции многовековой динамики биогеоценотического покрова

Биогеоценотический покров (БГЦП) Земли (биогеосфера, экосфера) или любого конкретного ее региона, являясь центральным и наиболее насыщенным ярусом биосферы, включает в себя лишь самый приземный слой тропосферы, поверхностные слои лито- и гидросферы (первая представлена в основном подпочвой, а вторая — почвенными водами, а также водами различных водоемов суши), растительный и почвенный покровы вместе с населяющим их животным и микробным населением. Он состоит из большого числа биогеоценотических (экологических) систем (БГС) различной размерности, связанных между собой посредством межбиогеоценозных связей. Элементарной БГС является биогеоценоз (БГЦ).

Автор поставил перед собой задачу реконструировать крупномасштабную («вековую») динамику БГЦП в зависимости от столь же масштабной ритмичной по своему характеру динамики природной среды и выявить самые общие ее закономерности на примере всего лишь одного небольшого региона — ландшафтной провинции Среднеуральского низкогорья. Подобного рода работы открывают единственно реальные перспективы для долгосрочного прогнозирования изменений БГЦП.

Хотя современная фаза крупномасштабной динамики БГЦП протекает в условиях все возрастающего антропогенного воздействия на него, естественные динамические тенденции будут проявляться до тех пор, пока человек не будет в состоянии изменять причины, обусловливающие эту динамику и, прежде всего, макроклимат крупных регионов или всей планеты. Предсказание крупномасштабной динамики макроклимата будет возможно при предсказании и динамики БГЦП, а изучение закономерностей последней будет представлять не только исторический, но и прогностический интерес.

Динамика БГЦП находит свое выражение в его сменах, охватывающих значительные территории и протекающих так медленно, что они не поддаются непосредственному наблюдению. По отношению к растительному компоненту эти смены получили у различных авторов разное название (Александрова, 1960), из которых в отечественной литературе укоренилось не совсем удачное, на наш взгляд, название вековых. Основной их причиной является направленное изменение факторов внешней среды и в первую очередь макроклимата крупных ландшафтных регионов или всей планеты. Таким образом, в соответствии с классификацией форм динамики БГЦП В. Н. Сукачева (1964) они относятся к гологенетическим и большей частью климатогенным сменам. Как будет показано ниже, наименьшие по протяженности фазы этих смен достаточно хорошо синхронизируются ныне с фазами климатического цикла Петерсона, названного А. В. Шнитниковым (1957) многовековым. Поэтому и смены БГЦП, столь же масштабные по протяженности, целесообразно называть многовековыми. В современной экологии, фитоценологии и почвоведении подобную многовековую динамику биогео-, эко- или фитоценосистем, почв рассматривают ныне как их эволюцию, так как в процессе ее действительно имеет место направленное и необратимое преобразование, приводящее к формированию новых, не существовавших в прошлом типов этих систем.

Отправным моментом для сравнительно детальной реконструкции многовековой динамики БГЦП низкогорья принят экстремум последнего (поздневюрмского, осташкинского, сартанского) оледенения (22—20 тыс. лет. назад), который признается ныне термическим минимумом всего антропогена (Величко, 1973). Несмотря на отсутствие в то время в пределах низкогорья не только покровного, но и горно-долинного оледенения (Троицкий, 1966), никогда ранее климатические условия здесь не были столь пессимальны, а БГЦП в сравнении с современным не приближался так близко к состоянию tabula rasa, как в позднем вюрме, ибо голоценовая биота и БГЦП сформировались здесь практически заново, причем в значительной степени за счет иммиграции видов из рефугиумов, расположенных вне низкогорья (главным образом, видимо, из южноуральского рефугиума таежной биоты). Все это делает поздний вюрм при рассмотрении многовековой динамики БГЦП весьма удобной точкой отсчета. Кроме того, последние 20 тыс. лет являются наиболее изученным отрезком антропогена. Несмотря, однако, на значительную протяженность рассматриваемого отрезка времени, надо иметь в виду, что он охватывает немногим более половины одного последнего ледниково-межледникового климатического макроритма. Следовательно, для выявления закономерностей и соответственно долгосрочного прогнозирования крупномасштабной динамики БГЦП этот срок далеко не до-

статочен. Для этого необходимо выявить последовательность изменений климата и многовековых смен БГЦП по крайней мере в течение одного полного или ряда климатических макроциклов. Поскольку современный геологический период — голоцен — рассматривается ныне как очередное и достаточно типичное межледниковье (Кинд, 1976), в прогнозных целях особый интерес представляет выявление динамики климата и БГЦП в течение предыдущего (рисс-вюрмского, микулинского, казанцевского) межледниковья, наиболее сходного с текущим по общей структуре зональности БГЦП умеренного пояса и последовательности его многовековых смен. Для установления же общей направленности эволюции климата и БГЦП в антропогене необходимо обратиться к еще более отдаленным геологическим периодам, ибо начало этой направленности уходит к самым низам неогена.

При реконструкции многовековой динамики БГЦП первостепенное значение имеют данные палинологического анализа слоистых отложений, особенно обеспеченные изотопным определением абсолютного возраста отдельных горизонтов. Палинологические диаграммы, характеризуя смену во времени флористических комплексов, индицируют многовековую динамику растительного покрова — этого важнейшего компонента биогеоценотического покрова. Надо отметить, что изученность низкогорья в палинологическом отношении в сравнении с изученностью его предгорий и прилегающих Русской и Западно-Сибирской равнин неудовлетворительна. Достаточно сказать, что здесь нет ни одного палинологического разреза, обеспеченного данными абсолютной геохронологии. И тем не менее, путем корреляции имеющихся для этого региона палинологических данных (Панова, 1976; Савина и др., 1977; Панова, Маковский, 1979, и др.), с привлечением палеонтологических (Громов, 1948; Кузьмина, 1975; Смирнов, 1976, и др.), археологических и других материалов, данных по четвертичной геологии (Лидер, 1976, и др.) в настоящее время имеется возможность вполне удовлетворительно реконструировать динамику биоты низкогорья. Более сложная задача — это реконструкция эволюции его почвенного покрова. Для этого было бы, разумеется, идеальным нахождение в погребенном состоянии моногенетических почв, характеризующих почвообразование в отдельные периоды прошлого (Таргульян, Александровский, 1976). Однако подобные находки крайне редки, а для Среднего Урала вообще неизвестны. Ценную информацию по эволюции почв могут дать озерные отложения. Их состав, скорость накопления, химизм отражают денудационные и геохимические процессы в водосборном бассейне и несут некоторую информацию об отдельных элементах почвообразования в нем. По ним можно судить также о степени покрытия бассейна растительностью. Спорово-пыльцевой и особенно альгологический анализ позво-

ляет судить об изменении климата. Надо с удовлетворением отметить, что Средний Урал относится к регионам давнего тщательного и всестороннего изучения озерных отложений (Толмачев, 1915; Сукачев, Поплавская, 1946; Кордэ, 1960, и др.).

О динамике почвенного покрова можно также судить по восстановленной динамике растительности, имея в виду взаимозависимость и сопряженность эволюции этих двух компонентов БГЦП.

Для реконструкции БГС прошлого нередко прибегают к актуалистическому методу подбора их современных аналогов. Разумеется, принцип актуализма не следует понимать как поиски современных БГС, абсолютно совпадающих с БГС прошлого. Процесс их эволюции необратим. Но, вместе с тем, он носит, очевидно, спиралевидный характер, и на определенных его этапах, видимо, возможно, насколько это позволяют условия среды и состав биоты, возникновение таких новообразований, которые достаточно близки к БГС прошлого. Так, горные темнохвойные леса Среднего и Южного Урала, воссозданные практически заново в голоцене на базе сохранившейся в рефугиумах бореальной и иммигрировавшей на Урал неморальной биоты, являются в то же время, как свидетельствуют палеоботаники (Ятайкин, Шаландина, 1975), аналогами (правда, сильно обедненными) широколиственно-темнохвойных лесов позднего плиоцена и эоплейстоцена.

Большой интерес представляют также реликтовые БГС, мало изменившиеся с более или менее отдаленных времен. Описывая лесостепные ландшафты Центральной Якутии, И. П. Герасимов (1952) пришел к выводу, что они несомненно представляют «пережитки позднеледниковых явлений», сохранившиеся в этой самой холодной области северного полушария. И хотя БГС тундро-лесостепи ледниковой эпохи в современном БГЦП абсолютных аналогов или полностью сохранившихся реликтов не имеют, для лучшего их понимания мы должны обратиться прежде всего к характеристике лесостепей и редколесий Центральной Якутии.

И, наконец, чтобы представить себе, каким образом протекает крупномасштабная динамика БГЦП, какова скорость реакции его на изменение факторов внешней среды, большой интерес представляет изучение динамических процессов, имеющих место в современный период и обусловливаемых относительно кратковременными направленными изменениями климата. В частности, для реконструкции динамических процессов, имевших место в прошлом в теплые и сухие фазы многовекового климатического цикла, весьма показательны наблюдения за динамикой границ ареалов как отдельных видов животных и растений, так и их сообществ, за путями формирования биоценотических новообразований происшедшего во время последнего внутривекового потепления, охватившего конец прошлого —

начало текущего столетия. Оно вызвало обширную климатологическую и биогеографическую литературу (Берг, 1938; Гедеонов, 1973; Андреев, 1956; Успенский, 1963, и др.) и показало, что даже непродолжительное, но направленное изменение климата вызывает существенную перестройку БГЦП лесных зон умеренного пояса и заметную подвижку границ зональных растительных формаций по широте и вертикали. Внутриформационные перестройки БГЦП заключались в сокращении гидроморфных БГС (разболачивании лесов, облесении болот) и расширении мезоморфных, в том числе субнеморальных и неморальных. Даже в климаксовых горных лесах Среднего Урала отмечался некоторый прогресс широколиственных пород и усиление роли их популяций. Но особенно значительным был прогресс лесной растительности на широтном и вертикальном ее пределах. Подвижки ее в пределах равнинных тундр достигали от 200 до 700 м в год. Наблюдения показали, что при наступлении лесной растительности на тундру пионерами выступают сами древесные породы, а основным способом формирования биоценотических новообразований является наложение (инкумбация) древесного яруса на растительный покров тундр, переходивший в этом случае на положение нижних ярусов вновь образованных сообществ.

Начавшееся в 60-х годах некоторое похолодание климата, возможно, вызовет динамические явления обратного знака, изучение которых также будет представлять большой интерес для реконструкции динамики БГЦП в холодные и влажные фазы многовекового климатического цикла.

Таковы разнообразные методы и подходы к реконструкции многовековой динамики БГЦП. Вместе с тем надо отметить, что как бы ни был широк подход исследователя к реконструкции БГЦП прошлого, он не избавляет от необходимости прибегать к различного рода гипотетическим построениям. Возможности всякой реконструкции ограничены степенью выявленности и изученности документов прошлого. Поэтому никакая реконструкция не является окончательной; по мере накопления новых данных она будет уточняться и становиться все более вероятной.

Некоторые теоретические положения о многовековой динамике (эволюции) биогеоценотического покрова

Вертикальная мощность БГЦП не превышает нескольких десятков — сотню метров. Вся остальная толща биосферы — ее литосферно-гидросферный и тропосферный ярусы — выступает по отношению к БГЦП как внешняя среда, в значительной степени определяющая и контролирующая различные протекающие в нем процессы. Воздействия факторов внешней среды, од-

нако, преломляются и преобразуются БГЦП обычно в направлении, благоприятном для сохранения существующего его состояния. Восприимчивость различных компонентов БГЦП к воздействиям извне весьма различна. Если его абиотические компоненты изменяются вслед за изменениями внешней среды практически синхронно, хотя и с меньшей амплитудой, то биотическим и биокосным компонентам присуща известная упругость — способность противостоять возмущениям извне, сохранять относительно неизменными свои функциональные характеристики в определенном диапазоне изменений внешней среды. Особенно существенна в этом отношении роль растительного покрова. Именно ему в наибольшей степени присуща способность преобразовывать внешние возмущения в благоприятном для себя и в целом для всего БГЦП направлении. Таким образом, растительному покрову принадлежит основная роль стабилизатора БГЦП. Эффективность стабилизирующей роли растительного покрова зависит, как известно, от степени выработанности составляющих его сообществ. Сообщества, прошедшие длительный путь саморазвития (сукцессии) и находящиеся на заключительной или близкой к ней стадии, выполняют роль стабилизатора БГС эффективнее, нежели сообщества серийные или, тем более, антропогенные. Поскольку в многовековую динамику вовлекаются все, в том числе и стабильные (климаксовые) БГС данного региона, то, очевидно, причиной ее может быть достаточно сильное, продолжительное и направленное действие внешних факторов. Лучшим индикатором смен БГС и БГЦП могут служить смены растительных сообществ и растительного покрова, достаточно надежно устанавливаемые в палинологических диаграммах по сменам спорово-пыльцевых спектров.

Достаточно сильные и направленные возмущения извне, изменяя прежде всего наиболее чувствительные к ним абиотические компоненты БГЦП, дестабилизируют его в целом. Последнее, в силу присущего БГЦП, как и любой саморегулирующейся системе, стремления к гомеостазу, вызывает постепенную перестройку всех остальных его компонентов, вплоть до формирования нового, квазиравновесного с изменившимся состоянием внешней среды БГЦП. Внешние возмущения, таким образом, не только дестабилизируют существующий БГЦП, но и задают новый инвариант его, который реализуется уже в результате саморазвития (экологических сукцессий) всех составляющих его БГС. Движущей силой последнего является стремление БГЦП к квазиравновесию со средой. Наиболее полным воплощением этого инварианта будет некий новый поликлимаксовый БГЦП. Время, необходимое для достижения выведенным из равновесия БГЦП климаксового состояния, видимо, весьма значительно. Нам известно, например, что для формирования климаксовых ельников северной и средней тайги после вырубок

и пожаров требуется от 500 до 700 лет (Казимиров, 1971; Дыренков, 1976), а для образования «зрелых» почв до 1000 и более лет (Иенни, 1948; Ковда, 1973, и др.). Очевидно, для становления климакса после дестабилизации БГЦП со стороны естественных факторов необходимо время того же порядка.

Первопричиной многовековых смен БГЦП могут быть изменения состояний любого из внешних ярусов биосферы. Однако свое интегральное выражение изменение их состояний находит в изменении планетарного или регионального макроклимата, который ныне понимается широко, как многолетнее статистическое состояние системы океан — суша — атмосфера (Монин, 1977) и, добавим,— полярные льды. Таким образом, как уже говорилось, основными категориями многовековых смен БГЦП являются климатогенные. Локально на первый план могут выступать другие причины: эпейрогенические движения земной коры, изменяющие уровень грунтовых вод и почвенно-грунтовую обводненность территории, на которые обратил внимание В. Б. Сочава (1950), или денудационные процессы, с которыми связывает, например, многовековую динамику гольцов и горных тундр П. Л. Горчаковский (1975). Следовательно, можно выделить еще категории геоморфогенных или, по Б. П. Колесникову (1968), неотектонических и денудационных, а также гидрогенных смен. Однако все они проявляются локально на фоне климатогенных смен, охватывающих всю или значительную часть биогеосферы.

Вопросы формирования новых типов БГС (или чаще всего новых типов фитоценосистем) в процессе многовековой динамики БГЦП, т. е. вопросы эволюции фитоценозов, в отечественной литературе обсуждались неоднократно (Ниценко, 1961). Удачная графическая схема эволюции биоценоза предложена Валентайном (Valentine, 1968).

Формирование новых типов фито- и биоценосистем связано с эволюцией составляющих их видов, т. е. с изменением генофонда видовых популяций вплоть до образования новых видов (разумеется, имеются в виду виды, способные выступать в качестве доминантов и эдификаторов сообществ), а также с перегруппировкой уже существующих видов с неизбежным при этом естественным отбором их на уровне ценозов. Первый из этих процессов был назван В. Н. Сукачевым (1944) филоценогенезом (а Б. А. Быковым, 1957,— специогенезом), второй — селектогенезом. Последний, впрочем, может активизировать видообразование, в частности гибридогенное, в результате встречи видов разного географического происхождения. Однако преобладающим процессом, обусловливавшим формирование новых типов биоценосистем в антропогене, был, несомненно, селектогенез. Формирование новых типов биоценосистем в процессе селектогенеза в конкретных случаях может происходить в результате следующих факторов:

1. Изменения численности и, следовательно, биоценотической роли составляющих их популяций без заметного изменения общего видового состава (эзогенез по Б. А. Быкову).

2. Обогащения за счет включения (инвазии) или обеднения за счет исключения (элизии) видовых популяций (трансгенез по Б. А. Быкову). Элизия видовых популяций может привести к распадению одного исходного типа биоценоза на два или несколько, инвазия — к объединению их. В структурном плане это выражается нередко в виде наложения (инкумбации) ярусов или сезонных синузий («ярусов во времени») или разъединения (декумбации) их. Нужно, однако, предостеречь от рассмотрения всех этих процессов как простой механической комбинации популяций в биоценотические образования. Им обычно предшествует более или менее глубокое и необратимое изменение экотопов, поэтому в биогеоценотическом плане они являются большей частью качественно новыми БГС.

Вопросы эволюции почв в последнее время наиболее обстоятельно рассмотрены В. О. Таргульяном с соавторами (Таргульян, Александровский, 1976; Таргульян и др., 1977). Отметим лишь, что эволюция почв понимается ими как изменение, следующее за изменением внешних факторов среды, а сущность ее заключается «... в последовательном и сложном аддитивном интегрировании в одном и том же профиле многих периодов саморазвития» (Таргульян, Александровский, 1976, с. 62). Под саморазвитием понимается процесс формирования почвенного тела профиля в относительно неизменных условиях среды.

Направленность и ритмика многовековой динамики климата. Климатическая периодизация многовековых смен биогеоценотического покрова

Проводившиеся в последние годы исследования по реконструкции климата прошлого показали, что его динамика носила направленный и ритмичный характер. Общая направленность, начиная с низов неогена,— медленное, но неуклонное похолодание, создавшее в антропогене условия для возникновения крупных материковых оледенений. И в течение антропогена, отличавшегося чередованием длительных ледниковых эпох и межледниковий, эта тенденция проявлялась таким образом, что каждая последующая ледниковая эпоха характеризовалась более холодным климатом (Будыко, 1977), а каждое межледниковье было менее теплым, нежели предыдущие. Ритмика климата относится к разряду циклической ритмики, т. е. отдельные колебания его существенно отличаются по протяженности и размаху. Построенные различными методами (изотопной термометрии, биоиндикации и т. п.) палеоклиматические

(палеотемпературные) кривые (Эмилиани, 1966; Emiliani, 1968; Кинд, 1976; Арсланов, 1975, и др.) свидетельствуют о том, что крупномасштабные изменения климата на всей планете протекали синхронно. Это, впрочем, не отрицает известного различия в пространственном проявлении некоторых зависимых от климата явлений, в частности, динамики растительного покрова. Широколиственные породы, например, фиксируемые в Предуралье с самого начала голоцена, в Зауралье определенно устанавливаются только с середины его. Это связано с длительным преодолением Уральского хребта широколиственными породами в процессе их расселения. Подобные несоответствия в динамике различных компонентов биосферы Н. В. Кинд (1974) определяет как хорологическую гетеродинамию.

В настоящее время выявлено или предполагается существование многочисленных климатических ритмов разной протяженности и размаха, которые, интерферируя между собой, обусловливают весьма сложный характер результирующей кривой. Последняя характеризовалась, особенно в антропогене, достаточно резкими и быстрыми переломами своего хода, сменяемыми фазами относительно спокойного состояния. Во время этих переломов хода климатической кривой и имела, видимо, место дестабилизация существующего состояния БГЦП, во время спокойных фаз — саморазвитие его в сторону климаксового состояния.

Крупнейший из предполагаемых климатических ритмов продолжительностью в несколько сот миллионов лет совпадает с глобальной мегаритмикой тектонических процессов и, видимо, обусловлен ими. Отметим, что весь антропоген на кривой этого климатического мегаритма располагается где-то поблизости от ее нижнего отрицательного экстремума. Общее похолодание климата, начавшееся в неогене, скорее всего, обусловлено активизацией тектонических процессов (альпийский орогенез), сильно и неблагоприятно изменивших циркуляцию атмо-гидросферы (Томирдиаро, 1969). М. И. Будыко (1977) указывает, кроме того, на вероятное падение в течение этого времени содержания в атмосфере углекислого газа, что постепенно уменьшало «оранжерейный» эффект и увеличивало потерю тепловой энергии биосферой.

Множественность выявленных ныне ледниковых эпох и разделяющих их межледниковий свидетельствует о том, что на фоне указанного климатического мегаритма в антропогене начали особенно отчетливо проявляться ритмы меньшего порядка (назовем их макроритмами), протяженностью от нескольких десятков до нескольких первых сотен тысяч лет. В настоящее время наиболее обоснованной попыткой объяснить причину этой макроритмики признается астрономическая теория климата М. Миланковича (1939), связывающая возникновение оледенений и межледниковий с колебанием солнечного облучения (ин-

соляции) за летнее калорическое полугодие в зависимости от небесно-механических факторов: наклона эклиптики к экватору, эксцентриситета земной орбиты и долготы ее перигелия. Направленное снижение величины летней инсоляции и, соответственно, теплообеспеченности в высоких широтах всего на несколько градусов обусловливает возникновение ледников, которые затем, выхолаживая воздух, способны разрастаться уже путем самоиндукции. Возникающие над ледниками мощные антициклоны порождают сухие и холодные стоковые ветры, обусловливающие сухой и холодный климат в обширной перигляциальной полосе, простиравшейся, например, во время последнего оледенения почти до побережья Черного, Каспийского и Аральского морей. Увеличение летней инсоляции приводит к относительно быстрому распаду и исчезновению материковых ледников, оттаиванию многолетней мерзлоты в перигляциальной зоне, восстановлению западного переноса воздушных масс в умеренных широтах, повышению увлажненности территории и снежности зим и т. п. Этим и объясняется та грандиозная «раскачка» климата, которая имела место в антропогене (Будыко, Васищева, 1971).

Установление причин и закономерностей климатической макроритмики дает возможность прогнозировать ее на любую перспективу. Произведенные недавно расчеты (Шараф, Будникова, 1969) показали, что максимум летней инсоляции текущего межледниковья давно миновал и общая направленность климатической макроритмики склонилась к похолоданию, но, вместе с тем, оно будет протекать столь медленными темпами, что только через 15 тыс. лет возникнут условия для нового оледенения. Эти расчеты, кстати, указывают на несостоятельность пессимистических прогнозов о скором (в ближайшие столетия) наступлении ледниковой эпохи, которые делаются как в отечественной, так и особенно в зарубежной литературе.

Для БГЦП умеренных широт ледниково-межледниковые макроритмы находили отражение в коренной перестройке его зональной структуры. Их холодные фазы характеризовались выклиниванием лесных зон и формированием слабо дифференцированной по широте гиперзоны перигляциальной тундро-лесостепи, а теплые — зональностью, близкой к современной. Обусловленная астрономическими факторами макроритмика климата легла в основу периодизации плейстоцена и голоцена. В настоящее время, когда показана синхронность климатических событий в течение антропогена на всей планете, в литературе проявляется тенденция перехода от многочисленных региональных шкал периодизации к единой, основанной на западноевропейских шкалах: альпийской, разработанной Брикнером и Пенком для периодизации событий плейстоцена, и скандинавской, созданной Блиттом и Сернандером для периодизации голоценовых событий. Ими мы и будем пользоваться в дальнейшем.

Абсолютная датировка событий верхнего плейстоцена и голоцена дается нами по Н. В. Кинд (1974).

Климатическая макроритмика дает основание для крупной периодизации многовековой динамики БГЦП и выделения в согласии с палинологами (Волкова, 1977) ритмов этой динамики, соответствующих по протяженности межледниковой и последующей ледниковой эпохам, и этапов ее, равных половине макроритма — ледниковой или межледниковой эпохе.

Анализируя ход палеоклиматической кривой наиболее детально реконструированного последнего макроритма, от нижнего экстремума в позднем вюрме до верхнего — в середине голоцена и последующего ее спада, нетрудно заметить, что она модулируется климатическими ритмами еще меньшего порядка, отдельные фазы которых существенно отличаются по тепло- и влагообеспеченности. Назовем их мезоритмами. А. В. Шнитников (1973) совершенно обоснованно отметил, что выявленная в последнее время биоиндикационными и изотопными методами мезоритмика климата является детально описанной им ранее (1957) по историческим материалам многовековой (1850-летней) ритмикой общего увлажнения материков, связанной с приливными явлениями (циклы Петерсона). Он выделяет короткую, но резко выраженную холодновлажную трансгрессивную фазу средней протяженностью около 400 лет и более продолжительную тепло-сухую регрессивную фазу. Действительная длительность этих фаз колеблется, однако, в больших пределах. На фоне восходящей ветви кривой ледниково-межледникового макроритма продолжительность холодно-влажных фаз сокращается, а выраженность становится все менее явной, на фоне нисходящей ветви — картина становится противоположной.

Фазы многовекового климатического мезоритма находят достаточно отчетливое проявление в крупномасштабной динамике БГЦП лесных зон и индицируются в палинологических диаграммах сменой спорово-пыльцевых спектров. Последнее свидетельствует, что для каждой из этих фаз характерно господство определенной зонально-провинциальной формации растительности. На Русской равнине, например, в пределах таежной зоны, холодно-влажные фазы ознаменовывались преимущественным развитием темнохвойных, а тепло-сухие — светлохвойных, мелколиственных, а в оптимум голоцена и широколиственных лесных формаций. Все это позволяет считать каждую фазу климатического мезоритма особой фазой многовековой динамики БГЦП. По своей сущности она близка, видимо, и понятию «лесообразовательной эпохи», предложенному Б. П. Колесниковым (1961, с. 53), ибо каждая из них, по представлению автора, отличается «...принципиально различными направлениями в развитии лесов, как зонально-географического явления».

Трудно только согласиться с присвоением этой минимальной ступени многовековой динамики БГЦП столь крупной

временной градации, как «эпоха». Лучше в соответствии с периодизацией палинологов, выделяющих подобные ступени в особые «фазы развития растительности» или «фазы развития лесов», именовать их фазами многовековой динамики БГЦП.

Многовековая динамика климата, биоты и биогеоценотического покрова Среднеуральского низкогорья в антропогене

По новейшей биостратиграфической схеме (Громов и др., 1969) продолжительность антропогена оценивается в 3,3 млн. лет. Он подразделяется ныне на два яруса: эоплейстоцен, длительностью 2,5—2,7 млн. лет, входивший ранее в состав плиоцена в качестве его верхнего отдела, и плейстоцен, начавшийся 0,6—0,7 млн. лет назад и продолжающийся до настоящего времени. Последний делится в свою очередь на три отдела — нижний, средний и верхний,— каждый из которых состоит из межледниковой и ледниковой (соответственно миндельской, рисской и вюрмской) эпох. Более тщательное изучение последних показало, что каждая из них состояла по крайней мере из двух, а вюрмская из трех криостадиалов, разделенных межстадиальными потеплениями, иные из которых по продолжительности и климатическим условиям мало отличались от межледниковий.

В начале эоплейстоцена абсолютные высоты Урала по отношению к прилегающим равнинам были на 300—500 м ниже современных (Зубаков, 1972), т. е. Среднеуральское низкогорье по своему высотному положению практически не выделялось. Следовательно, палеогеографические материалы, имеющиеся для этих равнин, можно достаточно уверенно экстраполировать и на рассматриваемую территорию. Вместе с тем эоплейстоцен был временем довольно интенсивного свободного поднятия Урала, выдвинувшего к началу плейстоцена наиболее высокие его центральные массивы в пояс морозно-гольцового выветривания (Марков и др., 1965). Таким образом, общая тенденция динамики БГЦП умеренного пояса, связанная с медленным похолоданием климата, усиливалась на Урале неотектоническими процессами, обусловившими появление высотно-поясной дифференциации его БГЦП, вплоть до вычленения фрагментарно выраженного гольцового пояса. С момента выдвижения его отдельных вершин в пояс гольцового выветривания можно предполагать появление и непрерывное существование на Урале ряда альпийских видов, в частности, мелких скальных папоротничков, мхов и лишайников.

Становление современной зональности БГЦП прилегающих к Уралу равнин началось еще в миоцене (20—25 млн. лет назад) и связано с резким изменением климатических условий, обусловленных альпийским орогенезом: осушением Западно-

Сибирского моря и воздыманием Кавказа, нарушившим меридиональную циркуляцию воздушных масс. Отметим, что к самым низам миоцена на юге Русской равнины и в Прикаспии относится формирование безлесных ксеридных ландшафтов, индицируемых пыльцой маревых, полыней, эфедры, т. е. тех родов и семейств, которые стали позднее характерными представителями плейстоценовой тундролесостепи (Ананова, 1966). В течение последующих 15—20 млн. лет здесь происходило становление современной биоты, прежде всего флоры, за счет постепенного выпадения экзотов палеогена, углубление зональной дифференциации БГЦП. К началу эоплейстоцена в Западной Сибири на широте Среднего Урала завершилось становление темнохвойной тайги, как зонального явления, практически современного состава с весьма незначительной примесью широколиственных пород. На севере ее, вблизи Полярного бассейна определенно устанавливается присутствие арктической и гипоарктической флоры. На юге господствуют степные и лесостепные ландшафты (Волкова, 1977).

На Русской равнине на тех же широтах господствовали еще широколиственно-хвойные леса более богатого состава: не менее двух видов ели, в том числе из секции *Omorica*, пихта, обыкновенная и кедровая сосны и такой экзот, как канадская тсуга, а также липа, граб, ильмовые, бук и т. п. (Ананова, 1962).

Уже плиоцен, и еще более эоплейстоцен характеризовались достаточно резкими климатическими колебаниями, являвшимися, видимо, проявлением астрономически обусловленной макроритмики климата. В эоплейстоцене ныне установлено семь климатических эпох, из которых в более холодные уже возникли горные, а возможно, и материковые оледенения. Климатические колебания находили проявление в существенных подвижках зональных границ БГЦП, хотя выклинивания лесных зон не происходило. Е. Н. Ананова (1960) отмечала в одну из наиболее сухих эпох эоплейстоцена расширение на север, вплоть до низовий Камы, безлесных группировок, сложенных злаками, маревыми, сложноцветными. С другой стороны, в эоплейстоцене завершилось в основном формирование холодолюбивой арктической и гипоарктической флоры (Толмачев, Юрцев, 1970), и в наиболее холодные его эпохи возникали условия для широкого расселения ее на юг и, в первую очередь, по меридионально вытянутым горным системам типа Уральского хребта. Воздымание Урала в эоплейстоцене увеличивало возможности их миграции. Холодолюбивая флора (кустарниковые ивы, березы, ольховник, арктические плауны, куропаточья трава и др.) в ископаемом состоянии известна из многих разрезов в эоплейстоценовых и нижнеплейстоценовых отложениях Средней Европы, центра Русской равнины, Западной Сибири (Лазуков, 1973). Благодаря своей широкой гидротермической толерантности

лесостепные, степные и полупустынные ксерофиты, большинство из которых в современной флоре Урала считается реликтами недавнего среднеголоценового «ксеротерма» (Горчаковский, 1969), а также арктоальпийские, арктические и гипоарктические криофиты, проникнувшие на Средний Урал еще в эоплейстоцене, могли пережить здесь все климатические колебания последующего времени, активизируясь и пополняясь численно в ледниковые эпохи и переходя на положение малоактивных «реликтовых» видов в межледниковье. Их с полным основанием можно считать древнейшими обитателями низкогорья. В ледниковые эпохи эти виды составляли основу растительных группировок тундролесостепи на равнинах и гольцовых пустынь в горах.

Впервые плейстоценовая тундролесостепь как на прилегающих к Уралу равнинах, так и в обширной Чусовской депрессии в пределах низкогорья констатируется уже во время раннеплейстоценового оледенения (Ананова, 1959; Волкова, 1977; Гитерман, 1962). В флорогенетическом отношении этот феномен ледниковых эпох чрезвычайно пестр. В состав его входили, помимо представителей уже упоминавшихся флорогенетических элементов, наиболее холодо- и засухоустойчивые виды бореальной флоры, виды сухих щебнистых безлесных или осветленнолесных горных экотопов и т. п. Интересно присутствие в нем так называемых эрозиофилов, вошедших в агрикультурный период в состав культурфитоценозов на правах сорняков или рудеральных видов (марь белая, василек синий и др.). Это указывает на несомкнутость и слабую фитоценотическую замкнутость сообществ тундролесостепи. В свете всего сказанного, мнение И. М. Крашенинникова (1954) о том, что холодная плейстоценовая лесостепь зародилась в горных областях Южной Сибири и Северной Монголии и мигрировала практически в «готовом виде» на запад, вплоть до Карпат, во время одного из оледенений (предположительно максимального — рисского), требует пересмотра. Большинство видов растений, формировавших ее сообщества, имели самое широкое распространение уже в эоплейстоцене. Формирование сообществ холодной тундролесостепи в условиях перигляциального климата происходило в основном за счет местных флористических ресурсов в процессе выпадения неморальной и большей части бореальной флоры и активизации арктических, гипоарктических, лесо-, горно- и собственно степных и даже полупустынных видов. И в условиях текущего межледниковья на обширных просторах Урала, Русской и Западно-Сибирской равнин, на верховых болотах и в болотных лесах, с одной стороны, известняковых скалах Пинеги, Среднерусской возвышенности, Чусовой, Тагила, Туры, Енисея и т. п.— с другой имеется практически полный набор видов, способных воссоздать плейстоценовую тундролесостепь в случае очередного оледенения. В свете представления о многовековой

макроритмике климата и БГЦП «реликтовые» скальные группировки таежной зоны можно рассматривать как рефугиумы будущей тундролесостепи.

Спорово-пыльцевой спектр, соответствующий нижнеплейстоценовому оледенению на Среднем Урале (Чусовская депрессия), характеризует в общем безлесный тип растительности: пыльца трав и полукустарников составляет 91 %, в том числе полыней — 33 %, маревых — 20 %, разнотравья — 36 %, злаков — 11 %, древесной пыльцы — всего 4 % (Гитерман, 1962). Однако обилие разнотравья и присутствие древесных видов свидетельствуют о том, что климатические условия минделя еще не достигали такой суровости, как в последующие оледенения. Об этом же свидетельствуют и фаунистические находки. Для миндельских отложений Среднего Урала характерны костные остатки слона Вюста — руководящего вида относительно теплолюбивой тираспольской фауны, а в Колво-Вишерском районе обнаружены остатки почти всех представителей этого фаунистического комплекса (Лидер, 1976).

Приводимые далее Р. Е. Гитерман палинологические данные по среднеплейстоценовому (миндель-рисскому) межледниковью характеризуют, видимо, лишь оптимум и вторую половину его, свидетельствуя о развитии в Чусовской депрессии богатых по составу широколиственных лесов из дуба, граба, ильмовых, лещины с примесью ели, пихты, сосны; вверх по разрезу резко возрастает количество пыльцы ели («верхняя ель») с примесью пыльцы пихты и граба, затем ели и сосны без примеси широколиственных; в том же направлении идет увеличение пыльцы разнотравья, полыней и несколько меньше — злаков и маревых. В фаунистическом отношении это межледниковье характеризовалось развитием хазарского комплекса фауны, индицируемого костными остатками трогонтериевого слона (Лидер, 1976).

Большой интерес представляет состояние БГЦП низкогорья в следующее рисское оледенение, максимальное по развитию ледниковых покровов. Дело в том, что именно с ним долгое время в биологической литературе связывалась наиболее сильная депрессия биоты в плейстоцене. Для горной полосы Урала, к сожалению, палинологических и остеологических материалов этой эпохи мало, поскольку отложения ее здесь были уничтожены, большей частью последующими процессами денудации. Имеющиеся сведения свидетельствуют действительно о весьма суровом климате этой эпохи. Ледники на горе Качканар, например, спускались до высоты 700 м (Сигов, 1971), что на 1100 м ниже современного расчетного их положения. В отложениях речных террас того возраста вскрываются глыбовые горизонты солифлюкционного происхождения. Костные остатки принадлежат уже животным верхнеплейстоценового (смешанного, мамонтового) фаунистического комплекса (Щукина,

1948). И тем не менее, осредненные палинологические спектры, приводимые В. А. Лидером (1976) для рисских отложений Среднего Урала, неизменно содержат на общем фоне пыльцы индикаторов гольцов и тундростепи некоторое, иногда весьма значительное, количество пыльцы древесных видов, свидетельствующее, что никогда во время максимального оледенения на Среднем Урале не происходило такого обезлесивания, как в следующее вюрмское оледенение. Это можно объяснить большей снежностью климата рисса, обеспечивающей не только возникновение обширных ледников, но и сохранение древесной растительности в зимнее время.

В целях долгосрочного прогноза динамики БГЦП в оставшееся время текущего межледниковья наибольший интерес представляет реконструкция динамики климата и БГЦП в предыдущее, рисс-вюрмское, межледниковье. В пределах европейского сектора современной таежной зоны последовательность этой динамики носила следующий характер. Криоаридный климат ледникового времени, индицируемый криоксерофильной перигляциальной тундролесостепью, постепенно сменился менее суровым субарктическим климатом позднеледниковья, индицируемым увеличением лесной флоры, сначала березы и лиственницы, а затем, видимо, по мере протаивания многолетней мерзлоты,— сибирской ели («нижний максимум ели»). Далее, оставаясь еще достаточно сухим, климат становится умеренно холодным, бореальным, обеспечившим решительное господство бореальной лесной флоры, формировавшей березово-сосновые леса. По мере дальнейшего потепления и перехода к умеренно теплому климату под их полог начали внедряться виды широколиственной неморальной флоры. При достижении климатом своего оптимума широколиственные леса пережили период своего расцвета и сформировали обширную самостоятельную ботанико-географическую зону. Далее климат становился все более холодным, что индицируется последовательной сменой широколиственных и хвойно-широколиственных лесов сначала темнохвойными («верхняя ель»), затем березово-сосновыми и, наконец, березовыми лесами, видимо, уже субарктического характера, что знаменовало наступление новой ледниковой эпохи.

Надо, однако, предостеречь от абсолютного аналогизирования динамики климата, растительного и биогеоценотического покрова предыдущего межледниковья и голоцена. Главная направленность динамики климата в неоген-антропогене сказалась в том, что никогда в голоцене теплообеспеченность не достигала такой величины, а неморальная флора такого разнообразия и расцвета, как в рисс-вюрмское время. Помимо широколиственных древесных видов, свойственных восточному крылу зоны широколиственных лесов в настоящее время, в рисс-вюрме здесь самое широкое распространение имела липа плосколистная, не вышедшая в голоцене за пределы юго-западной Украи-

ны и Кавказа, а также граб, обитающий ныне на крайнем западе нашей страны и Кавказе и заходивший на Урал лишь в оптимум голоцена. Все это исключает прогнозирование дальнейшего развития природных событий в голоцене путем буквального аналогизирования с их ходом во второй половине предыдущего межледниковья. Тем не менее, общая естественная тенденция динамики климата и БГЦП второй половины текущего межледниковья будет, очевидно, сходной с таковой в течение завершающей фазы рисс-вюрма.

Динамика растительного покрова Среднеуральского низкогорья лучше прослежена Р. Е. Гитерман (1962) по материалам палинологического анализа отложений II террасы р. Чусовой. К сожалению, вскрытая ею картина этой динамики не отличается такой полнотой, с какой она известна для Русской равнины. Ею выделено пять фаз развития растительности, начиная, видимо, с фазы, предшествующей оптимуму рисс-вюрма и кончая началом вюрма:

1. Фаза преобладания хвойных пород (ели 58 %, сосны 25 %, пихты 5—7 %, пыльцы широколиственных — липы и ильмовых 26 %).

2. Фаза преобладания широколиственных: липы (48 %), ильмовых (6 %), дуба (1 %), лещины (единично). Такого участия пыльцы широколиственных не отмечалось на Среднем Урале ни в одном из спорово-пыльцевых спектров голоцена. Оно соответствует их участию в поверхностных спектрах современной широколиственной зоны и свидетельствует о том, что господствующей формацией в оптимум рисс-вюрма в Чусовской депрессии были липовые леса (очевидно, с липой плосколистной,— см. Хвалина, 1965) с примесью ильмовых и дуба. В горных местообитаниях можно предполагать развитие хвойно-широколиственных и лишь на самых высоких уровнях темнохвойных субнеморальных лесов. Подобно Русской равнине (Величко, Морозова, 1973), здесь следует предполагать также самое широкое развитие полнопрофильных бурых лесных почв у подножий хребтов и в широких межгорных депрессиях, и бурых горно-лесных — на склонах.

3. Фаза хвойных лесов еще со значительной (до 25 %) примесью широколиственных.

4. Фаза преобладания ели (60 %) и березы (23 %).

5. Фаза преобладания травянистых видов из семейства маревых, лютиковых и др. Из древесных растений устанавливается присутствие ели, березы, кедровой сосны, ольхи и ив. В синхронных ей культурных отложениях палеолитической стоянки им. Талицкого в низовьях р. Чусовой В. И. Громовым (1948) определены костные остатки мамонта, северного оленя, шерстистого носорога, лошади, лемминга и других представителей смешанного верхнеплейстоценового комплекса, что позволило ему датировать эти находки началом вюрма. Начало этой лед-

никовой эпохи оценивается сейчас возрастом около 75 тыс. л. н.

Из всех трех ее криостадиалов в наибольшей степени нас будет интересовать последний (22—16 тыс. л. н.) — гидротермическим минимумом всего плейстоцена. А. А. Величко и другие (1977) для центра Русской равнины реконструируют следующие климатические условия этого времени: среднюю температуру января — 30—34°, июля 18—20°, продолжительность безморозного периода 80—100 дней, количество осадков не более 100 мм в год. Ближайший современный климатический аналог — Чурапчинская степь в Центральной Якутии. Незначительный снежный покров не препятствовал глубокому промерзанию грунтов и формированию мощной толщи многолетней мерзлоты во всей перигляциальной гиперзоне. Вместе с тем шло энергичное накопление карбонатных лёссов, практически не затрагиваемых процессами почвообразования. Аридность климата обусловливала сравнительно слабое развитие ледников. На Урале, даже на самых высоких вершинах его северного и южного отрезков, не обнаруживается каких-либо выраженных гляциальных форм того времени. В то же время склоны не только высоких хребтов, но и низкогорий Среднего Урала несут следы жесточайшего морозно-гольцового выветривания в виде так называемых нагорных террас, обнаруживаемых сейчас на абсолютной высоте 430—440 м, а также каменистых россыпей и потоков, поросших ныне лесом. Следовательно, пояс холодных гольцовых пустынь спускался по меньшей мере до высоты 400—450 м, что соответствует современному его положению на Полярном Урале в зоне тундр.

Растительный покров прилегающих равнин на широте Среднего Урала в позднем вюрме нередко реконструируется как лесотундровый, что, на наш взгляд, не совсем правильно. Ближайшим аналогом перигляциальных редколесий из лиственницы, ели сибирской, березы и сосны с участием тундровых и криоксерофильных степных и полупустынных видов (карликовой березки и терескена серого, куропаточьей травы и кохии стелющейся, а также, видимо, овсецов, кобрезий и т. п.) являются, по нашему мнению, лиственничные редколесья Оленекско-Вилюйского плато, развитые на карбонатных породах, в которых достаточно широкое участие принимает сибирская ель (Караваев, Скрябин, 1971). В условиях ультраконтинентального климата, многолетней мерзлоты и ничтожного, по существу полупустынного, увлажнения у ели обнаруживаются черты экологии и подтверждается возможность ее существования в составе сухой и холодной тундро-лесостепи. Последняя именно и была основным типом растительности перигляциальной гиперзоны.

Палинологические же данные по горной полосе Среднего Урала свидетельствуют, напротив, о полном отсутствии древесной растительности во время поздневюрмского криостадиала.

Судя по спорово-пыльцевой диаграмме, аллювиально-делювиальные отложения этого времени в верховьях р. Уфы, сложенные лёссовидными суглинками с характерными формами мерзлотных криотурбаций, даже пыльцы трав содержат относительно немного; в них преобладают споры мхов, папоротников и арктических плаунов (Боярская, Малаева, 1967). В. А. Варсанофьевой (1944) описаны дюнные формы рельефа в долине р. Чусовой того времени, свидетельствующие о достаточно напряженном ветровом режиме и распространении незакрепленных песков, видимо, типа тукуланов — холодных пустынь Якутии. Ею же отмечено отсутствие в вюрмском аллювии остатков древесины и древесной пыльцы. О значительной обезлесенности Среднего Урала в вюрме свидетельствует и состав его териофауны, состоявшей почти исключительно из видов открытых ландшафтов (Кузьмина, 1975). Это тем более необычно потому, что в современных ультраконтинентальных районах Восточной Сибири лесная растительность поднимается в горы так высоко, как нигде на аналогичных широтах. Б. А. Юрцев (1976) и Р. Д. Гатри (1976) объясняют полную обезлесенность местами перигляциальной зоны сильными иссушающими ветрами со стороны ледниковых покровов. Кроме того, надо указать на отсутствие на Урале тех молодых криофитных видов, которые слагают ныне верхнюю границу леса в ультраконтинентальных районах,— лиственницы даурской и кедрового стланика.

Таким образом, основным типом растительности низкогорья во время гидротермического минимума плейстоцена был гольцово-пустынный, разреженные сообщества которого формировали арктические и аркто-альпийские споровые и, в меньшей степени, цветковые растения. В связи с аридным климатом этого криостадиала не исключено проникновение в горы некоторых горно-степных криоксерофитов, о чем свидетельствуют находки их в составе гольцов в горах Среднего и Северного Урала, сложенных основными породами (Хохряков, 1959; Сторожева, 1978). В межгорных депрессиях, вполне возможно, было развитие тундростепных, а в наиболее увлажненных местообитаниях — кустарниковых и луговых сообществ из гипоарктических и травянистых бореальных видов.

Процессы почвообразования в аридном климате позднего вюрма были, естественно, предельно подавлены. Отмечая ничточное содержание гумуса в лёссовых отложениях того времени, а также слабую выветрелость самого лёсса, А. А. Величко и другие (1977) предполагают отсутствие почвенного покрова, рассматривая, вслед за И. П. Герасимовым, отложения сильно карбонатных лёссов в качестве своеобразных почв ледниковой эпохи. Тем не менее, большое содержание в лёссах оснований, благоприятные физические свойства их позволяли развиваться достаточно продуктивному растительному покрову

с высокими кормовыми свойствами, обеспечивающими существование обильной растительноядной фауны (Гатри, 1976). На плоских вершинах и отчасти горных склонах Среднего Урала можно предполагать развитие почв, близких к современным полярно-пустынным почвам высокоширотной Арктики. Они характеризуются обычно сильной щебнистостью и также накоплением карбонатов под маломощным гумусовым горизонтом (Глазовская, 1973).

При реконструкции БГЦП низкогорья в позднем вюрме как гольцовой пустыни или безлесной тундростепи неизбежно встает вопрос, где же было убежище лесной биоты в то время. Разумеется, речь идет о видах, которые не входили в состав тундролесостепи прилегающих равнин, т. е. о пихте и кедре сибирских, видах неморальной дендрофлоры и их травянистых спутниках, а также о таежной фауне. Поскольку даже на самом юге низкогорья поздневюрмские спектры индицируют безлесные ландшафты, в поисках рефугиума таежной биоты необходимо обратиться к Южному Уралу. Вопрос о существовании в горах Южного Урала ледникового убежища темнохвойных пород в палеоботанической литературе не возникал. Однако в настоящее время, в связи с реконструкцией климата перигляциальной гиперзоны, как ультраконтинентального, сухого и холодного, этот вопрос снова стал актуальным. Ведь в горах аналогичных районов Центральной Якутии ни пихта, требующая сравнительно мягкого и снежного климата, ни кедр, чувствительный к дефициту атмосферной и почвенной влажности, не произрастают. Наибольший интерес представляют те горы Южного Урала, Мугоджар и Общего Сырта, которые омывались с юга в позднем вюрме обширным Верхнехвалынским бассейном, в два раза превышавшим по площади современный Каспий, и испытывали несомненно его смягчающее влияние. Однако, если для нижнехвалынских отложений Прикаспийской низменности, синхронных с ранним криостадиалом вюрма, вопрос о существовании темнохвойной тайги решается положительно (Гричук, 1954), то про верхнехвалынские отложения Прикаспия этого сказать нельзя (Чигуряева, Воронина, 1960; Вронский, 1974). Нам не известно прямых свидетельств существования пихтовых или кедровых лесов в позднем вюрме в пределах указанных горных сооружений. И все же сохранение таежной биоты в них вполне вероятно. Она могла сохраниться в составе травянистых подгольцовых пихтово-кедровых редколесий типа горных редколесий юго-западной Якутии или северо-восточной Монголии. Эти предполагаемые убежища таежной биоты сыграли выдающуюся роль в восстановлении таежного биома как на самом Урале, так и на прилегающих равнинах. Надо подчеркнуть, что речь может идти лишь о сохранении биоты, а не биоценозов, которые сформировались в голоцене практически заново на базе уцелевших видов растений и животных. К такому же мнению

пришел и В. П. Гричук (1973, с. 191). «Широко распространенный взгляд,— пишет он,— на современную растительность, как дериват межледниковой рисс-вюрмской растительности, обедненной за счет выпадения некоторых термофильных элементов, не полностью отвечает положению вещей. Современная растительность с точки зрения характера и состава слагающих ее ценозов — образование в общем новое, возникшее почти полностью уже после валдайского оледенения».

Вопрос о южноуральском рефугиуме неморальной флоры обсуждался в литературе неоднократно (Горчаковский, 1969). Большинство ботанико-географов считало возможным сохранение ее здесь с доледниковья или, по крайней мере, с рисс-вюрма. Но существует и противоположное мнение (Гроссет, 1967; Лавренко, 1967), с которым мы в общем согласны, но вместе с тем отмечаем отсутствие надежного его палеоботанического обоснования.

Около 18 тыс. лет назад наметился некоторый перелом климата ледниковой эпохи в сторону потепления. Еще более отчетливо оно проявилось около 16 тыс. лет назад — интерстадиал ласко. Однако вскоре климат вновь вернулся к состоянию позднего вюрма, продолжавшегося до 13 тыс. лет назад. Лишь с потеплений бёллинг (13,0—12,2 тыс. лет назад) и особенно аялерёд (11,8—11,4 тыс. лет назад), в оптимуме которых климат по теплообеспеченности приближался к современному, тенденция к улучшению климата становится доминирующей. К этим потеплениям для многих озерных котловин умеренного пояса относится начало накопления органогенных отложений, позволивших методом спорово-пыльцевого анализа воссоздать историю флоры и растительности со значительной полнотой. На Урале, однако, столь древние отложения не известны. Поэтому динамику его БГЦП в течение всего позднеледниковья можно реконструировать лишь предположительно.

Позднеледниковые потепления ознаменовались почти для всей Русской равнины распространением еловых лесов из ели сибирской и формированием достаточно развитых дерново-подзолистых почв (Серебрянный, 1974; Таргульян, Александровский, 1976); в Западной Сибири господствовали сосновые леса почти современного типа. Несомненно, что именно во время этих потеплений древесные породы начали заселять Средний Урал. По спорово-пыльцевым спектрам самого верхнего слоя вюрмской террасы р. Уфы можно наметить последовательность появления здесь древесных видов: береза и ель, затем сосна и пихта и, наконец, кедр. Потепление и, главное, увеличение влажности и снежности климата должны были прежде всего преобразовать гольцовые пустыни позднего вюрма в кустарничково-моховые горные тундры. Первые же лесные сообщества низкогорья должны были иметь характер редколесий лесотундрового и северотаежного типа, сформировавшихся на приречных

таликах и горных склонах путем инкумбации древесного яруса на покров долинной и горной тундры. В широких депрессиях на месте тундростепи возникли остепненные сосняки. Соответственно можно предположить смену полярно-пустынных почв низкогорья горно-тундровыми, аналогичными современным почвам Полярного Урала. Последние характеризуются бурым неоподзоленным и неоглеенным профилем и отнесены В. О. Таргульяном (1971) к типу подбуров.

Потепление климата в позднеледниковье, вызвавшее достаточно быстрое глубокое, а, возможно, и полное оттаивание многолетней мерзлоты, увеличение снежности зим и преобразование растительности тундролесостепи в тундровую, болотную или лесную, состоящую из растений низкого кормового достоинства, обернулось подлинной экологической катастрофой для фауны верхнеплейстоценового комплекса, обусловившей его распад и вымирание многих видов. Первобытные охотники лишь ускорили этот процесс (Верещагин, 1971; Квасов, 1977).

Самый конец позднеледниковья — поздний дриас (11,4±0,1—10,3±0,1 тыс. л. н.) — вновь ознаменовался глубоким похолоданием, приблизившим его климат к климату позднего вюрма. С этой фазы, 14-ой по счету (см. таблицу), развитие БГЦП низкогорья уже индицируется рядом спорово-пыльцевых спектров. Для округа восточных предгорий и Зауралья обширные палинологические материалы были собраны В. Н. Сукачевым и Г. И. Поплавской (1946). Анализируя лишь состав древесной пыльцы, они реконструируют для этого времени лесотундровый покров. Н. А. Хотинский (1977), проведя повторный и более тщательный анализ одного из опорных разрезов восточных предгорий — Горбуновского болота, существенно уточняет картину, реконструируя типичную плейстоцéновую тундролесостепь с господством полынно-маревых и злаковых группировок и участием ели, сосны и лиственницы.

Для восстановления динамики растительного покрова горной полосы Среднего Урала исключительный интерес представляет обнаруженный нами в долине р. Сулем,— правого притока Чусовой,— в 13 км от водораздельного хребта (Висимский заповедник) четырехметровой торфяно-сапропелевой залежи, спорово-пыльцевой анализ которой сделан Н. К. Пановой (Панова, Маковский, 1979). Спорово-пыльцевой спектр из основания залежи хорошо коррелирует со спектром позднего дриаса диаграммы Горбуновского болота, отличаясь от последнего меньшим участием лиственницы и злаков, но присутствием пихты и кедра, а также значительной долей спор папоротников и пыльцы разнотравья, что свидетельствует о несколько более мягком и влажном климате западного макросклона. Но основу растительности и в горной полосе низкогорья составляли полынно-маревые группировки холодной тундролесостепи, видимо, по днищам межгорных депрессий с зарослями кустарнико-

Фазы развития биогеоценотического покрова Среднеуральского низкогорья в конце позднеледниковья и в голоцене

Период по Блитту-Сернандеру	Фаза развития БГЦП	Абсолютная датировка, тыс. лет назад	Климат	Растительный покров
Субатлантический	1	0,2—0,0	Переходный к теплому и относительно сухому	Современный покров пихтово-еловых (местами с кедром) бореальных и субнеморальных лесов. Увеличение березы
	2	0,65—0,2	Прохладный и влажный «малый ледниковый период»	Господство пихтово-еловых (с кедром) лесов. Увеличение гидроморфных их типов. Выпадение лещины и сокращение других широколиственных пород
	3	2,5—0,65	Теплый и относительно сухой «малый оптимум»	Усиление в составе темнохвойных лесов широколиственных пород и частичное восстановление широколиственно-хвойных лесов
Суббореальный	4	3,4—2,5	Прохладный и относительно влажный	Господство пихтово-еловой (с кедром) тайги близкого к современному состава и структуры
	5	4,2—3,4	Теплый и относительно сухой «суббореальный ксеротерм»	Кратковременный возврат к покрову широколиственно-хвойных лесов климатического оптимума голоцена
	6	4,6—4,2	Прохладный и влажный	Уменьшение роли широколиственных за счет снижения участия ильмовых. Господство пихтово-еловой (с кедром) тайги

Период по Блитту-Сернандеру	Фаза развития БГЦП	Абсолютная датировка, тыс. лет назад	Климат	Растительный покров
Атлантический (термический оптимум голоцена)	7	7,9±0,2 —4,5±0,1	Климатические фазы не отчетливы	Фазы развития БГЦП устанавливаются не отчетливо. Господство широколиственно-хвойных лесов. Дендрофлора достигла своего максимального разнообразия. Помимо современных видов, отмечается присутствие, хотя и в большом количестве, дуба, вяза, береста, лещины и граба. Завершается становление близкого к современному почвенного покрова
			Теплый и, видимо, достаточно влажный	
	8		Теплый и, видимо, очень влажный	
	9		Теплый и, видимо, относительно сухой	
Бореальный	10	9,3±0,1 —7,9±0,2	Прохладный и влажный	Некоторое уменьшение роли лесной растительности за счет увеличения травянистых группировок
	11		Теплый и относительно сухой	Господство пихтово-еловых (с кедром) лесов со значительной примесью широколиственных пород: липы, ильма, вяза и лещины
Пребореальный	12	10,0±0,1 —9,3±0,1	Холодный и влажный	Частичное восстановление покрова горной тундры и тундролесостепи. Вероятно существование кедровых с пихтой и березовых с елью редколесий
	13		Теплый и относительно сухой	Господство пихтово-еловых (с кедром) лесов. Появляются широколиственные

Период по Блитту-Сернандеру	Фаза развития БГЦП	Абсолютная датировка, тыс. лет назад	Климат	Растительный покров
Поздний дриас	14	11,4±0,1 —10,3±0,1	Холодный и, видимо, достаточно сухой	Господство горных тундр и тундролесостепи. Вероятно существование елово- и сосново-лиственничных и кедровых (с пихтой) редколесий

вых берез и елово-лиственничными редколесьями; кедр и пихта могли формировать самостоятельные редкостойные насаждения на горных склонах. В Чусовской депрессии Р. Е. Гитерман (1962) также реконструирует островные березовые и сосновые леса, чередующиеся с группировками травянистых растений, главным образом маревых и полыней.

Состав озерных отложений этого времени (суглинки, супеси) свидетельствует о достаточно интенсивной денудации слабо облесенных склонов и отсутствии внутригрунтового выноса подвижных соединений. Последнее может быть связано с восстановлением в позднем дриасе многолетней мерзлоты.

Начало первого периода голоцена — пребореального (10,0± ±0,1—9,3±0,1 тыс. л. н.) — ознаменовалось быстрым и повсеместным потеплением, когда климат по теплообеспеченности приблизился к современному. На прилегающих к Уралу равнинах оно вызвало широкое развитие елово- и сосново-березовых лесов, а также появление в центре Русской равнины, на Среднем и Северном Предуралье широколиственных пород (Немкова, 1976). Быстрота их распространения с позиции актуализма кажется невероятной. Долгое время она наводила на мысль о существовании рефугиумов этих пород как в пределах самой равнины, так и в предгорьях Урала (Уфимское плато) и даже на самом Среднем Урале. Однако не следует забывать, что расселение широколиственных пород в пребореале происходило в принципиально иных условиях, нежели в современный период: в условиях слабого биоценотического сопротивления со стороны невыработанных ценозов, широкого распространения карбонатных почв и, видимо, в условиях несложившегося комплекса консортов — орнито- и энтомофауны, грибной флоры, сильно ограничивающих распространение этих пород в настоящее время. Не исключено, что некоторое содействие в их расселении оказывали бродячие неолитические племена, существовавшие за счет собирательства и охоты (Комаров, 1951, с. 148—154).

Пребореальное потепление с поразительной быстротой преобразило растительный покров низкогорья. В спорово-пыльцевых спектрах этого времени почти исчезает пыльца индикаторов холодной тундролесостепи и резко увеличивается доля пыльцы древесных пород: в восточных предгорьях — сосны, а в горной полосе — ели, пихты и кедра. В спектре Сулёмского торфяника отмечается присутствие пыльцы липы. В связи с непродолжительностью 13-й тепло-сухой фазы, не более 500 лет, климаксовый растительный покров, очевидно, сформироваться не успел, и о характере его судить трудно из-за крайне малой представленности в спектрах травянистых индикаторов типологического разнообразия. Можно лишь предполагать, что здесь имело место формирование яруса древесных пород путем наложения на горно-тундровые и тундростепные сообщества позднего дриаса горных темнохвойных лесов северно- и среднетаежного характера на склонах и остепненных сосняков в предгорьях и межгорных депрессиях.

Столь же кратковременное похолодание второй половины пребореала (12-я холодно-влажная фаза) нашло отражение на всех новейших палинологических диаграммах низкогорья и его восточных предгорий в виде падения кривой древесной пыльцы и увеличения относительного участия маревых и полыней. В округе восточных предгорий сравнительно широкое распространение получает лиственница. В горной полосе спектры отражают процесс стремительного обезлесивания, декумбации древесного яруса, произошедшей на протяжении жизни одного поколения леса. Полностью исчезает пыльца широколиственных. Удерживают свои позиции лишь кедр и береза. Высоко участие в спектрах пыльцы и спор разнотравья и папоротников. Все это свидетельствует о существовании в горах кедровых и березовых редколесий, а также, возможно, безлесных разнотравных и папоротниковых сообществ субальпийского характера. В озерах началось отложение известковистых сапропелей, свидетельствующих о начале интенсивного выщелачивания почв.

Следующий период голоцена — бореальный (9,3±0,1—7,9±0,1 тыс. лет назад) — отличался климатом более теплым, чем современный (11-я фаза). Лишь в самом конце его климат по теплообеспеченности приближался к современному (10-я фаза). В бореальное время на Русской равнине господствовали березовые, а в Предуралье березово-сосновые леса с примесью ели и липы (Немкова, 1976). На севере Западной Сибири этот период был временем расцвета темнохвойной тайги. На широте Среднего Урала в составе лесов резко возрастает участие сосны за счет выпадения лиственницы, что объясняется В. Н. Сукачевым и Г. И. Поплавской (1946) не только потеплением климата, но и обеднением почв известью. Начиная с этого времени и до наших дней, в районе восточных предгорий преобладают сосновые и березовые леса более или менее однородного пород-

ного состава. Все последующие климатические колебания, отчетливо устанавливаемые по данным альгологического анализа озерных отложений (Кордэ, 1960), очевидно, проявлялись лишь в изменениях типологической структуры лесного покрова, что слабо улавливается путем палинологического анализа.

Спорово-пыльцевые спектры бореала в горной полосе Среднего Урала свидетельствуют о значительном прогрессе темнохвойных и широколиственных пород. Из последних, помимо липы и ильма, констатируется присутствие лещины и вяза (ныне их здесь нет). Богато представлены папоротники и разнотравье. Все это свидетельствует о существовании травяных и папоротниковых пихтово-еловых лесов близкого к современному южнотаежного характера с примесью и подлеском из широколиственных пород. Формирование их можно связывать как с поглощением субальпийских разнотравий и папоротничников пребореала, так и с инвазией широколиственных пород. Таким образом, растительный покров низкогорья в бореале резко отличается от покрова прилегающих равнин, что, несомненно, связано с влагоаккумулирующей ролью Урала, которая в условиях тепло-сухой фазы бореала проявилась достаточно четко.

Похолодание последней четверти бореала в спорово-пыльцевой диаграмме Сулемского торфяника нашло отражение в появлении спектра, сходного со спектром второй половины пребореала.

Следующий период — атлантический ($7{,}9 \pm 0{,}2$—$4{,}5 \pm 0{,}1$ тыс. лет назад) — повсеместно проявился как термический оптимум голоцена. По фитоиндикационным данным В. П. Гричука (1969), в округе восточных предгорий (Аятское болото) средние температуры января были выше современных на 3°, июля — на 2°, безморозный период больше на 35 дней, сумма осадков — на 50 мм. Климатические фазы устанавливаются неотчетливо. Первые полторы тысячи лет этого периода были, видимо, относительно сухими (9-я фаза). Прибалтийские палинологи считают их вообще наиболее сухим временем голоцена (Valk, 1974). В середине периода, около 6,5—5,8 тыс. лет назад, выявляется более влажная 8-я фаза, с которой А. В. Шнитников (1957) связывает легенды о «всемирных потопах». К этой фазе на Русской равнине относится начало формирования верховых болот. Последние 1,2—1,5 тысячи лет вновь были несколько более сухими и теплыми, хотя заметного дефицита увлажнения не устанавливается (7-я фаза).

Для Русской равнины атлантический период был временем расцвета широколиственных пород. В середине периода через Уральский хребет они вышли на просторы Западной Сибири и достаточно быстро распространились на север до широты Ивделя и даже, возможно, Салехарда (Петрова, 1963), а на восток — до Красноярска, где и поныне сохранились реликтовые местонахождения липы. Несомненно, что именно Средний Урал,

представляющий огромную седловину, глубоко прорезанную к тому же долиной р. Чусовой, послужил для них воротами в Западную Сибирь.

Вхождением неморального элемента в состав природной флоры низкогорья завершилось в целом ее формирование. К этому времени плейстоценовый фаунистический комплекс открытых ландшафтов окончательно сменился современным лесным комплексом. Биота достигла своего наибольшего разнообразия. Помимо обитающих ныне древесных пород, здесь устанавливается произрастание дуба, лещины, вяза, граба и береста (Хотинский, 1977). Последний вид, будучи наиболее термофильным и мегатрофным, выпал уже в конце атлантического периода, видимо, не только в связи с похолоданием климата, но и вследствие обеднения почв элементами питания.

Для всей Уральской горной страны атлантический период был временем расцвета лесной растительности. Полярный Урал был также облесен, как ныне Северный. Исчезли ледники Урала (Сурова, Троицкий, 1971). Растительный покров Среднего Урала, однако, мало отличался от покрова предыдущего периода. В начале и конце периода отмечаются пики ели и кедра, в середине — некоторое увеличение березы и сосны, широколиственные породы — липа и ильмовые — встречаются в виде устойчивой, но не преобладающей примеси, единично отмечаются пыльцевые зерна лещины. Все это свидетельствует о существовании здесь широколиственно-темнохвойных лесов подтаежного характера. Смещение зональных границ подтаежной зоны на север достигало, таким образом, 200—400 км. Характерно уменьшение в спорово-пыльцевых спектрах участия спор папоротников. Отметим, что и в настоящее время для подтайги папоротниковые леса не характерны (Курнаев, 1968).

В. О. Таргульян и А. Л. Александровский (1976) полагают, что к концу атлантического периода в южнотаежной подзоне Русской равнины закончилось формирование современных почв. В последующие более холодные периоды, возможно, было лишь ослабление интенсивности почвообразования, поэтому после оптимума голоцена почвы не претерпели существенного развития и перестройки профиля. На Среднем Урале к середине атлантического периода в основном завершился процесс интенсивного выноса легкорастворимых соединений и отложения известковистых сапропелей. Почвы предгорий и межгорных депрессий, в которых криоаридное почвообразование ледниковой эпохи оставило скопление карбонатов, изменялись по пути подзолообразования (стирающая эволюция по В. О. Таргульяну). Напротив, почвы выпуклых форм рельефа уже с позднеледниковья, т. е. с момента образования тундровых подбуров, изменялись по пути эволюции, развивающейся вплоть до формирования более мощных и дифференцированных, но тем не менее относящихся к тому же типу бурых горно-лесных почв.

В атлантическом периоде, когда здесь господствовали широколиственно-хвойные леса, процесс буроземообразования должен был идти особенно интенсивно. Это не значит, однако, что «буроземистость» современных горных почв Урала является, как это считает С. А. Дыренков (1976), реликтовой. Современное почвообразование в горных южнотаежных лесах Урала по-прежнему идет по пути формирования бурых горно-лесных почв. Об этом свидетельствует достаточно быстрое (в пределах 100 лет, по устному сообщению Е. Б. Скворцовой) восстановление типичного буроземистого профиля в местах нарушения почвенного покрова, связанных, например, с буревалами. Тем не менее, почвенный покров Среднего Урала в том виде, в каком он существует в настоящее время, сложился, вероятно, уже в атлантическое время и в дальнейшем не претерпел существенных изменений. Более поздние почвообразовательные процессы лишь поддерживали его существование (наследующая эволюция).

Динамика климата в следующий, суббореальный, период носила сложный характер. Долгое время суббореал считался теплым и самым сухим временем голоцена,— его ксеротермическим периодом. В настоящее время в нем выделяются три климатические фазы: 6-я — кратковременное похолодание (4,6—4,2 тыс. лет назад); 5-я — более длительное потепление (4,2—3,4 тыс. лет назад), которое по температурным условиям было близко к условиям атлантического периода, а по увлажнению гораздо суше его, и потому может рассматриваться как ксеротерм; 4-я — продолжительное похолодание и увеличение увлажнения (3,4—2,5 тыс. лет назад).

Эти колебания климата отчетливо устанавливаются сейчас на Русской равнине и в Предуралье. Похолодание раннего суббореала вызвало деградацию лесной растительности на северном ее пределе и отступление на юг широколиственных пород; в Северном Предуралье они исчезли полностью, а в Среднем сохранились в виде незначительной примеси. Ксеротерм ознаменовался повторным расцветом широколиственных пород: в Среднем Предуралье отмечался пик липы (Немкова, 1976). И, наконец, поздний суббореал ознаменовался на прилегающих равнинах наибольшим расцветом еловых лесов на западе и пихтово-еловых на востоке. Видимо, в это время в европейском и уральском секторах тайги получает распространение гибридогенная форма ели (ель европейская × ель сибирская), возникновение которой Л. Ф. Правдин (1974) относит к атлантическому периоду. Отличаясь от материнских видов более широкой экологической амплитудой и, очевидно, более сильным средообразованием, с чем некоторые лесоводы (Васильев, 1935) связывают ее заметное доминирование в пихтово-еловых лесах, она способствовала формированию по существу новой формации темнохвойных лесов европейского Севера и Урала. Таким образом, «верхняя ель» суббореала ознаменовала не только клима-

тогенную, но и, в известном смысле, филоценогенетическую смену лесного покрова этих регионов.

Динамика растительного покрова Среднеуральского низкогорья имела в суббореале более плавный характер. Если в позднеледниковье и в первой половине голоцена эволюция его биоценозов была связана в основном с их обогащением вследствие иммиграции видов бореальной и неморальной биоты, то с суббореала она протекает под знаком их обеднения за счет элизии видовых популяций или уменьшения численности и биоценотической роли более теплолюбивых видов. С похолоданием раннего суббореала связано сокращение численности ильмовых, главным образом за счет выпадения наиболее термофильного их вида — береста. Спорово-пыльцевые спектры, которые, видимо, можно датировать суббореалом, в округе водораздельного кряжа (Панова, 1976) и западного макросклона характеризуются вообще перерывом кривых широколиственных пород, что отражает их деградацию, выпадение или переход в состояние вегетативно размножающихся подлесочных форм; лишь в ксеротермическую фазу их пыльца в незначительном количестве появляется вновь. В целом же весь суббореал на Среднем Урале ознаменовался расцветом пихтово-еловой тайги. К этому времени достаточно уверенно можно относить становление большинства современных типов ее БГЦ. Дальнейшие изменения БГЦП низкогорья были связаны с внутриформационными подвижками этих типов.

Климатические колебания в течение последнего периода — субатлантического — выявлены наиболее детально (Bray, 1971). В нем отчетливо устанавливаются две фазы многовекового климатического цикла: 3-я более сухая и теплая (2,5—0,65 тыс. лет назад с экстремумом в VIII—X вв. н. э.), известная под названием «малого оптимума», «потепления раннего средневековья» или «периода викингов», и 2-я — холодная и влажная, описанная как «малый ледниковый период» (0,65—0,2 тыс. лет назад). Последние два века являются переходными к очередной (1-ой) сухо-теплой климатической фазе. Следовательно, в целях прогнозирования динамики БГЦП в течение начавшейся фазы наибольший интерес представляет реконструкция его состояния во время предыдущего «малого оптимума». Во время экстремума этого оптимума, когда климатические условия на короткий срок действительно приближались к условиям оптимума голоцена, на Урале устанавливаются существенные подвижки древесных пород-лесообразователей в рельефе и преобразование типологической структуры БГЦП. Даже на Полярном Урале лиственничные редколесья заселяют горные тундры на 100 м выше современной границы леса (устное сообщение С. Г. Шиятова). На Среднем Урале, по данным Л. Н. Савиной и В. Г. Туркова (1977), широколиственные породы распространялись по меньшей мере на 100 м вверх и на 50 м вниз от со-

временного их положения, т. е. в пределы нынешних высокотравных пихтово-еловых лесов, где только обилие травянистых неморальных видов свидетельствует о былом распространении широколиственных, а также в пределы хвощово-сфагновых кедрово-еловых лесов, занимающих ныне холодные и влажные депрессии. Помимо сохранившихся здесь липы и редкого ильма, в округе водораздельного кряжа отмечается лещина. К. Н. Игошина (1949) предполагает существование лещины даже в Ивдельском Зауралье. Обилие пыльцы липы в спорово-пыльцевом спектре этой фазы свидетельствует о восстановлении здесь на короткий срок широколиственно-темнохвойных лесов.

«Малый ледниковый период» XIII—XVIII вв. ознаменовался на Урале возникновением современного оледенения, деградацией лесной растительности на верхнем ее пределе, развитием болотообразовательных процессов и выпадением из состава флоры некоторых широколиственных: лещины и граба. В межгорных депрессиях Среднего Урала энергично протекали процессы заболачивания лесов, смена пихтово-еловых насаждений с липой и ильмом хвощово-сфагновыми кедро-ельниками (Савина, Турков, 1977; Маковский, Панова, 1978). Лишь в самых верхах палинологических диаграмм уменьшается содержание пыльцы кедра и спор болотообразователей — хвощей, сфагновых мхов. Одновременно возрастает количество пыльцы подорожника, щавеля, маревых, появляется пыльца ржи. Все это связано как с некоторым переломом климата к очередной сухо-теплой фазе, так и с усилением хозяйственной деятельности русского земледельческого населения.

Такова в общих чертах картина многовековой динамики БГЦП Среднеуральского низкогорья в антропогене. Выявление закономерностей крупномасштабных смен БГЦП позволяет достаточно обоснованно прогнозировать дальнейшую его динамику по меньшей мере в течение очередной фазы многовекового климатического мезоритма. В настоящее время планетарный климат находится в состоянии перехода к очередной тепло-сухой фазе этого ритма, экстремум которой следует ожидать около XXVIII—XXX вв. Однако в связи с тем, что мезоритмика климата проявляется на фоне ледниково-межледникового макроритма, кривая которого после атлантического оптимума пошла на убыль, предстоящее потепление, очевидно, будет менее выраженным, чем в «период викингов», а следующая за ним холодно-влажная фаза должна быть еще более суровой, нежели «малый ледниковый период» позднего средневековья. По расчетам Лэма (Lamb, 1966), в течение последних двух мезоритмов каждая последующая фаза одного знака была холоднее по средним годовым температурам на 0,5°. Подобный температурный тренд вероятен и в будущем. Тем не менее, существующая в настоящее время тенденция крупномасштабной динамики климата благоприятна для сохранения на территории

низкогорья в течение всей очередной фазы покрова темнохвойной пихтово-еловой тайги (успешного ее самовосстановления после нарушений), а также, вероятно, некоторого ослабления в составе ее БГЦ популяций кедра и постепенного усиления популяций широколиственных пород, вплоть до формирования в оптимуме фазы на наиболее теплообеспеченных экотопах широколиственно-хвойных лесов. Усиление позиций широколиственных пород будет также находить проявление в том, что восстановление темнохвойных лесов все шире станет протекать через смену их широколиственными временниками. Это явление, достаточно отчетливое на юге низкогорья, должно постепенно распространяться на север. Динамика почвенного покрова будет протекать по пути наследующей эволюции и поддержания доминирования бурых горно-лесных почв и некоторого сокращения почв гидроморфного ряда. Этот прогноз, разумеется, не исключает кратковременного проявления динамических тенденций противоположного знака в порядке влияния климатической ритмики относительно небольшой продолжительности — вековой и внутривековой.

Надо подчеркнуть, что сделанный прогноз составлен с учетом естественного климатического тренда. Однако начало новой климатической фазы совпало с началом исключительно интенсивного воздействия на БГЦП человека, и поэтому, давая прогноз на будущее, не учитывать последствий такого воздействия сейчас невозможно. Между тем такие попытки, на наш взгляд, приводящие к совершенно ложным выводам, имеются. Так, Н. А. Хотинский (1977), отмечая увеличение (явно антропогенное — *В. Т.*) в современном лесном покрове сосны и березы, полагает, что климат голоцена вступил в заключительную предледниковую фазу развития. Однако действительным индикатором вступления в новую климатическую эпоху могли бы быть естественная деградация лесной растительности на северном и верхнем ее пределах, прогрессирующее заболачивание и падение продуктивности лесов, ослабление лесовосстановительных процессов и т. п. Поскольку подобные динамические тенденции не только в южной и средней, но и в северной тайге не проявляются отчетливо (это подчеркивается, в частности, С. А. Дыренковым, 1976), прогнозы о наступлении предледниковья несостоятельны.

Чтобы учесть те коррективы, которые может внести деятельность человека в естественный ход многовековой динамики БГЦП, необходимо прежде всего принять во внимание существующие прогнозы антропогенных изменений основной причины этой динамики — планетарного или регионального макроклимата. Почти по единодушному мнению климатологов, из всех видов воздействия человека на климатообразующие процессы, наиболее серьезные последствия может иметь дополнительное поступление в атмосферу углекислого газа и увеличе-

ние вследствие этого ее парникового эффекта. Но наступившее после потепления первой половины текущего века очередное внутривековое похолодание, несмотря на продолжающееся возрастание количества CO_2, показало, что динамика климата диктовалась естественными причинами. Тем не менее, климатологи продолжают настаивать на том, что дальнейшее увеличение CO_2 в атмосфере приведет уже в начале 80-х годов к перелому планетарного климата в сторону потепления с достижением к концу столетия уровня естественного потепления первой его половины. К 20-м годам будущего века температура может повыситься до значения, характерного для раннего средневековья («периода викингов»), а с середины его должен произойти переход к климату с безледной Арктикой (Flohn, 1977), существовавшему, вероятно, во время оптимума голоцена. Если оправдается этот климатический прогноз, то прогнозируемая нами динамика БГЦП будет ускорена в несколько раз и, следовательно, состояние БГЦП низкогорья, ожидаемое на XXVIII—XXX вв., может стать реальностью уже к середине будущего столетия, а к концу XXI в. весьма вероятным станет столь существенная подвижка зональных границ к северу, какая имела место в атлантическом периоде голоцена. Ближайшие одно-два десятилетия должны подтвердить или опровергнуть правильность такого прогноза.

ЛИТЕРАТУРА

Александрова В. Д. Изучение смен растительного покрова.— В кн.: Полевая геоботаника. М.; Л.: Наука, 1960, т. 3, с. 300—447.

Ананова Е. Н. Флора типа «перегляциальной» из древнечетвертичных отложений р. Камы.— В кн.: Проблемы ботаники. М.: Изд-во АН СССР, 1959, вып. 4, с. 92—128.

Ананова Е. Н. Краткая характеристика растительности и климата плиоцена Русской равнины.— Вопросы ботаники, вып. 3. Л.: ВБО АН СССР, 1960, с. 107—109.

Ананова Е. Н. О флоре и растительности Русской равнины в плиоцене по палинологическим данным.— В кн.: К первой международной палинологической конференции, (Таксон США). М.: Изд-во АН СССР, 1962, с. 137—144.

Ананова Е. Н. О генезисе степной и таежной зон Русской равнины.— В кн.: Значение палинологического анализа для стратиграфии и палеофлористики. М.: Наука, 1966, с. 238—246.

Андреев В. Н. Заселение тундры лесом в современную эпоху.— В кн.: Растительность Крайнего Севера и ее освоение. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1956, с. 27—45.

Арсланов Х. А. Радиоуглеродная геохронология верхнего плейстоцена. Бюлл. комиссии по изучению четвертичного периода. М.: Наука, 1975, № 43, с. 3—25.

Берг Л. С. Основы климатологии. Л.: Учпедгиз, 1938. 455 с.

Боярская Т. Д., Малаева Е. Н. Развитие растительности Сибири и Дальнего Востока в четвертичном периоде. М.: Наука, 1967. 200 с.

Будыко М. И. Глобальная экология. М.: Мысль, 1977. 327 с.

Будыко М. И., Васищева М. А. Влияние астрономических факторов на четвертичные оледенения.— Метеорология и гидрология, 1971, № 6, с. 37—47.

Быков Б. А. Геоботаника. 2-е изд. Алма-Ата, 1957. 382 с.

Варсанофьева В. А. Геоморфологический очерк западного склона Среднего Урала.— Геология СССР. М.; Л., 1944, т. 12, с. 623—647.

Васильев Я. Я. Взаимоотношение между пихтой и елью в европейской части СССР.— Сов. бот., 1935, № 2, с. 68—74.

Величко А. А. Природный процесс в плейстоцене. М.: Наука, 1973. 225 с.

Величко А. А., Морозова Т. Д. Почвы.— В кн.: Палеогеография Европы в позднем плейстоцене. М.: Ин-т географии СССР, 1973, с. 161—182.

Величко А. А., Грехова Л. В., Губонина З. П. Среда обитания человека Тимоновских стоянок. М.: Наука, 1977. 140 с.

Верещагин Н. К. Охоты первобытного человека и вымирание плейстоценовых млекопитающих в СССР.— В кн.: Материалы по фаунам антропогена СССР. М.: Наука, 1971, с. 200—272.

Волкова В. С. Стратиграфия и история развития растительности Западной Сибири в позднем кайнозое. М.: Наука, 1977. 235 с.

Вронский В. А. К маринопалинологии Северного Каспия.— В кн.: Маринопалинологические исследования в СССР. М.: ГИН АН СССР, 1974, с. 126—134.

Гатри Р. Д. Влияние окружающей среды на размеры тела, «социальные» органы, параметры популяций и вымирание млекопитающих Берингии.— В кн.: Берингия в кайнозое. Владивосток, 1976, с. 296—325.

Гедеонов А. Д. Изменения температуры воздуха на северном полушарии за 90 лет. Л.: Гидрометеоиздат, 1973. 146 с.

Герасимов И. П. Современные пережитки позднеледниковых явлений вблизи самой холодной области мира.— Изв. АН СССР, 1952, № 5, с. 16—22.

Гитерман Р. Е. Стратиграфическое значение спорово-пыльцевых спектров четвертичных отложений низовья р. Чусовой.— В кн.: Краткие сообщения Ин-та археологии АН СССР. М.: Изд-во АН СССР, 1962, вып. 2, с. 18—23.

Глазовская М. А. Почвы мира. М.: Изд-во МГУ, 1973, т. 2. 426 с.

Горчаковский П. Л. Основные проблемы исторической фитогеографии Урала. Свердловск: УФАН СССР, 1969. 286 с.

Горчаковский П. Л. Растительный мир высокогорий Урала. М.: Наука, 1975. 283 с.

Гричук В. П. Материалы к палеоботанической характеристике четвертичных и плиоценовых отложений северо-западной части Прикаспийской низменности.— Труды Ин-та географии АН СССР, 1954, вып. 61.

Гричук В. П. Гляциальные флоры и их классификация.— В кн.: Последний ледниковый покров на Северо-Западе европейской части СССР. М.: Наука, 1969.

Гричук В. П. Растительность (карты № 19—21).— В кн.: Палеогеография Европы в позднем плейстоцене. М.: Ин-т географии АН СССР, 1973, с. 182—220.

Громов В. И. Палеонтолого-стратиграфическое изучение террас в низовьях р. Чусовой (Урал).— Бюлл. комиссии по изучению четвертичного периода. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1948, № 11, с. 29—68.

Громов В. И., Краснов И. И., Никифорова К. В., Шанцер Е. В. Схема подразделения антропогена.— Там же, 1969, № 36, с. 41—55.

Гроссет Г. Э. Пути и время миграции лесных крымско-кавказских видов на территорию Русской равнины и последующие изменения их ареалов в связи с эволюцией ландшафтов.— Бюлл. МОИП, отд. биол., 1967, т. 72, с. 47—76.

Дыренков С. А. Структура и динамика ельников средней и южной тайги на Европейском Севере. Автореф. докт. дисс. Л., 1976. 42 с.

Зубаков В. А. Палеогеография Западно-Сибирской низменности в плейстоцене и позднем голоцене. Л.: Наука, 1972. 200 с.

Игошина К. Н. Редколесья и мерзлые болота Ивдельского Зауралья.— Бот. ж., 1949, т. 34, № 5, с. 493—506.

Иенни Г. Факторы почвообразования. М.: Гос. изд-во иностр. лит-ры, 1948. 347 с.

Казимиров Н. И. Ельники Карелии. Л.: Наука, 1971. 139 с.

Караваев М. Н., Скрябин С. З. Растительный мир Якутии. Якутск: Якутск. кн. изд-во, 1971. 126 с.

Квасов Д. Д. Увеличение влажности климата на границе плейстоцена и голоцена — одна из причин вымирания мамонтов.— В кн.: Мамонтовая фауна

и среда ее обитания в антропогене СССР. Л.: Зоол. ин-т АН СССР, 1977, т. 73, с. 71—77.

Кинд Н. В. Геохронология позднего антропогена по изотопным данным. М.: Наука, 1974. 255 с.

Кинд Н. В. Палеоклиматы и природная среда голоцена.— В кн.: История биогеоценоза СССР в голоцене. М.: Наука, 1976, с. 5—14.

Ковда В. А. Основы учения о почвах. М.: Наука, 1973, кн. 1. 447 с.

Колесников Б. П. Генетическая классификация типов леса и ее задачи на Урале.— В кн.: Вопросы классификации растительности. Свердловск: УФАН СССР, 1961, с. 47—59.

Колесников Б. П. Классификация форм динамики лесов и лесного покрова.— В кн.: Развитие лесного хозяйства Карпат. Ужгород: Карпаты, 1968, с. 7—10.

Комаров Н. Ф. Этапы и факторы эволюции растительного покрова черноземных степей. М.: Географгиз, 1951. 326 с.

Кордэ Н. В. Биостратиграфия и типология русских сапропелей. М.: Изд-во АН СССР, 1969. 220 с.

Крашенинников И. М. Анализ реликтовой флоры Южного Урала в связи с палеогеографией плейстоцена.— В кн.: Географические работы. М.: Географгиз, 1954, с. 129—173.

Кузьмина И. Е. Некоторые данные о млекопитающих Среднего Урала в позднем плейстоцене.— Бюлл. комиссии по изучению четвертичного периода. М.; Л.: Наука, 1975, № 43, с. 63—77.

Курнаев С. Ф. Основные типы леса средней части Русской равнины. М.: Наука, 1968. 254 с.

Лавренко Е. М. О термофильных лесных реликтах на Русской равнине и перигляциальной растительности (в связи с работами Г. Э. Гроссета 1958—1966 гг.).— Бот. ж., 1967, т. 52, № 3, с. 405—412.

Лазуков Г. И. Время и место формирования холодовыносливой флоры и фауны.— Вестн. МГУ, сер. география, 1973, № 3, с. 41—47.

Лидер В. А. Четвертичные отложения Урала. М.: Недра, 1976. 143 с.

Маковский В. И., Панова Н. К. Физико-химические и палинологические данные по торфяной залежи болотного кедровника Причусовской части Среднего Урала.— Информационные материалы Среднеуральского биогеоценологического стационара по итогам 1976 г. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1978, с. 5—10.

Марков К. К., Лазуков Г. И., Николаев В. А. Четвертичный период, т. II. М.: Изд-во МГУ, 1965. 435 с.

Миланкович М. Математическая климатология и астрономическая теория колебаний климата. М.; Л.: ГОНТИ, 1939. 194 с.

Монин А. С. История Земли. Л.: Наука, 1977. 228 с.

Немкова В. К. История растительности Предуралья за поздне- и послеледниковое время.— В кн.: Актуальные вопросы современной геохронологии. М.: Наука, 1976, с. 259—275.

Ниценко А. А. К вопросу о генезисе типов растительного покрова.— Бот. ж., 1961, т. 46, № 10, с. 1444—1464.

Панова Н. К. Палинологическая характеристика Верхне-Сулемского торфяника.— В кн.: Информационные материалы Среднеуральского биогеоценологического стационара по итогам 1975 г. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1976, с. 28—31.

Панова Н. К., Маковский В. И. К истории горных лесов Висимского заповедника в голоцене.— В кн.: Темнохвойные леса Среднего Урала. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1979, с. 25—33.

Петрова Е. А. Встречаемость пыльцы широколиственных древесных пород в спорово-пыльцевых спектрах голоценовых торфяников севера Западной Сибири на широте г. Салехарда.— Бюлл. МОИП, отд. геол., 1963, т. 38, № 3, с. 147.

Правдин Л. Ф. Значение генэкологических исследований древесных пород для лесоводства.— В кн.: Современные вопросы лесоведения и лесной биогеоценологии. М.: Наука, 1974, с. 217—232.

Савина Л. Н., Турков В. Г. О сменах пород в первобытных темнохвойных лесах Среднего Урала (по палинологическим данным).— В кн.: Популяционные и биогеоценологические исследования в горных темнохвойных лесах Среднего Урала. Свердловск: Уральск. гос. ун-т, 1977, с. 138—154.

Серебрянный Л. Р. Миграции ели на востоке и севере Европы в поздне- и послеледниковое время.— Бюлл. комиссии по изучению четвертичного периода. М.: Наука, 1974, № 41, с. 13—23.

Сигов А. П. Ледниковые отложения у горы Качканар на Среднем Урале.— В кн.: Материалы по геоморфологии Урала, вып. 2. М.: Недра, 1971, с. 165—167.

Смирнов Н. Г. Некоторые особенности голоценового этапа развития териофауны Урала.— В кн.: История биогеоценозов СССР в голоцене. М.: Наука, 1976, с. 213—220.

Сочава В. Б. Новейшие вертикальные движения земной коры и растительный покров.— Землеведение (МОИП), 1950, т. 3, вып. 18.

Сторожева М. М. Растительность дунитовых обнажений Кытлымских гор.— Средний Урал.— Бот. ж., 1978, т. 63, № 5, с. 724—736.

Сукачев В. Н. О принципах генетической классификации в биоценологии.— Ж. общ. биол., 1944, т. 5, № 4, с. 213—227.

Сукачев В. Н. Динамика лесных биогеоценозов.— В кн.: Основы лесной биогеоценологии. М.: Наука, 1964, с. 458—486.

Сукачев В. Н., Поплавская Г. И. Очерк истории озер и растительности Среднего Урала в течение голоцена по данным изучения сапропелевых отложений.— Бюлл. комиссии по изучению четвертичного периода. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1946, № 8, с. 5—37.

Сурова Т. Г., Троицкий Л. С. О динамике растительного покрова, климата и оледенения на Полярном Урале в голоцене.— В кн.: Палинология голоцена. М.: Наука, 1971.

Таргульян В. О. Почвообразование и выветривание в холодных гумидных областях. М.: Наука, 1971. 266 с.

Таргульян В. О., Александровский А. Л. Эволюция почв в голоцене (проблемы, факты, гипотезы).— В кн.: История биогеоценозов СССР в голоцене. М.: Наука, 1976, с. 57—78.

Таргульян В. О., Арманд А. Д., Роде А. А., Дмитриев Е. А. Почва как компонент биогеоценоза и ее изучение в биосферных заповедниках.— В кн.: Биосферные заповедники. Л.: Гидрометеоиздат, 1977, с. 51—64.

Толмачев А. И., Юрцев Б. А. История арктической флоры в ее связи с историей Северного Ледовитого океана.— В кн.: Северный Ледовитый океан и его побережье в кайнозое. Л.: Гидрометеоиздат, 1970, с. 87—100.

Толмачев В. Я. Древности Восточного Урала. Озеро Шигирское.— Зап. Уральск. о-ва любителей естествознания. Екатеринбург, 1915, т. 34, вып. 11—12, с. 211—236.

Томирдиаро С. В. Природа общего похолодания климата в кайнозое и ледниковых эпох в антропогене.— В кн.: Палеогеографические аспекты изменения природных условий Сибири и Дальнего Востока. Новосибирск, 1969, с. 93—96.

Троицкий Л. С. История оледенения Урала.— В кн.: Оледенение Урала. М.: Наука, 1966, с. 257—282.

Успенский С. М. «Потепление» Арктики и фауна высоких широт.— Природа, 1963, № 2, с. 48—53.

Хвалина Н. Я. Растительность конца верхнего плейстоцена Башкирского Предуралья по данным спорово-пыльцевого анализа. Автореф. канд. дисс. Саратов, 1965. 14 с.

Хотинский Н. А. Голоцен Северной Евразии. М.: Наука, 1977. 198 с.

Хохряков А. П. Новые местонахождения реликтовой флоры на Северном Урале.— Бот. ж., 1959, т. 44, № 12, с. 1727—1730.

Чигуряева А. А., Воронина К. В. Материалы по верхнеплейстоценовой растительности Северного Прикаспия.— Докл. АН СССР, 1960, т. 131, № 6, с. 1414—1416.

Шараф Ш. Г., Будникова Н. А. Вековые изменения элементов орбиты Зем-

ли и астрономическая теория колебаний климата.— Труды Ин-та теоретической астрономии. Л.: Наука, 1969, вып. 14, с. 48—84.

Шнитников А. В. Изменчивость общей увлажненности материков Северного полушария. Зап. геогр. о-ва СССР, нов. сер. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1957, т. 16. 337 с.

Шнитников А. В. Многовековой ритм развития ландшафтной оболочки.— В кн.: Хронология плейстоцена и климатическая стратиграфия. Л.: Геогр. о-во СССР, 1973, с. 7—38.

Щукина Е. Н. Четвертичные отложения Среднего Урала. М.: Изд-во АН СССР, 1948. 82 с.

Эмилиани Ч. Изменения климата кайнозойской эры, определенные по стратиграфии и хронологии глубоководных колонок глобигериново-иловых фаций.— В кн.: Солнечная активность и изменения климата. Л.: Гидрометеоиздат, 1966, с. 251—269.

Юрцев Б. А. Берингия и ее биота в позднем кайнозое: синтез.— В кн.: Берингия в кайнозое. Владивосток, 1976, с. 202—211.

Ятайкин Л. М., Шаландина В. Т. История растительности Нижней Камы с третичного времени до современности. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1975. 198 с.

Bray J. R. Vegetational distribution, tree growth and crop succes in relation to recent climatik change.— Adv. Ecol. research. N.Y., 1971, vol. 7, p. 177—233.

Emiliani C. Paleotemperature analisis of Caribbean cores p6304—8 and p6304—9 and a generalized temperature curve for the past 425,000 yars.— J. Geol., 1968, vol. 74, N 2, p. 109—126.

Flohn H. Man-induced changes in heat budget and possile effects on climate.— In: Global Chemical Cycles and their Alteration by Man. Berlin: Dahlem Konf., 1977, p. 207—224.

Lamb H. H. The changing climat. London: Methuen and Co, 1966. 236 p.

Valentine J. W. The evolution of ecological unites above the population level.— J. Paleontol., 1968, N 42, p. 253—267.

Valk U. Eesti metsade arenislugu. Eesti metsad.— Tallin: Valgus, 1974, p. 31—40.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР · УРАЛЬСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР

ВЗАИМОСВЯЗИ СРЕДЫ И ЛЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА УРАЛЕ 1981

Н. К. ПАНОВА

ФОРМИРОВАНИЕ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА СРЕДНЕГОРНОГО ВЫСОТНОГО ПОЯСА ЮЖНОГО УРАЛА С ИЗМЕНЕНИЯМИ КЛИМАТА В ГОЛОЦЕНЕ

Современные леса таежной зоны Евразии сформировались главным образом в течение послеледникового периода — голоцена. Во время материковых оледенений в плейстоцене лесной покров сильно деградировал, а на значительной территории был почти полностью уничтожен. В голоцене произошли существенные преобразования природной среды. Главной причиной их были глобальные изменения климата, оказавшие решающее влияние и на формирование растительного покрова.

Для познания развития лесной растительности в голоцене важный фактический материал дает спорово-пыльцевой анализ отложений торфяных болот. Южный Урал, особенно его горная часть, в этом отношении изучен слабо. Нами было исследовано несколько торфяников в хребтовой части Южного Урала, в их числе два болотных массива, расположенных в среднегорном высотном поясе, в районе оз. Зюраткуль (высота 720 м над ур. м.). По лесорастительному районированию Челябинской области район входит в Южно-Уральскую провинцию горных южнотаежных и смешанных лесов (Колесников, 1969). На высоте оз. Зюраткуль произрастают темнохвойные елово-пихтовые леса.

Одно из болот — Зюраткульское — примыкает к озеру с востока. Центральная часть его занята грядово-мочажинным комплексом (Герасимов, 1926). На буграх произрастает сосна (до 2 м высотой), голубика, морошка, клюква, водяника, подбел, росянка и *Sphagnum fuscum* в моховом покрове. В мочажинах *Sphagnum cuspidatum*, пушица влагалищная, шейхцерия[1]. Глубина торфяной залежи вместе с сапропелем 7,25 м.

Второе болото — Малокыльское — лесное, расположено между р. Малый Кыл, впадающей в озеро с юго-западной стороны,

[1] Геоботаническое описание болот проведено Т. Л. Андриенко (Ин-т ботаники АН УССР) и В. И. Маковским — сотрудником Ин-та экологии растений и животных (ИЭР и Ж) УНЦ АН СССР.

и подножием горы Нукаш. Геоботаническое описание центральной части болота и строение пятиметровой торфяной залежи на одном из его участков приводится в статье В. И. Маковского и Е. М. Фильрозе (1975). По характеру растительного покрова основная часть болота олигомезотрофная с грядовым комплексом. В центральной части угнетенная сосна до 4—10 м высоты с примесью ели до 2,5 м высоты и березы (*Betula pubescens*). В травяном покрове присутствуют морошка, голубика, водяника, клюква, брусника, черника, подбел; в моховом — *Sphagnum nemoreum*, *S. angustifolium*, *S. magellanicum*, с кочками *S. fuscum*; в межгрядовых понижениях — пушица влагалищная, осоки, клюква, росянка, сабельник, *Sphagnum Warnstorfii*, *Aulacomnium palustre*, *Drepanocladus* sp. Образцы для анализа были отобраны из двух разрезов: из центральной части, где глубина торфа не превышает 5 м, и вблизи окраины болота, примыкающей к горе Нукаш, где глубина торфяной залежи вместе с сапропелем составляет 6,85 м. На окраине древостой представлен сосной, в примеси с березой и отдельными деревьями ели, высотой соответственно 8; 6 и 4 м. В подлеске произрастает ольха серая, рябина, можжевельник, ива (*Salix repens*), в травяно-кустарничковом ярусе — вейник, молиния, кровохлебка, лабазник, сабельник, осоки, клюква, водяника, голубика, черника, в моховом покрове — *Sphagnum acutifolium*, *S. cuspidatum*.

Спорово-пыльцевые диаграммы всех трех разрезов в общих чертах сопоставимы между собой (рис. 1—3). Анализ указанных диаграмм и строения залежей[2] позволяет выделить шесть фаз в развитии растительности изучаемого района за время осадконакопления. Они хорошо коррелируют с фазами голоцена, выделенными Н. А. Хотинским (1977) по спорово-пыльцевым диаграммам Аятского и Горбуновского торфяников (Средний Урал), имеющих радиоуглеродные датировки.

Наиболее полное представление о динамике растительности исследуемого района дает диаграмма самого глубокого из трех разрезов — Зюраткульского верхового болота (см. рис. 1), поскольку в болотах этого типа пыльца сохраняется лучше, чем в низинных (Тюремнов, 1962; Пьявченко, 1963, и др.).

Первая фаза соответствует времени отложения подстилающих глин и сапропеля (глуб. 7,05—7,30 м). В этих осадках абсолютно преобладает пыльца травянистых растений (90%), а пыльца древесных составляет 10—12%. В группе древесных значительная часть пыльцы (30—47%) приходится на кустарниковые березы (*Betula humilis* и *B. nana*), остальная — на пыльцу лиственницы (23—37%), ели (5—12%), ив (15—20%); пыльца сосны и березы sect, Albae — в ничтожном количестве.

---

[2] Ботанический состав торфа, зольность и степень разложения определены Л. А. Пьянковой (ИЭРиЖ УНЦ АН СССР).

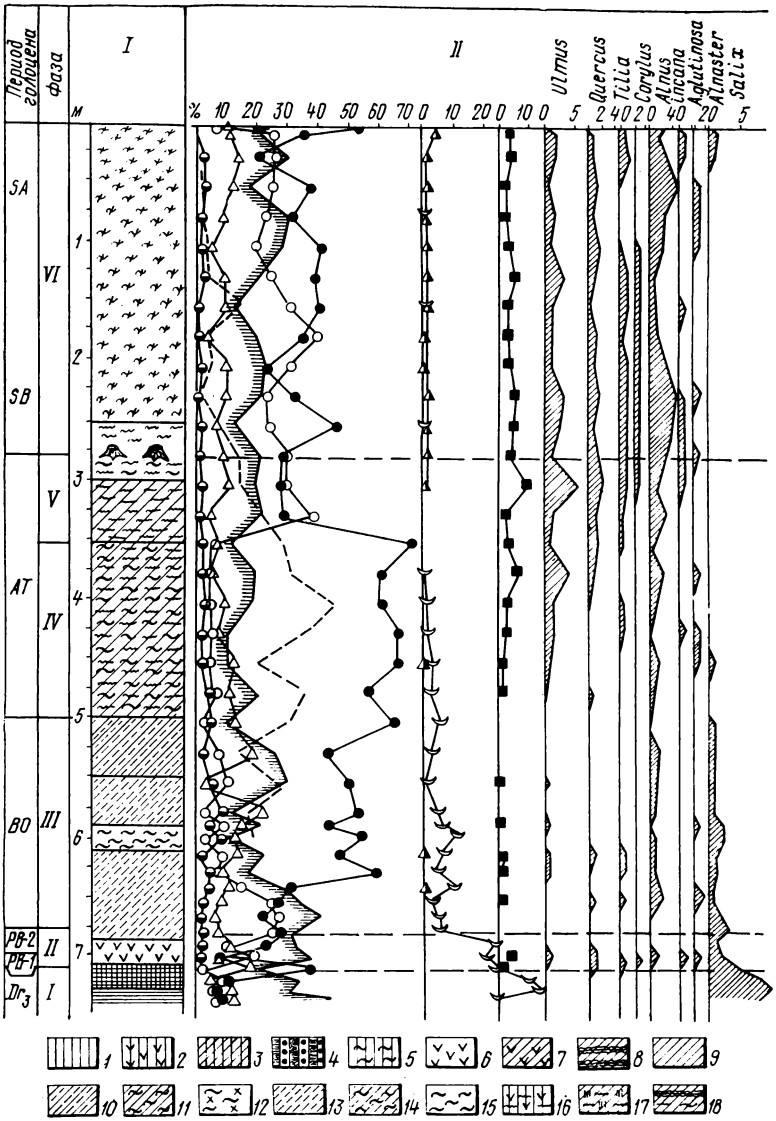
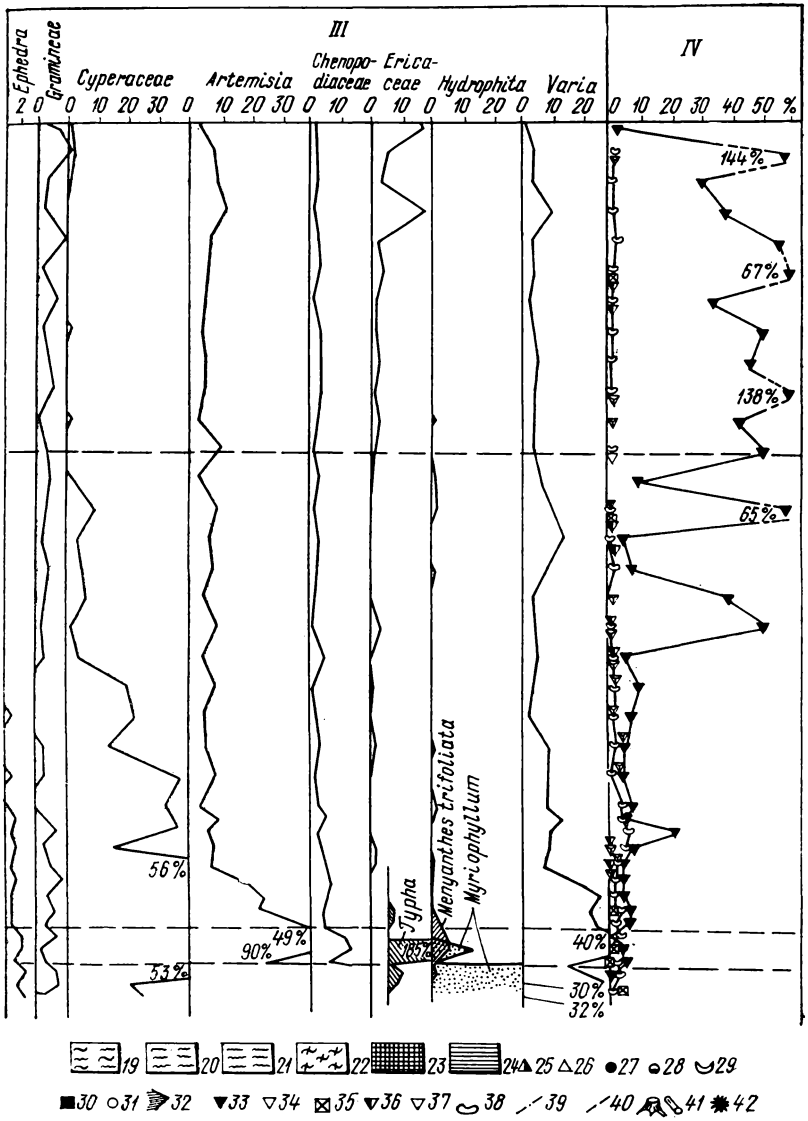


Рис. 1. Спорово-пыльцевая диаграмма Зю

1 — строение торфяной залежи, *II* — состав пыльцы деревьев и кустарников, *III* — торфа: *1* — древесный, *2* — древесно-травяной, *3* — древесно-осоковый, *4* — сосново-шицево-осоковый, *9* — осоковый, *10* — гипново-осоковый, *11* — осоково-сфагновый, новый; *16—20* — переходные виды торфа: *16* — древесно-травяной, *17* — шейхце вые виды торфа: *21* — сфагновый, *22* — фускум-торф; *23* — сапропель; *24* — глина; лиственницы, *30* — сумма широколиственных, *31* — березы sect. Albae, *32* — бере *Equisetum*, *36* — *Lycopodium*, *37* — *Pteridium aquilinum*, *38* — Polypodiaceae; *39* — сина; *42* — угли в торфе.



раткульского верхового болота (разрез 1).

состав пыльцы трав и кустарничков, *IV* — состав спор. *1—15* — низинные виды пушицевый, *5* — древесно-сфагновый, *6* — травяной, *7* — травяно-осоковый, *8* — пу- *12* — хвощово-сфагновый, *13* — гипновый, *14* — гипново-сфагновый, *15* — сфагриевый, *18* — пушицевый, *19* — осоковый, *20* — осоково-сфагновый; *21—22* — верхо- *25—32* — пыльца: *25* — пихты, *26* — ели, *27* — сосны, *28* — кедра сибирского, *29* — зы sect. Nanae и Fruticosae; *33—38* — споры: *33* — *Sphagnales*, *34* — *Bryales*, *35* — кривая зольности торфа; *40* — кривая степени разложения торфа; *41* — пни, древе-

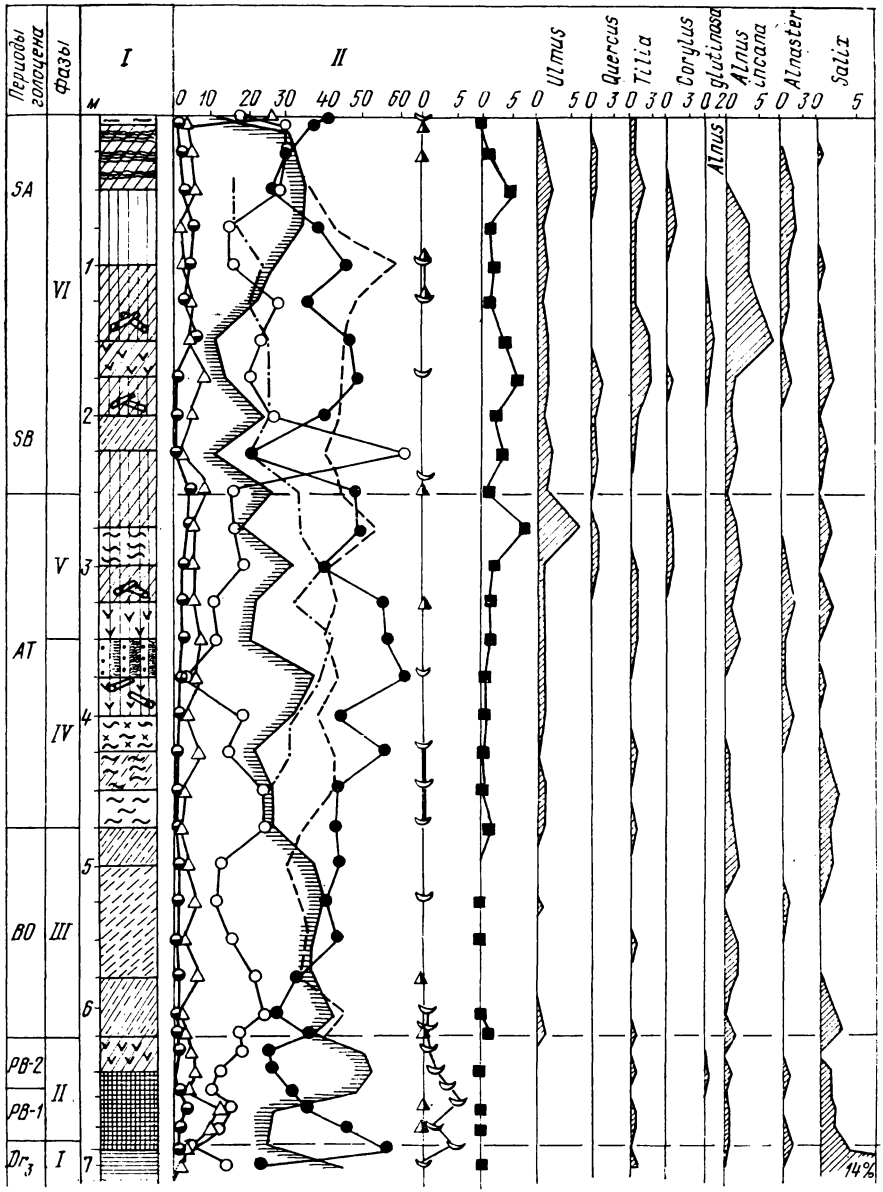
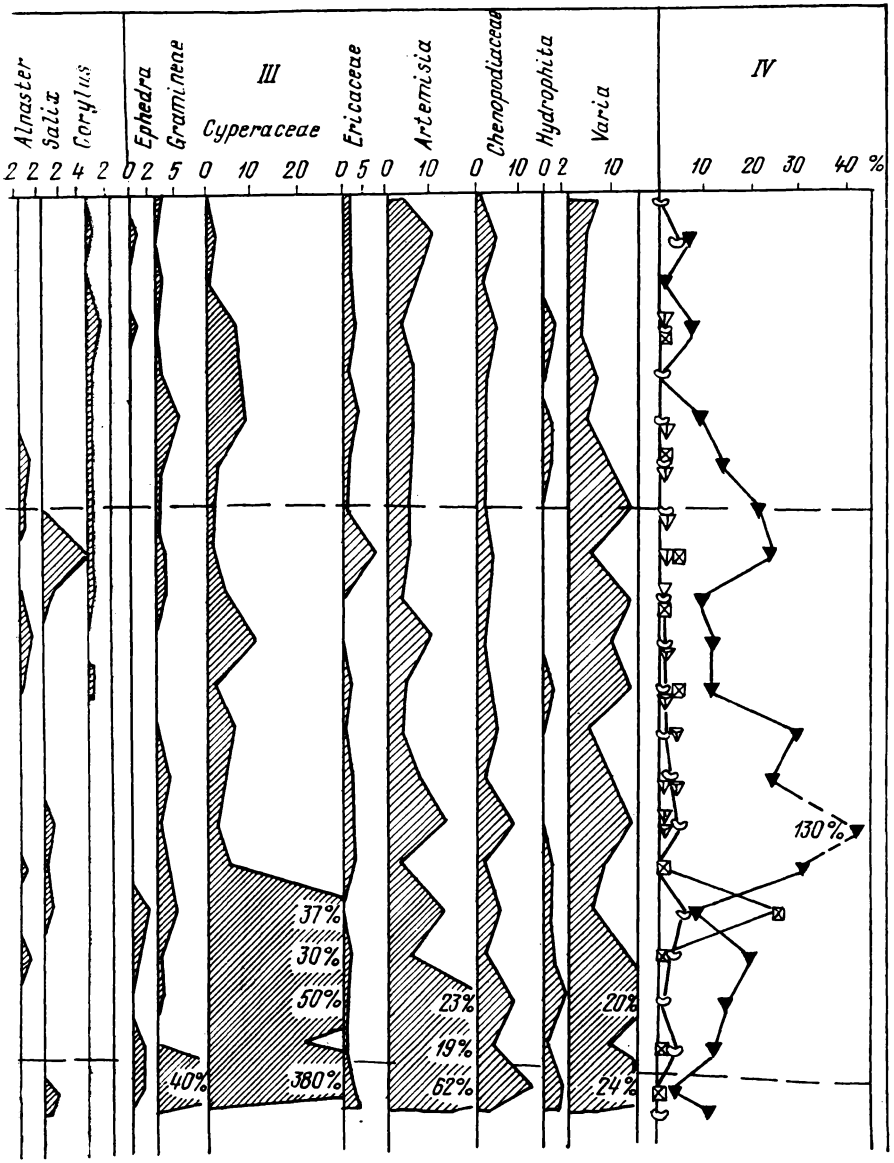


Рис. 2. Спорово-пыльцевая диаграмма

Условные обозначения



Малокыльского болота (разрез 2).

те же, что на рис. 1.

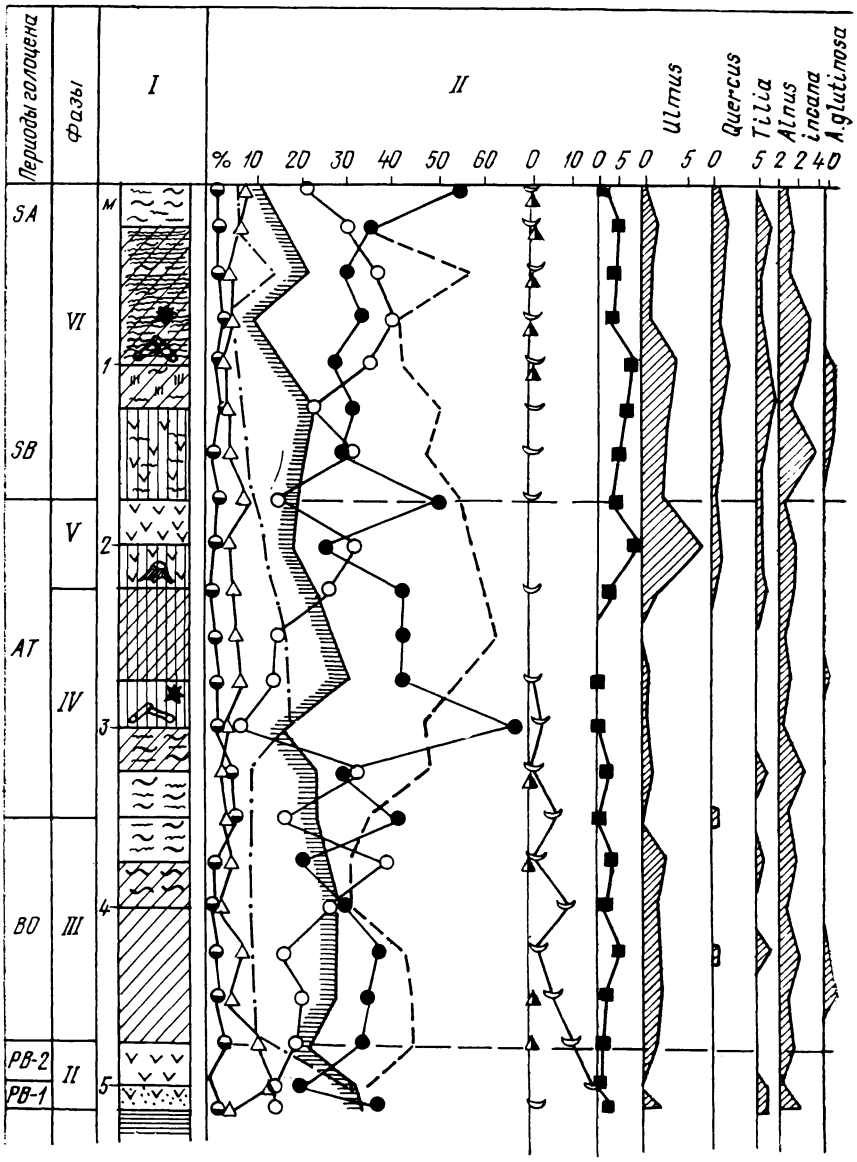
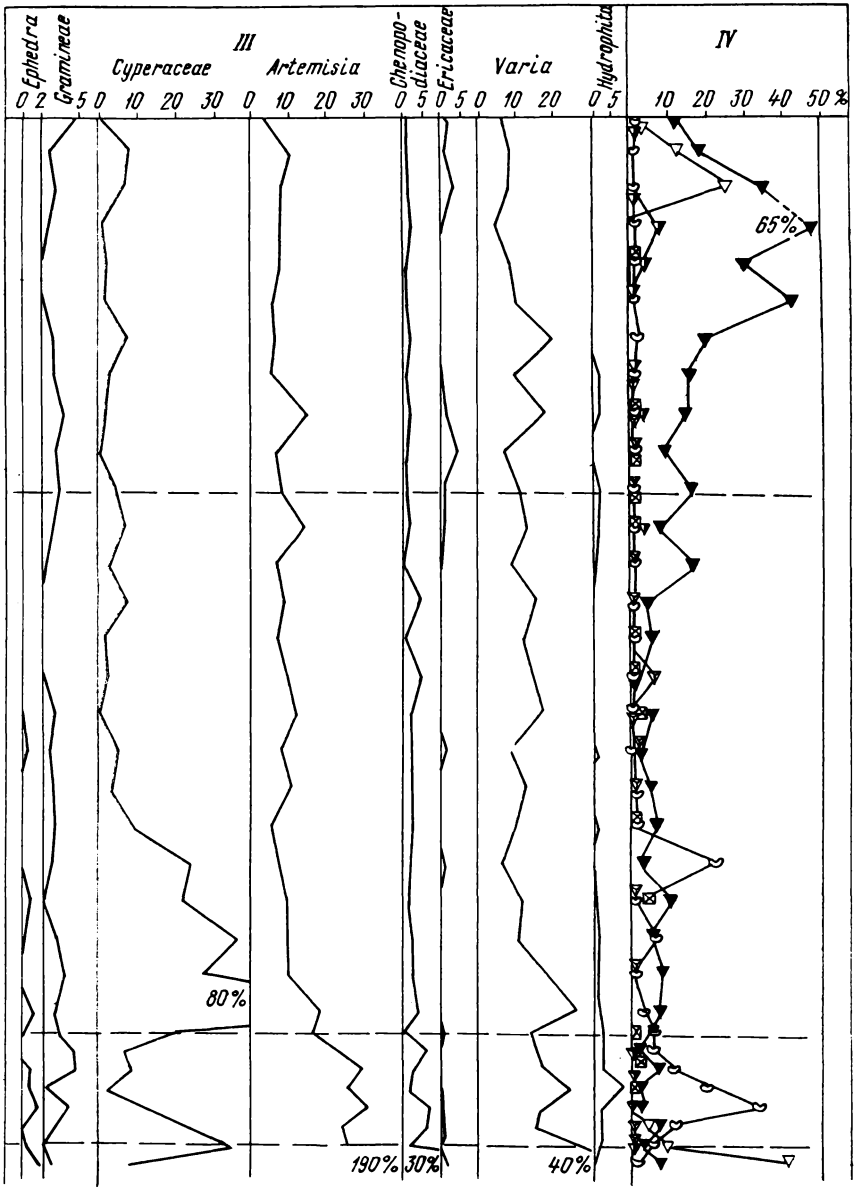


Рис. 3. Спорово-пыльцевая диаграмма

Условные обозначения



Малокыльского болота (разрез 3).
те же, что на рис. 1.

В группе трав и кустарничков преобладает пыльца полыней[3] (180—275%), маревых (49%), осоковых (21—53%) и разнотравья (до 30%), представленного семействами Rosaceae, Ranunculaceae, Compositae, Umbelliferae, Leguminosae, Poligonaceae, Caryophyllaceae и др. Пыльцы злаков немного — до 3%, постоянно присутствует пыльца эфедры в количестве 1,5—3%. Единично встречаются споры хвощей и папоротников. Присутствие большого количества пыльцы водных растений *Myriophyllum* от 116 до 415 %; *Typha* sp. 5%), по-видимому, отражает начальную стадию зарастания мелководной прибрежной части озера, превратившейся позднее в торфяное болото.

Спорово-пыльцевые спектры первой фазы характеризуют почти безлесные ландшафты с господством полынно-маревых группировок с участием эфедры, а также зарослей кустарниковых берез и ив. Подчиненное положение занимали елово-лиственничные древостои, произраставшие, вероятно, на соседних возвышенностях в наиболее благоприятных для них местах. Такой состав растительности, представлявший своеобразное сочетание тундровых, степных и лесных группировок и их элементов, был обусловлен холодными и сухими континентальными климатическими условиями, возможно, наличием многолетней мерзлоты. Подобные условия были характерны для перигляциальных территорий в периоды плейстоценовых оледенений, особенно в период последнего вюрмского (валдайского) оледенения, когда континентальность климата достигла апогея (Величко, 1973).

Хотя материковые оледенения в плейстоцене не достигали Южного Урала, они оказывали существенное влияние на его растительность, особенно в горной части, где могли развиваться еще и местные ледники на наиболее высоких хребтах (Колоколов, Львов, 1945; Крашенинников, 1951). Только в обстановке холодного континентального климата могли происходить процессы резко выраженного физического выветривания, способствовавшие образованию обширных каменных россыпей, распространенных в горах Южного Урала, в том числе и в районе оз. Зюраткуль.

Исходя из сказанного, мы относим отложения первой фазы к концу позднеледниковья, или к верхнему дриасу по схеме периодизации голоцена Блитта-Сернандера, детализированной Нильссоном (Nilsson, 1964). Конец фазы, абсолютный возраст которой на Среднем Урале равен примерно 10 тыс. лет, соответствует границе между поздне- и послеледниковьем.

Большое содержание пыльцы полыней, маревых, присутствие пыльцы эфедры характерно для позднеледниковых отложений многих областей Северо-Запада и Центра европейской территории СССР (В. П. Гричук, М. П. Гричук, 1950; М. П. Гричук,

[3] Подсчет процентного содержания пыльцы травянистых и спор производился по отношению к сумме пыльцы древесных, принимаемой за 100%.

1954; Нейштадт, 1957, и др.) и Предуралья (Немкова, 1976). Аналогичные отложения на Южном Урале отличаются, кроме того, значительным содержанием пыльцы лиственницы. Последняя характерна также для начальных стадий голоцена Среднего Урала (Герасимов, 1926; Сукачев, Поплавская, 1946; Хотинский, 1968), но здесь максимум ее отмечается несколько позднее, а именно — в предбореальном периоде. По-видимому, на ранних этапах голоцена лиственница на Урале как лесообразователь играла главенствующую роль в процессе заселения открытых пространств. На Южном Урале этот процесс начался раньше, чем на Среднем. Б. П. Колесников (1946) считает лиственницу типичным ореофитом бореального облика, обладающим большой экологической пластичностью, что позволяет ей быстро и энергично занимать новые площади местообитания. Породой-пионером называют лиственницу также Л. Н. Тюлина (1931), К. Н. Игошина (1963) и др.

Вторая фаза охватывает время отложения травяного и нижнего слоя гипнового торфа (глуб. 6,75—7,05 м). На границе сапропеля с торфом (7,05 м) содержание пыльцы трав резко падает; соответственно увеличивается содержание пыльцы древесных, преимущественно сосны и ели. Количество пыльцы лиственницы уменьшается, но еще остается довольно высоким — 20—23 %. Встречаются единичные пыльцевые зерна липы, вяза, дуба, ольхи, орешника. Процент пыльцы кустарниковых берез также уменьшается. Все это свидетельствует о потеплении климата и связанном с этим увеличении площади сосновых и еловых лесов при возможном сохранении прежней площади лиственничных лесов или частичном сокращении последних. Нахождение пыльцы широколиственных свидетельствует о возможном произрастании этих пород в данном районе уже в самом начале послеледникового периода, а, следовательно, о близости их рефугиумов во время последнего оледенения. Безлесные пространства сильно сокращаются. Хотя процентное содержание пыльцы травянистых (57 %) в спектрах остается еще более высоким, чем древесных (41 %), такое соотношение связано с увеличением в основном локальной пыльцы осоковых при одновременном уменьшении других видов травянистых и почти полном исчезновении пыльцы водных растений. По-видимому, потепление способствовало также дальнейшему обмелению и заболачиванию прибрежной части озера и смене водных растений осоковыми.

Отложения второй половины фазы (6,75—6,95 м) характеризуются новым увеличением содержания пыльцы травянистых растений — до 82 % — и уменьшением древесных — до 18 %. Среди древесных сокращается количество пыльцы сосны и ели и возрастает количество березы, особенно кустарниковых видов. Пыльца широколиственных выпадает из состава спорово-пыльцевых спектров. В группе трав и кустарничков наряду

с большим содержанием пыльцы осоковых наблюдается новое увеличение пыльцы полыней (до 90 %), лебедовых (до 15 %), разнотравья (до 43 %). Вновь появляется в больших количествах пыльца водных растений, главным образом, рогоза (до 185 %) при меньшем участии урути (до 15 %) и вахты (около 5 %).

Спорово-пыльцевые спектры второй половины фазы свидетельствуют о сокращении площадей, занятых хвойными лесами, отступлении широколиственных пород и частичном восстановлении перигляциальных ландшафтов с полынно-маревыми, разнотравными и ерниковыми группировками и островными березово-лиственничными лесами. Состав локальных травянистых растений говорит о некотором повышении уровня воды в озере. Такие изменения растительного покрова, по-видимому, вызваны похолоданием и усилением континентальности климата.

Вторая фаза охватывает предбореальный период. В ней выделяются две подфазы, соответствующие так называемым «половецкому» потеплению и «переславскому» похолоданию, отмеченным при анализе аналогичных отложений в центре Русской равнины и позднее на Среднем Урале (Хотинский, 1970). Интересно, что в отложениях первой половины предбореального периода отмечается пыльца широколиственных также и в Предуралье, и даже в верховьях р. Печоры (Немкова, 1976).

Конец второй фазы, т. е. предбореально-бореальная граница, как и на среднеуральских диаграммах, проходит на уровне падения кривой пыльцы лиственницы. По радиоуглеродным датировкам Аятского болота возраст этой границы составляет примерно 9000—9500 лет. Учитывая однонаправленность изменений растительности и климата, можно допустить синхронность этого рубежа для Среднего и Южного Урала.

К третьей фазе, соответствующей бореальному периоду, отнесены отложения гипнового и гипново-осокового с прослойкой сфагнового (*Sph. teres*) торфа (глуб. от 5 до 6,75 м). Пыльцевые спектры этой фазы характеризуются постепенным увеличением процента пыльцы древесных растений и уменьшением травянистых. В нижних горизонтах гипнового торфа (6,25—6,75 м) пыльца травянистых еще преобладает над пыльцой древесных. Основной фон в группе трав образует местная пыльца осоковых, содержание которой снизу вверх постепенно уменьшается от 150 до 56%, но довольно много (около 25%) содержится и пыльцы полыней и разнотравья. В небольшом количестве присутствует пыльца водных растений (*Typha* sp., *Menyanthes trifoliata*). В группе древесных преобладает пыльца березы (до 68%), причем почти половина ее приходится на кустарниковые виды (*Betula humilis* и *B. nana*). В меньшем количестве содержится пыльца сосны обыкновенной (20—30%), ели (6—11%), лиственницы (3—9%), кедра сибирского (1—3%). Выше по разрезу (6,25—5 м) количество пыльцы трав в спектрах за-

метно снижается, а пыльцы деревесных — увеличивается. В составе последней преобладает пыльца сосны, содержание которой увеличивается до 45—60 %, возрастает также количество пыльцы ели (до 22%) и кедра сибирского (до 8%). Участие березы в пыльцевых спектрах понижается, лиственницы — остается (с некоторыми колебаниями) на том же уровне. Спорадически встречается пыльца вяза, липы, дуба, ольхи, пихты. В группе трав преобладает пыльца осоковых, хотя процент ее невелик (15—37%). В небольшом количестве содержится пыльца полыней, маревых и разнотравья; единично встречается пыльца вересковых и споры папоротников, хвощей, плаунов и сфагновых мхов. Небольшой пик последних в прослойке сфагнового торфа наблюдается при соответствующем снижении содержания пыльцы осоковых, что отражает местные флюктуации в развитии болота. Пыльца эфедры еще постоянно присутствует в спектрах в начале фазы, а во второй половине встречается лишь спорадически.

Спорово-пыльцевые спектры третьей фазы отражают господство в основном лесной растительности. Вначале леса еще, по-видимому, не были сплошными, довольно значительные площади были заняты степными ценозами. В составе древостоев преобладала береза. Во вторую половину фазы происходит полное облесение территории; характер лесов определяют хвойные породы, главным образом сосна; увеличивается и роль темнохвойных пород — ели, кедра сибирского, появляется пихта и широколиственные. Участие березы в составе лесов уменьшается. Такая динамика растительного покрова в значительной степени определялась изменением климата. В начале фазы климатические условия были еще довольно суровыми. Постепенное потепление и ослабление континентальности климата привело к распространению сосновых лесов, расширению площади, занятой темнохвойными породами, и частичному вытеснению ими лиственницы и березы. К началу фазы озеро окончательно превращается в болото, где господствуют осоки, гипновые (судя по составу торфа) и отчасти сфагновые мхи.

В отличие от Среднего Урала, где в бореальный период господствовали березовые и березово-сосновые леса (Сукачев, Поплавская, 1946; Хотинский, 1968), в горах Южного Урала довольно хорошо был представлен пояс темнохвойной тайги. По данным В. К. Немковой (1976), во вторую половину бореального периода увеличивается роль ели и на территории Предуралья (низовья рек Камы и Белой). А. И. Толмачев (1954) считает горную темнохвойную тайгу достаточно древним образованием, предшествовавшим формированию тайги как зонального типа растительности. Вполне возможно, что в горах Южного Урала во время плейстоценовых оледенений существовали убежища, в которых сохранялись элементы темнохвойной тайги. В пользу этого предположения свидетельствуют находки пыль-

цы пихты уже в отложениях древнего голоцена Башкирского Предуралья (Рябова, 1965), а в раннем голоцене — на Среднем Урале (Сукачев, Поплавская, 1946; Хотинский, 1968) и в низовьях р. Камы (Ятайкин, Шаландина, 1975; Немкова, 1976). На Южном Урале, кроме того, в бореальном периоде, по мнению М. И. Крашенинникова (1951), произрастал и кедр сибирский. Это подтверждается нашими данными. На вероятность более широкого распространения этой породы на Южном Урале в прошлом указывают и другие авторы (Дылис, 1946; Соловьев, 1955; Горчаковский, 1956). В настоящее время кедр сибирский встречается здесь очень редко и единичными экземплярами.

В конце третьей фазы в отложениях на глубине от 4,75 до 5,25 м исчезает пыльца широколиственных и увеличивается процент пыльцы кустарниковых берез. Возможно, это связано с похолоданием, вызвавшим угнетение широколиственных пород. Отчетливое похолодание на рубеже бореального и атлантического периодов проявляется и на спорово-пыльцевых диаграммах некоторых районов севера Западной Сибири (так называемое «новосанчуговское»), а также Западной Европы и Северной Америки. Оно датируется по радиоуглероду промежутком примерно между 8300 и 7600 лет назад (Кинд, 1974).

Верхнюю границу третьей фазы мы проводим по максимуму пыльцы сосны на глубине 5 м. Этот максимум на границе бореального и атлантического периодов просматривается и на других пыльцевых диаграммах Урала и Приуралья (Герасимов, 1926; Тюремнов, 1949; Хотинский, 1968), поймы р. Вятки (Иванова, 1971), Северо-Запада СССР и Центра Русской равнины (Хотинский, 1977). Абсолютный возраст его в Горбуновском торфянике определен приблизительно в 8000 лет.

Четвертая фаза соответствует времени отложения осокового торфа (глуб. 3,5—5 м). В спорово-пыльцевых спектрах этих отложений в группе древесных абсолютно господствует пыльца сосны (65—73%); пыльца березы, ели и кедра сибирского содержится в небольших количествах. Еще в меньшем количестве встречается пыльца ольхи, лиственницы, единично пихты. Характерным признаком этой фазы является постоянное присутствие пыльцы широколиственных, непрерывная кривая которой на пыльцевой диаграмме начинается несколько выше нижней границы фазы. Пыльца трав и кустарничков содержится в количестве 6—23% и представлена в основном осоками, в меньшей степени разнотравьем и полынями, единично маревыми и вересковыми. Увеличивается количество спор сфагновых мхов.

Четвертую фазу мы относим к первой половине атлантического периода. Теплый климат этого времени способствовал широкому распространению сосновых лесов, расширению площадей широколиственных пород — вяза, ильма, липы, дуба — и проникновению их в район исследования. Уменьшение содержания пыльцы ели и кедра, видимо, связано с более высоким рас-

положением в этот период пояса темнохвойной тайги, вызванным потеплением климата. Лиственница вытесняется более конкурентноспособными в этих условиях породами.

Верхняя граница четвертой фазы на пыльцевых диаграммах Среднего Урала совпадает с началом непрерывной кривой пыльцы широколиственных пород (эмпирическая граница) и датируется серединой атлантического периода (6320±150 лет). Поскольку эмпирическая граница связана с миграцией растений и отражает их появление непосредственно в районе исследования, ее нельзя использовать для дальних корреляций. Судя по диаграмме Зюраткульского болота, широколиственные породы на Южном Урале распространились уже в начале атлантического периода. Мы проводим верхнюю границу четвертой фазы на уровне резкого снижения содержания пыльцы сосны.

Необходимо подчеркнуть, что границы между периодами на наших диаграммах определены на основе палинологических и стратиграфических данных и в отдельных случаях требуют уточнения методом радиоуглеродного анализа.

Пятая фаза выделяется на глубине от 2,75 м до 3,5 м и соответствует времени отложения осоково-сфагнового и сфагнового торфа. Пыльцевые спектры фазы характеризуются значительным уменьшением содержания пыльцы сосны, увеличением — березы, ольхи и наибольшим участием пыльцы широколиственных пород, которая на глубине 3 м достигает максимального содержания (9%). Она представлена главным образом ильмовыми не менее трех видов — *Ulmus laevis, U. scabra, U. campestris*, а также липой (*Tilia cordata*), дубом (*Quercus robur*), лещиной (*Corylus avellana*). Ольха представлена в основном пыльцой *Alnus incana,* но встречается и пыльца *Alnus glutinosa.* На уровне максимума широколиственных проходит эмпирическая граница пыльцы пихты, выше этого уровня она постоянно присутствует во всех образцах. В группе трав и кустарничков — пыльца различных представителей лугово-лесного разнотравья (лабазника, кровохлебки, подмаренника, лютиковых, зонтичных, бобовых, губоцветных и др.), а также злаков и в небольшом количестве — полыней и маревых. В группе спор преобладают сфагновые мхи.

Судя по спорово-пыльцевым спектрам, в эту фазу произрастали наиболее богатые и разнообразные по составу леса. В среднегорной полосе, особенно на более влажных западных склонах, преобладали злаково-разнотравные широколиственно-темнохвойные леса. На более низких гипсометрических уровнях, в основном по долинам рек, произрастали сосновые и березовые леса. Береза, в том числе кустарниковые виды, произрастала, по-видимому, и на болотах. В травяно-моховом покрове болот осоки вытесняются сфагновыми мхами (*Sphagnum angustifolium, S. magellanicum, S. fuscum*). Пятая фаза, очевидно, относится к так называемому климатическому оптимуму голоцена,

когда сочетание тепла и влаги было наиболее благоприятным для расцвета теплолюбивой флоры. По заключению Н. А. Хотинского (1968), процесс распространения широколиственных лесов на Среднем Урале и Русской равнине достиг кульминации примерно в одно время — около 5 тыс. лет назад, т. е. в конце атлантического периода. Происшедшее затем похолодание положило предел дальнейшему расширению ареала широколиственных и вызвало выпадение теплолюбивых видов ильмовых на Среднем Урале. Уровень снижения ильмовых на диаграммах является также синхронным для больших территорий (около 4,5 тыс. лет назад). Он определяет границу между атлантическим и суббореальным периодами. Оба уровня (максимум пыльцы широколиственных и падение кривой пыльцы ильмовых) хорошо выделяются и на диаграммах Южного Урала. Максимальное содержание пыльцы широколиственных, как и в Аятском разрезе, соответствует слоям сильно разложившегося торфа, часто содержащим древесину, возможно, пни. Хорошая корреляция этих уровней позволяет предположить их синхронность и для Южного Урала.

Шестая фаза соответствует времени отложения верхней части сфагнового и малоразложившегося фускум-торфа, т. е. всей остальной толщи — от 2,75 м до поверхности. Она охватывает суббореальный и субатлантический периоды. В спорово-пыльцевых спектрах этой фазы преобладает пыльца то сосны, то березы, содержание которой колеблется примерно от 20 до 50%. Довольно много пыльцы кустарниковых берез (от 12 до 30%). Постоянно присутствует пыльца ели, пихты, кедра сибирского, ольхи и широколиственных пород. Спорадически встречается пыльца лиственницы. Среди пыльцы травянистых преобладают вересковые и злаки, меньше полыней и разнотравья. В группе спор доминируют сфагновые мхи (от 30 до 144%). Единично встречаются папоротники, плауны, хвощи.

Согласно составу пыльцы и спор, в шестой фазе несколько увеличивается роль березово-сосновых лесов. На высоте оз. Зюраткуль преобладают темнохвойные пихтово-еловые леса с небольшой примесью широколиственных пород. По сравнению с предыдущей фазой, роль широколиственных в составе лесов уменьшается, они отступают на запад, на более низкие уровни гор. Происходит, по-видимому, общее снижение поясов растительности. Сосновые леса, чистые или с березой, вероятно, произрастают в основном на песчаных почвах в долинах рек. По увлажненным местам распространены ольшаники. На болотах заметное место в растительном покрове наряду с сосной и березой пушистой занимают кустарниковые виды березы (*Betula humilis* и *B. nana*). Зюраткульское болото переходит в верховую стадию с преобладанием *Sphagnum fuscum* в моховом покрове. Климатические условия умеренные, близкие к современным.

Существенных изменений в составе растительности в течение

фазы не происходило. Однако, судя по двум пикам пыльцы ольхи на диаграмме, а также по ходу кривой пыльцы ели, можно предположить существование двух периодов повышенной увлажненности, которые относятся, вероятно, к концу суббореального и ко второй половине субатлантического периодов. Разделяет их более засушливый период, когда в растительном покрове заметно уменьшалось участие ольхи и ели, на что указывает состав пыльцы на глубине 1,75 м. Наши данные согласуются с выводами А. В. Шнитникова (1957) о соответствующих многовековых ритмах общей увлажненности материков северного полушария.

Спорово-пыльцевые диаграммы Малокыльского болота (см. рис. 2 и 3) несколько отличаются от диаграммы Зюраткульского разреза, что в какой-то мере объясняется разницей типов торфяных залежей и растительности, произраставшей на болотах и в непосредственной близости от них. Однако в основных чертах они вполне сопоставимы с рассмотренной диаграммой. Накопление органогенных отложений в Малокыльском болоте, судя по пыльцевым спектрам, началось несколько позднее, а именно — в предбореальном периоде. Большая мощность отложений на окраине болота объясняется, видимо, делювиальными наносами с прилегающего склона горы Нукаш, что подтверждается большой зольностью торфа в этом разрезе. Обращает на себя внимание наличие в обоих разрезах нескольких горизонтов повышенной степени разложения, содержащих стволы, возможно, пни.

Обобщая результаты палинологического изучения торфяников в районе оз. Зюраткуль, можно выделить следующие основные этапы формирования лесного растительного покрова среднегорного высотного пояса Южного Урала в голоцене.

На границе поздне- и послеледниковья, когда климатические условия были еще суровыми, лесная растительность территории представляла собой небольшие островки и редколесья из лиственницы, местами с елью. По мере смягчения климата лиственница вытеснялась более конкурентноспособными породами (елью, сосной и др.).

В начале бореального периода, характеризуемого довольно сухим континентальным климатом, были распространены островные березовые леса (чистые и в смеси с сосной и лиственницей). В это время на Южном Урале преобладали лесостепные ландшафты. По мнению многих исследователей (Бронзов, 1930; Благовещенский, 1940, 1943; Сукачев и Поплавская, 1946, и др.), расселению березовых лесов в бореале способствовала также засоленность грунтов, о чем свидетельствует диатомовый анализ соответствующих слоев отложений озер восточного склона Южного и Среднего Урала и Зауралья.

Во второй половине бореального и в первой половине атлантического периодов широко распространились сосновые леса.

К этому времени в горах был уже хорошо развит пояс темнохвойной тайги, представленный еловыми лесами с примесью кедра сибирского, реже — пихты.

При наиболее благоприятных гидротермических условиях заметное развитие получали широколиственные породы (ильм, вяз, липа, дуб, орешник). Пыльца их прослеживается уже в отложениях предбореального периода («половецкое потепление» — около 10 тыс. лет назад), а начиная с атлантического, является постоянным компонентом пыльцевых спектров. Наибольшего расцвета эти породы достигли в конце атлантического периода («климатический оптимум голоцена» — около 5 тыс. лет назад). В это время в районе Зюраткуля произрастали смешанные широколиственно-темнохвойные леса, в составе которых уже постоянно присутствовала пихта.

С похолоданием в начале суббореального периода ареал широколиственных сократился, они отступили на запад и на более низкие горы. В центральных горных районах усилилось значение темнохвойных пихтово-еловых формаций, особенно в последнюю, влажную и прохладную фазу субатлантического периода. На последних этапах голоцена повысилась также роль березы. Однако эти березовые леса, вероятно, большей частью вторичные, развитие которых обусловлено не столько климатом, сколько антропогенным влиянием.

ЛИТЕРАТУРА

Благовещенский Г. А. Об ископаемых и современных торфяниках Среднего Зауралья.— Сов. бот., 1940, № 3, с. 59—76.

Благовещенский Г. А. История лесов восточного склона Среднего Урала.— Сов. бот., 1943, № 6, с. 4—16.

Бронзов А. Я. Верховые болота Васюганья.— Труды научно-исследовательского торфяного ин-та. М., 1930, вып. 3, с. 28—81.

Величко А. А. Природный процесс в плейстоцене. М.: Наука, 1973. 256 с.

Герасимов Л. А. Геоботаническое исследование торфяных болот Урала.— Торфяное дело, 1926, № 3, с. 53—58.

Горчаковский П. Л. Границы распространения сибирского кедра на Урале.— Сборник работ по геоботанике, лесоведению, палеогеографии и флористике, посвященный академику В. Н. Сукачеву к 75-летию со дня рождения. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1956, с. 131—141.

Гричук В. П., Гричук М. П. К вопросу о характере приледниковых ландшафтов Северо-Восточной Прибалтики.— В кн.: Вопросы географии. М., 1950, с. 121—143.

Гричук М. П. Распространение рода *Ephedra* в четвертичном периоде на территории СССР в связи с историей ландшафтов.— В кн.: Материалы по палеогеографии. М.: Изд-во МГУ, 1954, вып. 1, с. 45—68.

Дылис Н. В. О южной границе распространения сибирского кедра на Урале.— Сов. бот., 1946, № 4, с. 276—281.

Иванова Н. Г. К истории развития лесов Кировского Заволжья в голоцене.— В кн.: Палинология голоцена. К III Международной палинологической конференции (Новосибирск, 1971). М.: Наука, 1971, с. 105—112.

Игошина К. Н. Лиственница на Урале.— В кн.: Материалы по истории флоры и растительности СССР. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1963, вып. 4, с. 462—492.

Кинд Н. В. Геохронология позднего антропогена по изотопным данным.— Труды ГИН АН СССР. М.: Наука, 1974, вып. 57, с. 256.

Колесников Б. П. К систематике и истории развития лиственницы секции Pauciseriales Patschke.— В кн.: Материалы по истории флоры и растительности СССР. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1946, вып. 2, с. 321—364.

Колесников Б. П. Леса Челябинской области.— В кн.: Леса СССР. М.: Наука, 1969, т. 4, с. 125—156.

Колоколов А. А., Львов К. А. О следах оледенения на Южном Урале (геоморфологический очерк хребта Зигальга).— Изв. Всесоюз. географ. о-ва, 1945, № 1—2, с. 80—107.

Крашенинников И. М. Географические работы. М.: Географгиз, 1951. 600 с.

Маковский В. И., Фильрозе Е. М. К изучению болот и заболоченных лесов горной части Южного Урала.— Труды Ин-та экологии растений и животных УНЦ АН СССР. Свердловск, 1975, вып. 93, с. 81—93.

Нейштадт М. И. История лесов и палеогеография СССР в голоцене. М.: Изд-во АН СССР, 1957. 404 с.

Немкова В. К. История растительности Предуралья за поздне- и послеледниковое время.— В кн.: Актуальные вопросы современной геохронологии. М.: Наука, 1976, с. 259—275.

Пьявченко Н. И. К методике интерпретации спорово-пыльцевых спектров голоцена.— Изв. Сиб. отд. АН СССР, сер. биол.-мед. наук, 1963, № 8, вып. 2, с. 25—33.

Рябова Т. П. Развитие растительности Башкирского Предуралья в голоцене.— Науч. докл. высш. школы, биол. науки, 1965, № 1, с. 134—138.

Соловьев Ф. А. О географическом распространении и размещении кедровых лесов на Урале.— Труды Ин-та биологии Урал. фил. АН СССР, 1955, вып. 6, с. 35—61.

Сукачев В. Н., Поплавская Г. И. Очерк истории озер и растительности Среднего Урала в течение голоцена по данным изучения сапропелевых отложений.— Бюлл. Комиссии по изучению четвертичного периода, 1946, № 8, с. 5—37.

Толмачев А. И. К истории возникновения и развития темнохвойной тайги. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1954. 155 с.

Тюлина Н. Л. Материалы по высокогорной растительности Южного Урала.— Изв. гос. географ. о-ва, 1931, т. 63, вып. 5—6, с. 455—491.

Тюремнов С. Н. Торфяные месторождения и их разведка. М.; Л., 1949. 464 с.

Тюремнов С. Н. Сохранность пыльцы в торфяных и озерных отложениях голоцена.— К Первой международной палинологической конференции (Таксон, США). Доклады советских палинологов. (Расширенные тезисы), М.: Изд-во АН СССР, 1962, с. 49—55.

Хотинский Н. А. Некоторые вопросы хронологии и палеогеографии голоцена Среднего Урала.— Бюлл. Комиссии по изучению четвертичного периода, 1968, № 35, с. 159—167.

Хотинский Н. А. Об изменении растительности и климата в начале послеледникового времени.— Изв. АН СССР, сер. географ., 1970, № 6, с. 112—117.

Хотинский Н. А. Голоцен Северной Евразии. Опыт трансконтинентальной корреляции этапов развития растительности и климата. К X конгрессу INQUA (Великобритания, 1977). М.: Наука, 1977. 200 с.

Шнитников А. В. Изменчивость общей увлажненности материков северного полушария.— Зап. географ. о-ва СССР, нов. сер., 1957, т. 16, с. 340.

Ятайкин Л. М., Шаландина В. Т. История растительного покрова в районе Нижней Камы с третичного времени до современности. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1975. 200 с.

Nilsson T. Standardpollendiagramme und C^{14} — Datierungen aus dem Agerödsmosse im mittleren Schonen.— Lunds Univ. arsskr., 1964, Avd. 2, Bd 59, N 7, S. 1—52.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР · УРАЛЬСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР

ВЗАИМОСВЯЗИ СРЕДЫ И ЛЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА УРАЛЕ 1981

Р. С. ЗУБАРЕВА

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА МИКРОКЛИМАТА В ТИПАХ ЛЕСА ЮЖНОЙ ТАЙГИ ПРЕДГОРНОГО ЗАУРАЛЬЯ

Роль климатических факторов в общем комплексе лесорастительных условий известна. Однако учитываются нередко лишь общеклиматические данные, определяющие преимущественно формационную структуру лесов, но недостаточные для выявления хода лесообразовательного процесса в лесотипологическом аспекте. Микроклиматические характеристики отдельных типов леса, необходимые для оценки их лесообразующего и экологического эффекта, часто отсутствуют из-за трудоемкости и длительности получения достоверных показателей.

Малочисленность микроклиматических наблюдений в южнотаежных лесах предгорного Зауралья[1], достаточно изученных по другим условиям среды (особенно почвам), способствовала почти одновременному и независимому друг от друга проявлению исследовательского интереса к этому объекту кафедры лесоводства Уральского лесотехнического института и лаборатории лесоведения Института экологии растений и животных УНЦ АН СССР. При этом в Уральском учебно-опытном лесхозе Уральского лесотехнического института Ф. Р. Соловьевой (1969, 1971, 1972) изучалась влажность почвы (в течение двух вегетационных сезонов) и гидротермический режим приземных слоев воздуха (один сезон) в трех типах сосновых лесов — брусничниковом, ягодниковом, разнотравном,— выделенных в регионе Н. А. Коноваловым (1950). Следует, однако, отметить, что краткая информация в печати без приведения конкретных фактических микроклиматических данных по типам леса и отдельным сезонам не всегда позволяет пользоваться результатами наблюдений Ф. Р. Соловьевой для интерпретации показателей в лесообразующих аспектах. Нельзя присовокупить результаты и для удлинения ряда наблюдений (с учетом продолжения их в последующие годы), что повысило бы ценность материала.

[1] Начало изучению их микроклимата было положено работами А. П. Клинцова (1956).

Наши наблюдения[2] за микроклиматом проводились в основном в 1970—1971 гг., а по ряду показателей и в 1972—1974 гг. Было изучено шесть типов леса. Программа исследований включала двухлетнюю оценку гидротермического режима приземных слоев воздуха и почвы (взятие показаний 9—12 раз в каждый вегетационный сезон), снегомерную съемку; кроме того, проведены разовые определения освещенности, влажности завядания и дополнительные наблюдения над влажностью почвы в засушливые периоды. Получение микроклиматических показателей не было самоцелью, а определялось необходимостью оценки их как лесообразующих экологических факторов, влияющих на типы леса в целом и на лесовосстановительные процессы под пологом их древостоев (Зубарева, Михайлов, 1978).

Методические приемы работы сводились к изучению почвенной влажности термовесовым способом, температуры почвы термометрами Савинова; влажность завядания определялась по А. Н. Николаеву (1936) в модернизации А. М. Васильева (1952). Параметры микроклимата приземных слоев воздуха измерялись максимальными, минимальными, срочными и пращевыми термометрами, психрометром Ассмана. Снегомерная съемка проводилась с помощью снегомерной рейки и весового снегомера. Освещенность под пологом древостоев определялась интегральным прибором Ю. П. Каширо (1976) при его участии.

Для изучения микроклимата был выбран типичный для лесов региона топоэкологический профиль, проходящий через гору Медвежку на территории Уральского учебно-опытного лесхоза. Расположение пунктов наблюдений по типам леса и элементам рельефа следующее: 1 — южный склон в нижней трети с сосняком разнотравным (С. ртр.); 2 — в средней части этого же склона с сосняком брусничниковым (С. бр.); 3 — на вершине с сосняком нагорным (С. нг.); 4 — на северном склоне в средней части с сосняком ягодниковым (С. яг.); 5 — в нижней трети этого склона с сосняком травяно-липняковым (С. тр. лп.); 6 — в плоской приручьевой депрессии с ельником хвощово-осоковым (Е. хв. ос.).

Климат региона континентальный с умеренным количеством тепла и осадков (табл. 1). Характерна для него существенная неоднородность гидротермического режима по годам и отдельным периодам вегетационных сезонов. Количество осадков и влажность воздуха максимальны в летние месяцы, но начало вегетационного сезона отличается наименьшими из них показателями. Поскольку этому предшествует сход снега (в конце апреля), лесам свойственна повышенная горимость в весенний и раннелетний период. Наряду с общими климатическими показателями это обусловливает господство в регионе сосны как

[2] Непосредственное участие в работе принимал лаборант В. В. Михайлов.

Таблица 1

Климатические показатели по месяцам и вегетационным сезонам (май — август) за годы наблюдений и по средним многолетним данным (для ближайшей метеостанции «Уктус»)

Показатель	1970 г.						
	V	VI	VII	VIII	IX	X	Вегетационный сезон
Средняя t, °С	10,2	13,9	17,7	13,8	12,2	2,1	55,6
Колич. часов солнечного сияния	224	223	334	199	196	31	980
Колич. осадков, мм	62	59	68	150	29	69	339
Относительная влажность, %	60	61	66	77	72	85	66

Показатель	1971 г.						
	V	VI	VII	VIII	IX	X	Вегетационный сезон
Средняя t, °С	9,1	14,8	19,2	13,6	11,9	1,0	56,7
Колич. часов солнечного сияния	255	245	245	183	208	45	929
Колич. осадков, мм	49	80	101	110	15	62	340
Относительная влажность, %	59	65	75	78	75	79	69

Показатель	Средние многолетние данные							
	V	VI	VII	VIII	IX	X	Вегетационный сезон	Год
Средняя t, °С	9,9	15,2	17,3	14,8	9,0	1,2	57,2	1,2
Колич. часов солнечного сияния	241	264	262	217	135	73	984	1760
Колич. осадков, мм	48	64	77	67	42	32	256	443
Относительная влажность, %	61	64	72	76	78	78	68	74

Таблица 2

Температурные показатели по типам леса (по 21 сроку наблюдения в 13 ⁰⁰ ч), средние и амплитуды (A)

Средние температурные показатели	С. ртр.	С. бр.	С. нг.	С. яг.	С. тр. лп.	Е. хв. ос.
Максимальные	21,1	22,4	19,9	20,3	19,1	17,9
Минимальные	6,6	7,6	8,1	7,3	7,5	6,6
A max и min	14,5	14,8	11,8	13,0	11,6	11,3
Срочные	17,7	18,9	17,6	17,2	16,7	15,7
A срочных на высоте 2 м и у поверхности почвы	2,8	2,4	1,4	2,5	2,0	3,0
A срочных у поверхности почвы и на глубине 5 см	6,8	8,0	7,7	6,7	7,0	5,9

основной лесообразующей породы. Годы наблюдений за микроклиматом по количеству осадков в вегетационные сезоны по сравнению со средними многолетними данными были более влажными за счет июля и августа, но в то же время они характеризовались показателями, близкими к норме, в начале и в конце сезона. Температурный фон свидетельствует о близости сезонов к средним по многолетним наблюдениям с некоторыми отличиями в отдельные месяцы. Погодные условия вегетационных сезонов этих лет, помимо табл. 1, с большей детальностью характеризуются данными рис. 1, которые используются в работе при анализе полученных материалов.

Для оценки термического режима при отсутствии непрерывного ряда наблюдений существенное значение имеют данные динамики максимальных и минимальных температур. Сравнение максимумов и минимумов температур в приземных слоях воздуха для всех типов леса по показателям, средним из сроков наблюдений, приведено в табл. 2, из которой следует, что наибольшие средние максимумы температур характерны для южносклоновых экотопов (С. бр.— 22,4°). Экотопы остальных типов сосновых лесов имеют средние максимумы ниже его до 3,3°, а ельника — 4,5°. Наибольшие показатели средних минимумов свойственны экотопу вершины (С. нг.— 8,1°)[3], наименьшие (6,6°) — характерны для экотопов пониженных местоположений (сосняк разнотравный, ельник хвощово-осоковый). В целом колебания этого показателя по типам леса менее существенны, чем средних максимумов. В отдельные периоды вегетационных сезонов (рис. 2) предельно высокие максимумы достигали 30—36° (С. бр.), а наименьшие в эти же сроки составляли 22—28° (Е. хв. ос.). Летние минимумы по срокам наблюдений (см. рис. 2) чаще были близки к 10°, с наименьшими показателями до —2°, отмеченными при заморозках 1 июня 1971 г.

Для оценки лесообразующего влияния термики существенно также значение амплитуд максимальных и минимальных температур. По типам леса амплитуды средних максимумов и минимумов составляли 11,3—14,8° (см. табл. 2). В отдельные же сроки колебания максимумов и минимумов превышали 20—25°, причём, как видно из рис. 2, предельно большими амплитудами отличались С. бр. и С. ртр. Наименьшими амплитудами как по средним показателям, так и по отдельным срокам наблюдений среди сосновых типов леса обычно характеризовался С. тр. лп. (близкие к этим данные свойственны также С. нг. и Е. хв. ос.). Следует отметить, что в теплое лето 1971 г. амплитуды температур в течение суток между различными типами леса были больше, чем в более прохладные летние месяцы 1970 г.

[3] По-видимому, это связано с инверсионными явлениями, а также с постепенной отдачей тепла прогревающимися за день глыбами горных пород, выходы которых в типе леса располагаются близко к поверхности почвы.

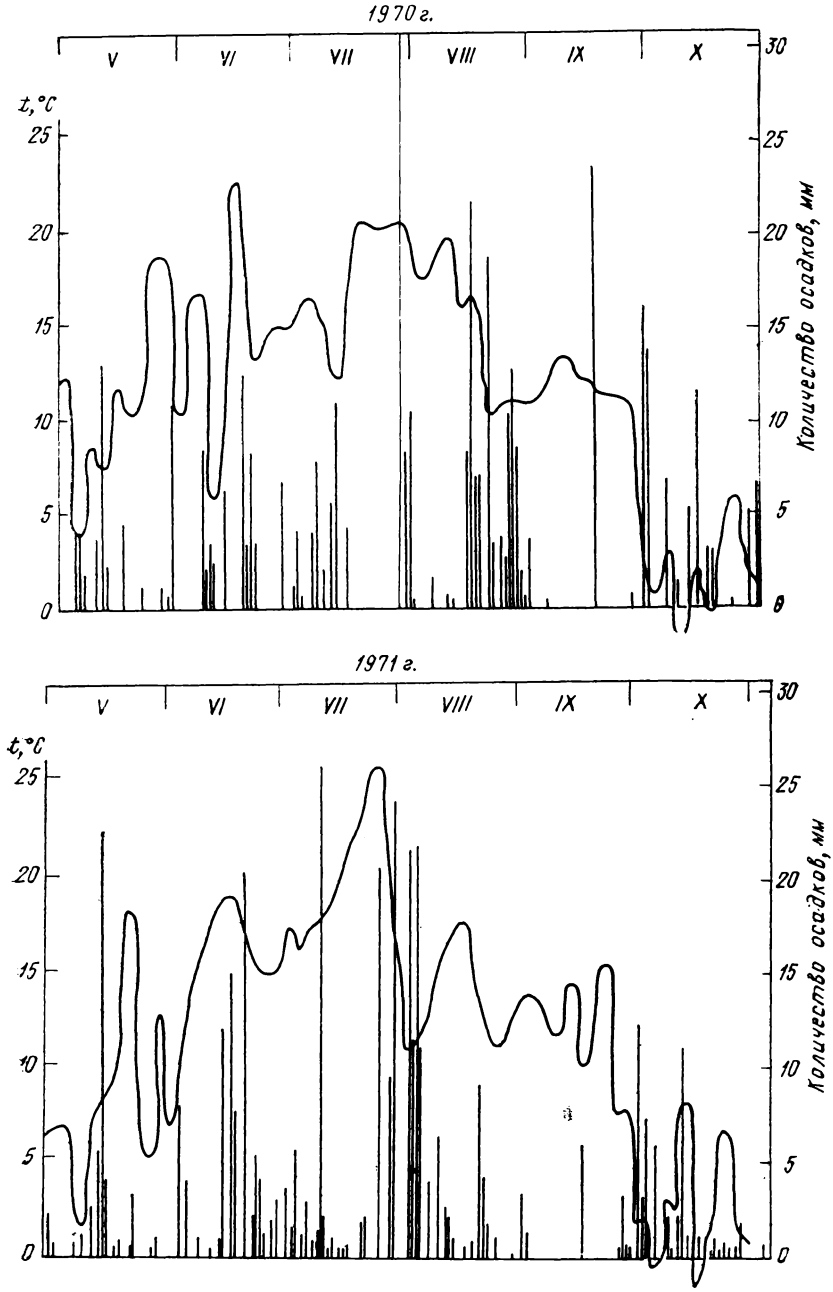


Рис. 1. Ход температуры и суточное количество осадков (по данным метеостанции «Уктус») за период микроклиматических наблюдений.

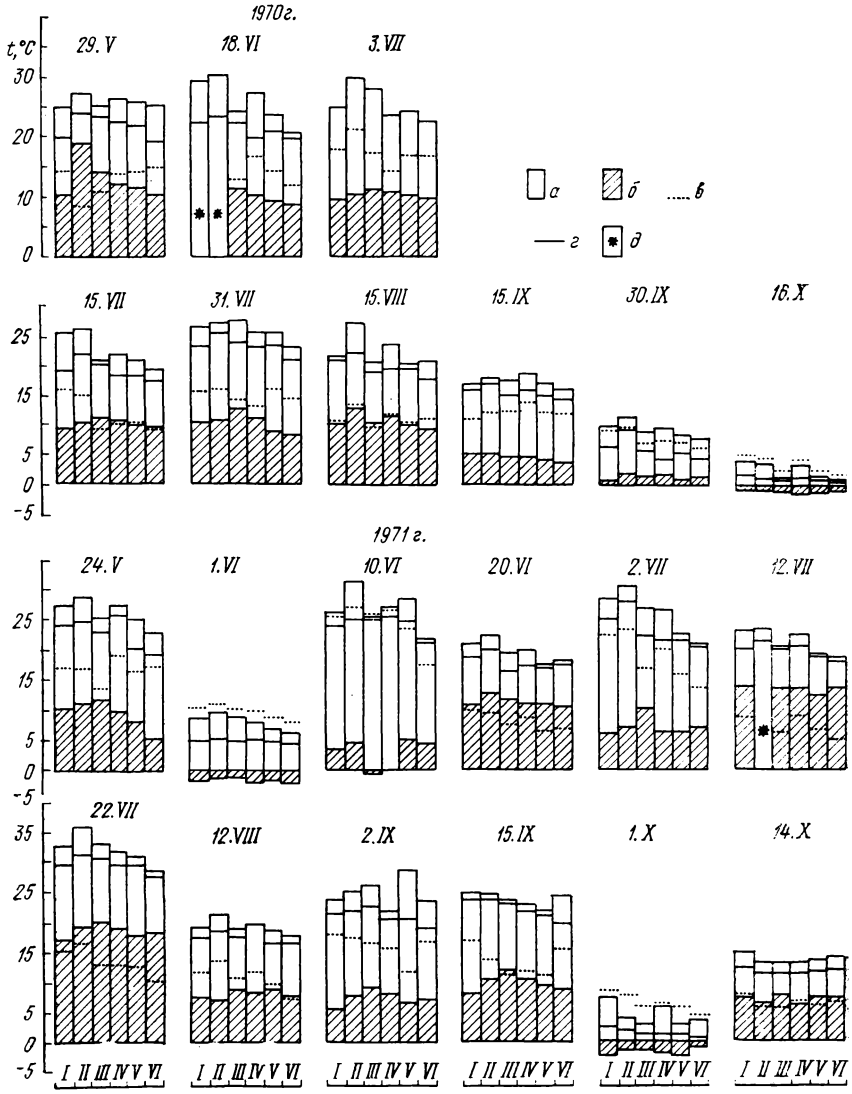


Рис. 2. Динамика температурных показателей приземных слоев воздуха по периодам наблюдений и типам леса.

а — суточные максимумы *t*; *б* — суточные минимумы *t*; *в* — амплитуды этих показателей; *г* — срочные *t* (в 13 ч.); *д* — нет данных. *I—VI* — типы леса: *I* — сосняк разнотравный; *II* — с. брусничниковый; *III* — с. нагорный; *IV* — с. ягодниковый; *V* — с. травяно-липняковый; *VI* — ельник хвощово-осоковый.

Дополняя характеристику термики показателями срочных (в 13 ч) температур приземных слоев воздуха, необходимо сказать о сохранении у них закономерностей распределения по типам леса, близких к отмеченным выше. При этом (см. рис. 2, табл. 2) наибольшие отклонения срочных от максимальных температур не превышали 8°, а наименьшие различия равнялись 0,5°. Фон срочных температур наиболее выравнивался в прохладную погоду (различия по типам леса не превышали 1,0°). Чаще же они по отдельным срокам наблюдений составляли 3—4°. Разница в средних показателях срочных температур (см. табл. 2) по сосновым типам леса была 2,2° (наименьшая в С. тр. лп.), а ельник отличался на 3,2°.

Срочные замеры температуры воздуха на высоте 2,0; 0,2 м и у поверхности почвы позволяют отметить особенности вертикальных градиентов температуры в пределах этих высот. Так по сравнению с показанными на рис. 2 срочными температурами воздуха на 0,2 м (приземные слои) температура на 2,0 м повышалась в среднем по типам леса и срокам наблюдений на 1,5° (колебания по срокам от 0,4 до 3,1°). Температура на двухметровой высоте от показателей у поверхности почвы отличалась в среднем на 1,4—3,0° (см. табл. 2). Наименьшими различиями характеризовался при этом С. нг., наибольшими С. ртр. и Е. хв. ос. Температура у поверхности была ниже, чем в приземных слоях воздуха в среднем по типам леса на 1,6° (колебания 0,5—2,0° с редкими исключениями при резких изменениях температуры и погоды в целом).

По всем типам леса и срокам наблюдений температура воздуха у поверхности почвы была выше, чем на глубине 5 см в среднем на 2,7°. По типам леса эти показатели колебались в пределах 5,9—8,0° (см. табл. 2) с минимальными различиями в Е. хв. ос., максимальными в С. бр. Разница температур по глубине почвенного профиля по типам леса близка к показателю, отмеченному выше для разных высот в воздушной среде. Так, средняя температура почвы на глубине 5 см суммарно по типам леса за летние месяцы 1970 и 1971 гг. составляла 12,1°, а на глубине 20 см — 10,4°, т. е. различалась примерно на 2° (на глубинах 10 и 15 см показатели температуры характеризовались промежуточными значениями). Обратные зависимости распределения температур в почвенном профиле отмечены лишь в осенние сроки, начиная с периода устойчивого похолодания до отрицательной температуры (см. рис. 1 и 3).

Динамика срочных температур почвы по глубинам и типам леса (см. рис. 3) свидетельствует о наиболее высокой температуре верхних корнеобитаемых горизонтов почвы в С. бр.[4] и наиболее холодной в почвах Е. хв. ос. При этом, например, в наи-

[4] Превышение летней температуры почвы на 1—2° в С. бр. по сравнению с С. яг. отмечалось А. П. Клинцовым (1956).

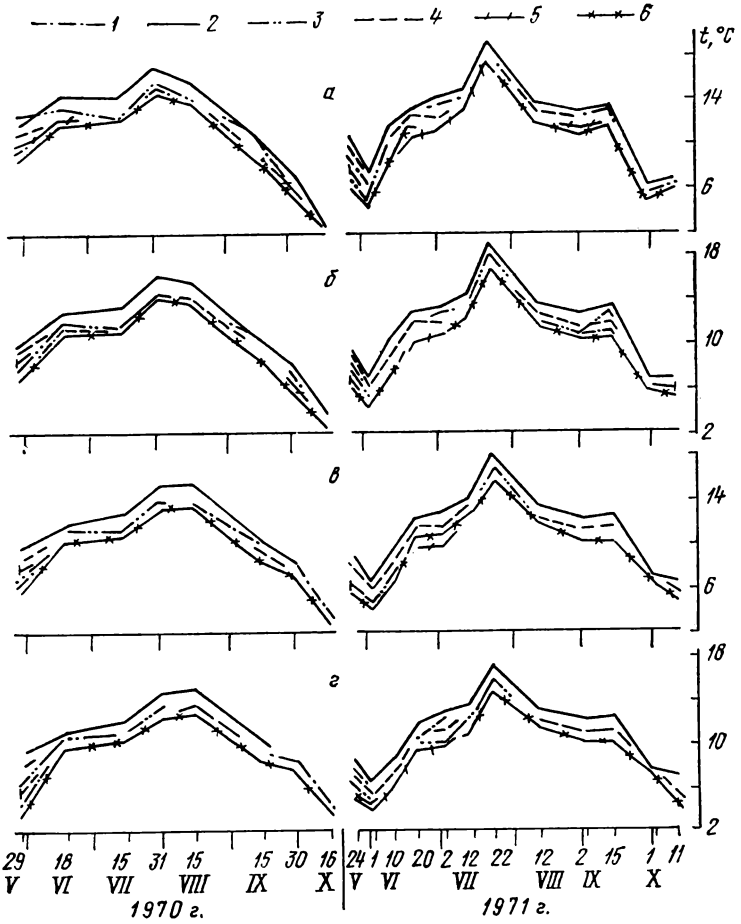


Рис. 3. Сезонная динамика температуры в 13 ч. по глубине почвенного профиля и типам леса (промежуточные векторы, сближенные до пределов менее 1° на графике не проведены).

1—6 — типы леса: *1* — С. ртр., *2* — С. бр., *3* — С. нг., *4* — С. яг., *5* — С. тр. лп., *6* — Е. хв. ос.; *а—г* — температурные данные по глубине почвенного профиля: *а* — 5, *б* — 10, *в* — 15 и *г* — 20 см.

более теплые дни (31 июля 1970 г. и 22 июля 1971 г.) показатели температур в почве С. бр. на глубине 5 см составляли 17,3 и 19,5°, а на 20 см — 14,5 и 17,0°. В эти же сроки в Е. хв. ос. они были соответственно 14,6 и 17,7°, 12,1 и 14,5°. Естественно, что расхождения по остальным типам леса еще меньше, т. е. как между типами леса с крайними значениями температур почвы, так и между температурами по наблюдаемым глубинам почвенного профиля, различия оказались близкими к 2,5°. Из данных табл. 3 видно, что не имеют существенных расхож-

Таблица 3

Амплитуда температур по глубинам почвенного профиля, средняя для сроков наблюдений и типов леса

Вегетационные сезоны наблюдений	Глубина, см			
	5	10	15	20
1970 г.	2,7	2,4	2,4	2,5
1971 г.	2,9	2,5	2,5	2,4
Среднее . . .	2,8	2,5	2,5	2,4

дений с этими значениями и средние показатели по типам леса и срокам наблюдений. Увеличение расхождений в температурах почвы как между типами леса, так и по глубинам в верхней двадцатисантиметровой толще профиля отмечается преимущественно в весенний период (см. рис. 3).

Наряду с другими микроклиматическими факторами на лесообразующий эффект влияет снежный покров территории. Запасами воды в нем во многом обусловлена характеристика гидрологического режима участков, особенно в начале вегетационных сезонов, а с высотой снежного покрова связана защита нижних ярусов растительности и почвы от неблагоприятного влияния низких зимних температур. В связи с этими данными маршрутных снегомерных съемок характеризовались все элементы рельефа и типы леса. Двухлетние (март 1971 и 1972 гг.) съемки перед началом весеннего снеготаяния проводились на топоэкологическом профиле (20—22 точки наблюдений по длине снегомерного маршрута каждого типа леса). Обобщенные итоги изучения снежного покрова представлены в табл. 4, в которой приведены также данные по двум ближайшим метеостанциям. Сравнение показателей характеристики снежного покрова свидетельствует о промежуточном положении изучаемых нами лесных экотопов (особенно по высоте покрова) между пунктами наблюдений метеостанций. Эти различия определяются во многом их абсолютными высотами («Вершина» — 370, «Ревда» — 225, а пункты наших наблюдений в пределах 300—350 м над ур. м.). Из табл. 4 видно, что годы наблюдений существенно различались по высоте снежного покрова и запасам воды в нем. При этом показатели 1972 г. близки к средним многолетним.

Анализ данных по типам леса свидетельствует о влиянии на особенности снежного покрова положения участка по рельефу топо-экологического профиля. Благодаря преобладанию ветров юго-западного направления наибольший снежный покров приурочен к экотопам северных экспозиций профиля, особенно к средней части склона с С. яг., и несколько менее с С. тр. лп.

Таблица 4

Характеристика снежного покрова по годам наблюдений и типам леса, а также по ближайшим метеостанциям гидрометслужбы

Местоположение, тип леса	1971 г.			1972 г.		
	H, см	Плотность, г/см³	Запас воды, мм	*H*, см	Плотность, г/см³	Запас воды, мм
Нижняя треть южного склона, С. ртр. . .	51(8)*	0,21	107	32(10)	0,20	64
Средняя часть южного склона, С. бр. . . .	51(3)	0,21	107	31(10)	0,21	65
Вершина, С. нг.	51(12)	0,22	112	33(24)	0,20	66
Средняя часть северного склона, С. яг. . . .	58(7)	0,23	123	39(9)	0,18	70
Нижняя часть северного склона, С. тр. лп. .	54(7)	0,22	113	36(12)	0,20	72
Депрессия, Е. хв. ос. .	51(11)	0,22	112	35(16)	0,20	70
Данные по метеостанциям:						
«Вершина»	58	0,22	128	44	0,18	79
«Ревда»	46	0,30	112	33	0,26	73

* В скобках — амплитуда высот по всем точкам наблюдений.

Депрессия (Е. хв.ос.), имеющая направление с востока на запад, также как экотопы, расположенные на южном склоне (С. ртр., С. бр.) и вершине (С. нг.), при значительной их продуваемости имеют меньшие мощности снежного покрова. Различия по высоте снежного покрова по типам леса с крайними показателями составляли в годы наблюдений 7 и 8 см (12 и 20 % общей высоты), а по запасам воды соответственно 16 и 8 мм (12 и 11 % запаса). Снежный покров С. яг. наряду с наибольшей мощностью снежного покрова отличался и наибольшей равномерностью покрытия им участка (7 и 9 см, см. табл. 4). Максимальные колебания высоты снежного покрова (амплитуды по годам — 12 и 24 см) наблюдались в С. нг. Необходимо отметить в связи с этим, что на распределение покрова по участку существенно влияют фитоценотические факторы, особенно полнота древостоя и размещение хвойного подроста (в куртинах последнего глубина снежного покрова повышается).

Для экологической характеристики гидрологического режима основное внимание уделялось почвенной влажности — показателю достаточно стабильному при периодических наблюдениях.

Наиболее низкая влажность почвы в наблюдаемые сезоны была свойственна сосняку нагорному (почвы сильно щебнистые бурые горно-лесные тяжело супесчаные на выходах гранита).

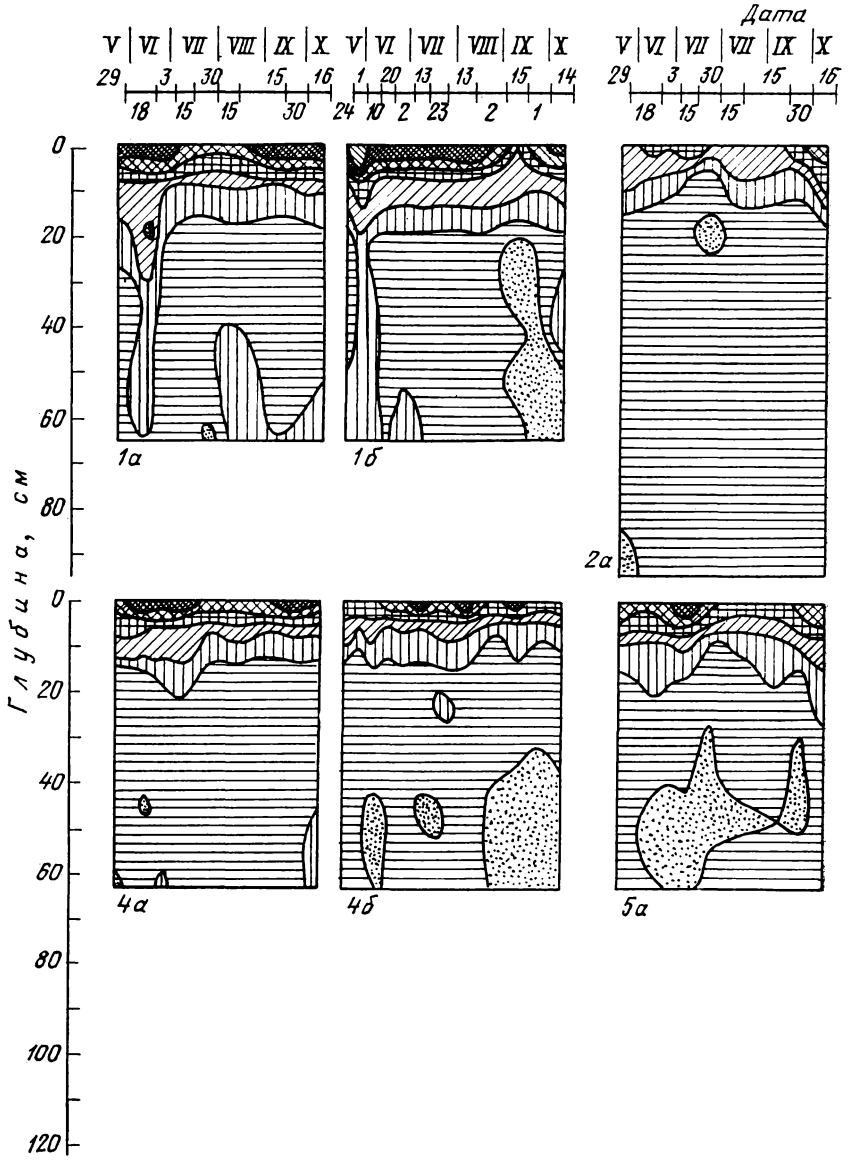
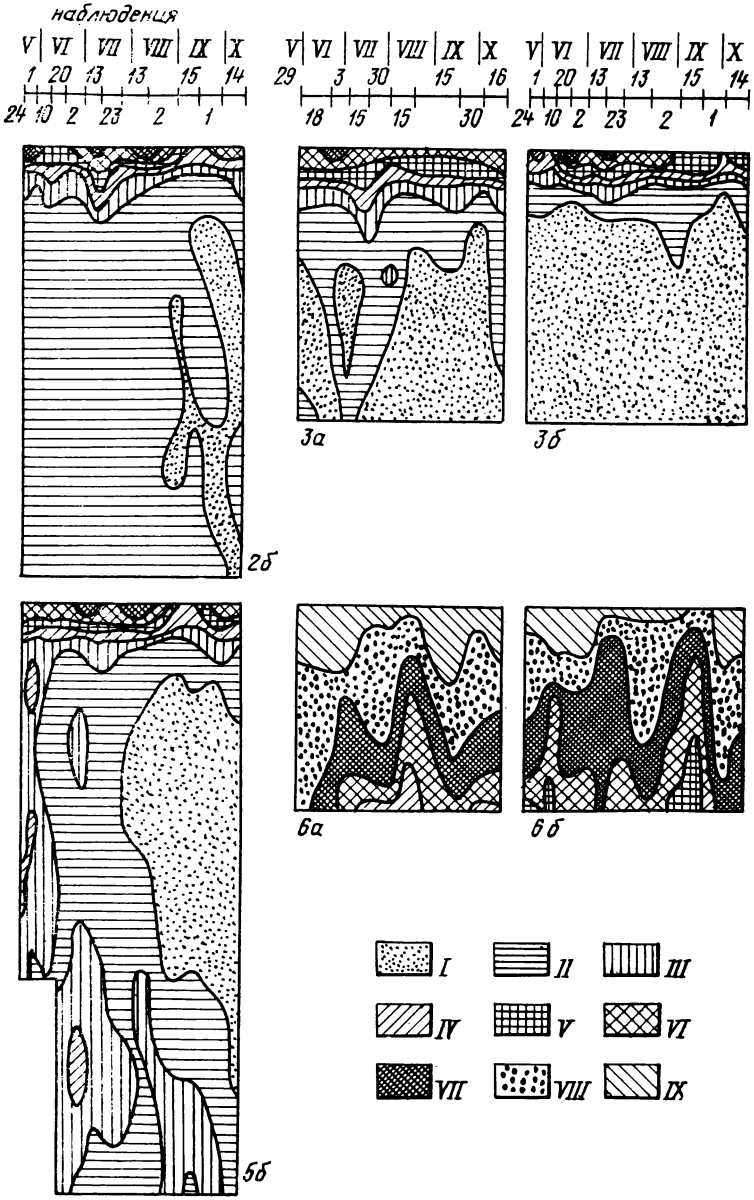


Рис. 4. Хроноизоплеты влажности почвы (сроки наблюдений 1970 г. — *а*, горного Зауралья.

1 — сосняк разнотравный; *2* — с. брусничниковый; *3* — с. нагорный; *4* — с. ягоднико
I — < 10, *II* — 10—20, *III* — 20—30, *IV* — 30—50, *V* — 50—90, *VI* — 90—150, *VII* —



1971 г. — *б*) по типам леса топо-экологического профиля южной тайги пред-

вый; *5* — с. травяно-липняковый; *6* — ельник хвощово-осоковый. *I—IX* — влажность, % 150—250, *VIII* — 250—500, *IX* — > 500.

При этом иллювиальная толща почвенного профиля с глубины около 20 см обычно имела влажность менее 10 % (рис. 4). Стабильной влажностью в пределах 20—50 % отличался гумусовый горизонт почвы, к которому здесь в основном приурочены корневые системы травянистых растений и подроста древесных пород. Влага атмосферных осадков не концентрируется в толще почвенного профиля сосняка нагорного из-за быстрого поверхностного напочвенного стока и активного глубинного просачивания по трещинам горных пород (последнее при интенсивных разовых осадках, например в июле и сентябре 1970 г., способствовало, однако, временному повышению влажности иллювиальных горизонтов профиля вдвое). Отсутствие внутрипочвенного подтока влаги в экотопе вершины обусловливает тесную зависимость влагообеспеченности этого типа леса от погодных условий. Однако, помимо собственно осадков, большое значение для режима влажности имеет, по-видимому, и возможность появления в верхней части почвенного профиля конденсационной влаги на скелете и выходах материнских пород. В связи с этим, можно считать, что не только атмосферные осадки, но и колебания температуры обусловливают неустойчивость увлажнения самой верхней части профиля (влажность подстилки отмечалась в пределах 35—160 %). Об этом же свидетельствуют наблюдения над влажностью, проведенные на участке типа леса (со 2 июля по 14 октября 1971 г.) в почвах микроповышений с выходами горных пород. Влажность A_1, B и BC на них чаще превышала показатели, приведенные за эти же сроки на хроноизоплетах для ровного микрорельефа, в 1,5—2 раза. В целом же по режиму влажности почвы в вегетационные сезоны, местоположения сосняков нагорных можно отнести к суховатым (сухим) лесорастительным условиям.

Несколько повышены по сравнению с сосняком нагорным показатели влажности в почвах сосняка брусничникового. Хорошая водопроницаемость и транзит влаги в почве, мелкощебнистый характер скелета и увеличение мощности иллювиальной части почвенного профиля способствует некоторому выравниванию фона влажности. В динамике вегетационных сезонов влажность иллювиальных горизонтов отмечалась преимущественно 10—20 %. Повышенная инсоляция поверхности почвы на южном склоне определяет понижение общей влажности подстилки (обычно в пределах 30—90, редко в сырые периоды около 150 %) и горизонта A_1 (30—90 %). В целом же почвы (серые лесные оподзоленные легко суглинистые на гранитном элювии) по режиму влажности можно квалифицировать как свежие, периодически сухие. Ход увлажнения их определяется атмосферными осадками, причем наряду с внутрипочвенным для участков сосняка брусничникового характерен хорошо выраженный поверхностный сток влаги.

Для сравнения режима влажности почвы сосняка бруснич-

никового с производным от него березняком бруснично-вейниковым в последнем анализировались образцы на влажность по срокам наблюдений вегетационного сезона 1970 г. Данные показали, что в березняке иллювиальные горизонты почвы с глубины ниже 20 см характеризуются меньшей, чем в сосняке, влажностью (чаще в 0,3—0,5 раза). В верхних горизонтах профиля — A_0, A_1, A_1B_1 — четкие закономерности отсутствуют, причем показатели влажности почвы в березняке нередко выравниваются или даже превышают данные по сосняку.

На верхних половинах склонов условия увлажнения наиболее благоприятно складываются в почвах сосняка ягодникового. Кайма влажности выше 30 % опускается здесь почти до 20 см (до горизонта B_1). При этом более повышенная и устойчивая влажность в гумусовом горизонте (преимущественно 50—90 %), а влажность подстилки почти постоянно выше 70 %, чаще же 90—250 %. Иллювиальные горизонты, как и в предыдущем типе леса, характеризуются влажностью 15—20 %. Однако увеличение верхнего слоя повышенной влажности существенно отражается на лесной растительности, повышая флористическое разнообразие нижних ярусов, улучшая условия развития подлеска и подроста древесных пород. Участки сосняков ягодниковых по режиму влажности почв (серые лесные суглинки на элювии гранита) относятся к свежим лесорастительным условиям, с влагообеспеченностью от атмосферных осадков и подтока вод с выше расположенных склонов.

Определенное сходство сезонного режима влажности почв отмечается у сосняков разнотравного и травяно-липнякового, приуроченных к экотопам пологих нижних частей склонов. Почвы этих типов леса питаются, помимо атмосферных осадков, попадающих непосредственно на их участки, водами, стекающими со склонов. На режиме их влажности почв сказываются также внутрипочвенный подпор водами соседних заболоченных депрессий. Почва первого из типов леса (серая лесная суглинистая на элюво-делювии гранита) характеризуется неоднородностью иллювиальных горизонтов по механическому составу (прослойки и линзы более тяжелого водоупорного мелкозема), что способствует локальным временным застойным явлениям. В весеннее время этому же благоприятствует бугристый микрорельеф, в понижениях которого наблюдается глееватость почв. Как видно из хроноизоплет, влажность иллювиальной толщи почвы в сосняке разнотравном в весенний и раннелетний период составляла 20—30 %, а последующую часть сезонов колебалась обычно в пределах 10—20 %. Выше по профилю (A_1B_1 и даже контактный с ним B_1) влажность почвы не только постоянно сохраняла первый из показателей, но доходила и до 50 %. В гумусовом горизонте влажность, переходя через рубеж 90—150 %, к подстилке увеличивалась чаще до 150—250 %. В хроноизоплетах влажность почв С. ртр. приведена для ров-

ного микрорельефа, в распространенных же на участке типа леса микропонижениях характер влажности несколько иной.

Влажность горизонта A_1 в почвенных разрезах на участках ровного (1) и пониженного (2) микрорельефа сосняка разнотравного в различные сроки наблюдения следующая, %:

1970 г.	1	2	1971 г.	1	2
29.V	42,5	65,3	24.V	36,1	90,5
18.VI	40,0	47,6	1.VI	74,0	131,0
3.VII	26,2	Нет данных	10.VI	45,3	78,4
15.VII	28,4	31,8	20.VI	42,0	89,5
31.VII	31,9	47,3	2.VII	38,6	107,0
15.VIII	32,8	68,3	13.VII	43,8	95,0
15.IX	28,7	44,9	23.VII	38,3	57,0
30.IX	37,2	56,8	13.VIII	40,0	99,4
16.X	32,7	73,1	2.IX	40,4	59,6
			15.IX	42,6	81,4
			1.X	32,6	41,3
			14.X	39,7	39,9

Сопоставление данных по наиболее корнеобитаемому слою (горизонт A_1) показывает, что по сравнению с влажностью ровных микроучастков, влажность в микропонижениях существенно повышается (иногда более чем в два раза).

Поскольку временное переувлажнение распространяется в почвенном профиле сосняка разнотравного на значительную глубину, а мозаично (в микропонижениях) — и по площади участка, его лесорастительные условия можно квалифицировать как свежие, периодически влажные.

В почвах сосняка травяно-липнякового (темно-серых лесных, легко суглинистых на элюво-делювии гранита со значительными включениями слюды и пирита) неоднородность механического состава выражена преимущественно в горизонте B_2C. Ему, как и в предыдущем типе леса, свойственно весеннее переувлажнение после снеготаяния, хотя и очень кратковременное. Сравнение графиков осадков (см. рис. 1) и хроноизоплет (см. рис. 4) свидетельствует о достаточно быстрой реакции почвы типа леса на атмосферные осадки с последующим регулированием влажности, о хорошей ее водопроницаемости. Влажность подстилки в почвах леса наблюдалась обычно в пределах 90—150 % (на короткое время повышаясь до 250, а в засушливые периоды снижаясь до 35 %). Кайма повышенной влажности вниз по профилю уже к гумусовому горизонту постепенно снижается, проходя в A_1B_1 через предел 20—30 %, достигая 10—20 % в иллювиальных горизонтах (при этом в засушливые периоды локально может быть несколько ниже 10 %). Кратковременность колебаний влажности почвы в верхней иллювиальной части профиля позволяет в целом квалифицировать почвы сосняка травяно-липнякового как свежие. Увеличение глубины каймы по-

вышенной влажности в почвенных профилях С. ртр. и С. тр. лп., по сравнению с другими типами изучаемых сосновых лесов региона, способствует развитию в их древостое, а особенно подросте, ели и мезофильных видов в травяном покрове.

Характер увлажнения торфяно-глеевых почв ельника хвощово-осокового резко отличается от влажности почв сосновых типов леса, особенно в корнеобитаемом слое почвенного профиля. Горизонт $A\frac{1}{T}$ имел влажность в пределах 250—500 % лишь в засушливый период 1971 г., превышая этот показатель в остальные сроки наблюдений. Фон влажности разложившегося слоя торфа ($A\frac{2}{T}$) отличался неустойчивостью, чаще он колебался в пределах 150—250 %, эпизодически снижаясь до 90 или поднимаясь до 400 %. Для верхней части водоупорного иллювиального глеевого горизонта $B_г$ обычна влажность 90—150 %, несколько увеличивающаяся в сырые и понижающаяся в сухие периоды вегетационных сезонов. Особенности влажности сырых почв и растительного покрова свидетельствуют о переходном характере заболачивания типа леса.

Объективной оценкой возможностей влияния почвенной влажности на растительный покров служат показатели влажности завядания. Определение ее проведено лишь в типах леса с большей вероятностью воздействия этого фактора (сосняки разнотравный, брусничниковый, нагорный, образцы почв которых, по 3 повторности в каждом горизонте, взяты в середине июля 1971 г.). Чтобы сравнить влажности завядания с показателями влажности почв, помимо двухлетних наблюдений в динамике, использованных для построения хроноизоплет, влажность была определена дополнительно в особенно засушливые периоды вегетационных сезонов 1972 и 1974 гг. Данные влажности завядания и максимальной гигроскопичности (наименьшей из всех 23 сроков наблюдений) приведены в табл. 5. Из них следует, что в сосняке разнотравном минимальные показатели влажности во всех горизонтах профиля превышают влажность завядания, хотя при этом они и достигают (особенно в иллювиальных горизонтах) небольших величин — менее 10 %. Не опускается до критических показателей влажности завядания влажность почвы в сосняке нагорном, хотя следует отметить, что сближение показателей в этом типе леса в засушливые периоды было особенно частым. Опускаются ниже рубежа влажности завядания минимальные показатели влажности почвы в сосняке брусничниковом. Однако свойственно это только иллювиальным горизонтам, а в верхней части почвенного профиля, где наиболее развиты корневые системы подроста древесных пород и травянистых растений, влажность почвы несколько превышает критические величины. Это предохраняет основную часть нижних ярусов фитоценоза от состояния завядания с нарушением физиологических функций и прекращением роста.

Таблица 5

Влажность завядания (вл. з.), максимальная гигроскопичность (м. г.) и показатель влажности, наименьшей из 23 сроков наблюдений (н. вл.), по типам леса

Тип леса	Показатель	Горизонт				
		A_1	A_1B_1	B_1	B_2	B_2C
С. ртр.	вл. з.	9,03	7,47	1,96	2,51	2,00
	м. г.	6,74	5,58	1,46	1,88	1,49
	н. вл.	16,0	9,3	5,5	6,2	3,8
С. бр.	вл. з.	5,16	2,96	2,44	4,55	6,91
	м. г.	3,67	2,21	1,82	3,39	4,55
	н. вл.	8,6	3,2	2,0	1,8	1,9
С. нг.	вл. з.	5,23	2,47	—	1,79	1,06
	м. г.	3,91	1,85	—	1,34	0,79
	н. вл.	8,9	4,5	—	2,6	1,8

Данных по влажности завядания для почв сосновых лесов Урала, кроме опубликованных Б. А. Мироновым (1962) для Ильменского заповедника, не известно. Сравнение полученных им и приведенных нами показателей свидетельствует о близких закономерностях развития этих параметров почвенно-гидрологического режима в обоих регионах. Особенно большое сходство данных отмечается для верхней части почвенного профиля, при увеличении расхождений в нижней, что вполне объяснимо геоморфологическими различиями наряду с подзональной общностью территорий.

В целом данные по влажности почвы свидетельствуют о существенном влиянии на нее, помимо атмосферных осадков, механического состава и мощности почвенного профиля, а также расположения экотопов по рельефу, что во многом определяет и лесотипологическую принадлежность участков.

Относительную влажность воздуха под пологом леса по эпизодическим замерам в июне и июле 1970 г. в сопоставлении с показателями метеостанции «Уктус» (см. табл. 1) можно кратко характеризовать следующим. Сезонные данные по метеостанции оказались наиболее близкими к данным метеоточки в сосняке ягодниковом. По сравнению со средними многолетними мало отличаются от показателей метеостанции результаты не только в этом типе леса, но и в сосняке разнотравном. Относительная влажность воздуха в сосняке ягодниковом, занимающем центральное положение среди изучаемых типов леса, оказалась на 5—23 % выше, чем в сосняках нагорном и брусничниковом; на 10—15 % выше ее в сосняке травяно-липняковом и на 15—30 % — в ельнике хвощово-осоковом. По данным А. П. Клинцова (1956), различия относительной влажности на участках, соответствующих соснякам ягодниковому и брусничниковому, также были близки к нашим (чаще 5—10 %). При этом в послед-

нем типе леса обычна влажность 60—70 % (снижаясь иногда до 34 %). При изучении гидротермических условий под пологом сосновых лесов региона Ф. Р. Соловьевой (1972) также отмечено повышение показателей относительной влажности от сосняка брусничникового к соснякам ягодниковому и разнотравному.

Солнечная инсоляция, определяющая термический режим, во многом отражается на освещенности. Данные по ней под пологом древостоя типов леса и на открытом месте (на высоте около 1,3 м) приведены в табл. 6. Они показывают, что освещенность, существенно превышающая показатели остальных типов леса, характерна для сосняка разнотравного (31 % от освещенности открытого места). Сосняки нагорный, брусничниковый и ягодниковый близки по освещенности, составляющей примерно пятую часть освещенности открытого места. Наименьшей освещенностью подпологового пространства в сосновых лесах характеризуется сосняк травяно-липняковый (10,3 %). Совсем незначительна освещенность (4,6 %) ельника хвощово-осокового. Причины этого, исключая экспозицию и положение по элементам рельефа, определяются фитоценотическими факторами, причем действие инсоляции, безусловно, во многом корректируется особенностями древостоя (составом, численностью и высотой деревьев, сомкнутостью крон) и подлеска. Так, значительная освещенность в сосняке разнотравном обусловлена в основном разреженностью древесного полога; малая интенсивность освещения в сосняке травяно-липняковом — затеняющим ярусом липового подлеска; в сосняке нагорном при большом количестве древесных стволов на освещение влияют меньшие их размеры и разреженность кроны; в сосняке брусничниковом — большое обилие соснового подроста (около 60 тыс. экз. га); в сосняке ягодниковом — хороший габитус крон деревьев, обилие подлеска и подроста; в ельнике — полнота древостоя и густая низко опущенная крона ели. Существенно влияние на освещенность сроков взятия показаний. Данные, приведенные в табл. 6, получены в безоблачную погоду в середине июля. Следует ожидать, что сезон наблюдений, в частности весенний, изменит показания в сторону увеличения освещенности в сосняке разнотравном (отсутствие листвы на березе), а особенно в сосняке травяно-липняковом (где помимо березы, велика роль липы). Достаточно определенные выводы о значительном превышении поступления радиации под полог сосняков с широколиственными породами весной до распускания листвы по сравнению с летним периодом сделаны многими авторами. Так, по данным Л. П. Рысина (1964), освещенность при этом повышается до трети освещенности открытого места. Летняя освещенность нашего сосняка травяно-липнякового оказывается близкой к показателям сложных сосняков (в частности, лещинового). Освещенность же нашего сосняка брусничникового ока-

Таблица 6

Освещенность под пологом древостоя по типам леса (при освещенности открытого места 100% или 60 тыс. люкс)

Тип леса	Освещенность		Древостой			
	%	тыс. люкс	Состав	Колич., экз/га	Сомкнутость	$H_{ср}$, м
С. ртр.	31,0	18,5	8С2Б+Е	270	0,6	24
С. нг.	19,0	11,4	10С+Б	870	0,8	18
С. бр.	18,5	11,1	10СедБ	550	0,7	24
С. яг.	18,0	10,8	10С+БедЛц, Е	570	0,7	24
С. тр. лп.	10,3	6,2	7С2Б10с ед. Лп, Е	536	0,7	26
Е. хв. ос.	4,6	2,8	9Е1Б	510	0,9	22

залась почти идентичной с одноименным типом леса в Брянских лесах (Сахаров, 1940). Близкие закономерности приводятся также Ю. А. Цельникер (1969), В. А. Алексеевым (1975) и другими для массивов европейской части страны по географически замещающим типам леса (при определенном сходстве составе, возраста и сомкнутости древостоев).

Оценка абиотических факторов среды и влияния их на лесообразовательный процесс территории исследований позволяет отметить следующее.

Общеклиматический фон, как известно, во многом определяет формационную структуру лесов таежной зоны. Господство в предгорных южнотаежных лесах Зауралья сосновых лесов связано с общим количеством и сезонной динамикой тепла, а особенно количества осадков (см. табл. 1). Сосняки сохраняют здесь свою роль даже при продолжительных антропогенных воздействиях (рубка и лесные пожары в два последних столетия). В пределах формации типологический спектр лесов достаточно четко определяется особенностями рельефа. Однако сам по себе рельеф — фактор, косвенно действующий на растительный покров, экологическое влияние которого проявляется в основном через трансформацию почвенных (с учетом геологических) условий и микроклимата. Неоднократным изучением эдафических факторов территории[5] выяснены общие закономерности связей почв с типами леса. Микроклиматические факторы, по приведенным данным (Клинцов, 1956; Соловьева, 1971) и результатам наших исследований пока не позволяют полностью

[5] Некоторые итоги изучения почв по типам леса южной тайги предгорного Зауралья даны Р. С. Зубаревой, В. П. Фирсовой и Н. И. Шадриной (1972), общие закономерности — В. П. Фирсовой (1977); по территории Уральского учебно-опытного лесхоза — Г. Г. Каменским (1956), а с анализом лесорастительных условий — Н. А. Коноваловым, В. С. Голутвиным (1956) и Ф. Р. Соловьевой (1971).

раскрыть лесообразующую роль этого важного компонента среды. Однако основные итоги изучения влияния микроклиматических факторов на развитие типов леса (или точнее особенности микроклимата типов леса) можно свести к следующему.

Для сосняка нагорного (экотоп вершины) характерно проявление температурных инверсий, с наибольшими однако в нем (по сравнению с другими типами леса) средними минимумами температур. Экотопу свойственна стабильно низкая влажность почв (в гумусовом горизонте 20—50 %, ниже 20 см обычно менее 10 %). В сухие периоды вегетационных сезонов показатели почвенной влажности близки к влажности завядания (хотя в сроки наблюдений перехода за ее рубежи не отмечалось). Лесорастительные условия сосняка нагорного можно квалифицировать как суховатые (или сухие). Влажностные показатели, по-видимому, являются наиболее важным из микроклиматических факторов, определяющим специфику формирования и пространственного постоянства типа леса с невысоким бонитетом его древостоя, неудовлетворительным ходом роста молодых поколений сосны и разреженным напочвенным покровом с преобладанием бореальных ксерофитов.

Микроклимат сосняка брусничникового (экотоп средней части южного склона) существенно отличается от других типов леса термическим режимом. Ему свойственны наибольшие показатели средних и максимальных температур при наибольших суточных амплитудах. Наряду с такими термическими особенностями приземных слоев воздуха экотоп устойчиво характеризуется наибольшими температурами и верхних корнеобитаемых горизонтов почвы. При этом под пологом древостоя такого типа леса — наименьшая относительная влажность воздуха. Хороший транзит влаги и водопроницаемость почв при повышенной инсоляции южного склона определяют в его почвах постоянно минимальные показатели влажности подстилки (до 30 %). В сухие периоды в верхней части почвенного профиля наблюдается существенное приближение значений влажности к влажности завядания, а в иллювиальных горизонтах — падение ниже ее рубежей. Неравномерность режима увлажнения во времени позволяет отнести лесорастительные условия экотопа к свежим периодически сухим. Особенности гидротермического режима способствуют частым воздействиям огня на участки типа леса. Прямо действующие собственно гидротермические факторы, а также связанные с ними косвенные, несомненно определяют лесообразующее значение микроклимата для стабильности сосняка брусничникового.

Сосняк разнотравный (экотоп нижней части южного склона) характеризуется наименьшими в сосняках региона минимумами суточных температур при высоких показателях амплитуд. По-видимому, из-за этого в экотопе не развивается липа (Зубарева, 1975). Положение по рельефу и мозаичность

микрорельефа (понижения которого занимают значительную площадь) определяют неустойчивость и повышение фона влажности почвы во времени и в пространстве, позволяя квалифицировать лесорастительные условия как свежие периодически влажные. Почвенная влажность способствует развитию в древостое и подросте, наряду с сосной, ели, а в напочвенном покрове увеличению обилия влаголюбивого разнотравья и злаков. Однако в сухие сезоны влажность иллювиальных горизонтов несколько приближается к рубежу влажности завядания, что особенно угнетающе действует на еловый подрост. Стабильность же господства сосны это практически не нарушает, определяя направление хода лесообразования на сохранение соснового типа леса.

Экотопу сосняка ягодникового (средняя часть северного склона) свойственны оптимальные в сравнении с другими типами леса значения основных микроклиматических показателей как по термике, так и режиму влажности приземных слоев воздуха и корнеобитаемых горизонтов почвы. Устойчивость показателей почвенной влажности в динамике вегетационных сезонов свидетельствует о свежих лесорастительных условиях экотопа. Промежуточное положение леса по количественной оценке абиотических параметров микроклимата свидетельствует о стабильности природных фитоценозов типа леса.

Сосняк травяно-липняковый (экотоп нижней трети северного склона) характеризуется по сравнению с другими типами сосновых лесов наиболее выровненным температурным фоном. Ему свойственны наименьшие суточные амплитуды температур (по максимумам и минимумам отдельных сроков наблюдений и средним данным). По почвенной влажности лесорастительные условия леса — свежие. Однако, в связи с положением по рельефу и мощностью гумусового горизонта, почвам свойственно увеличение глубины слоя с повышенной влажностью. Наибольшая в изучаемых сосняках здесь и относительная влажность приземного слоя воздуха. Близка к наибольшей (после сосняка ягодникового) глубина снежного покрова. Отмеченные микроклиматические показатели во многом влияют на лесообразующую роль липы в подлеске и древостое, на развитие в последнем и подросте ели (наряду с господствующей сосной), а также на особенности напочвенного покрова со значительным обилием неморальных видов, определяя устойчивые фитоценотические признаки типа леса.

Для ельника хвощово-осокового (экотоп депрессии) характерны самые холодные почвы, наименьшие в изученных типах леса максимальные температуры (в отдельные сроки наблюдений на 8° ниже, чем в сосняке брусничниковом). Однако в типе леса отмечены меньшие, чем в большинстве сосняков, суточные амплитуды температур. Лесорастительные условия по режиму влажности почв сырые. Влажность торфяных горизон-

тов почвы обычно превышает 500 % и лишь в засушливые периоды снижается более чем наполовину (по-видимому, благодаря переходному характеру заболачивания более низких показателей не отмечалось). Относительная влажность воздуха на 20—30 % выше, чем в наиболее сухом сосняке — брусничниковом. Оценка микроклимата экотопа свидетельствует о возможности устойчивого господства в нем ельника хвощово-осокового.

Помимо экологической интерпретации микроклиматического фона отдельных типов леса, целесообразно привести некоторые общие для лесного массива особенности. Так, термические наблюдения позволяют отметить, что средние различия срочных температур по соснякам составляли 2,2°, а между сосновыми и еловым типом леса — 3,2°. Следовательно, микроклимат последнего типа леса более холодный. Амплитуда температурных показателей по типам леса в прохладные периоды вегетационных сезонов была меньше, чем в теплые, выравнивая общий фон тепла в лесном массиве. Вертикальные градиенты срочных температур под пологом древостоев показали повышение температуры на высоте 2,0 м по сравнению с приземными слоями воздуха (0,2 м) по типам леса и срокам наблюдений на величину, близкую к 1,5°. В свою очередь разница температур приземного слоя воздуха и поверхности почвы была близка к 1,6°. На поверхности почвы температура отмечалась в среднем на 2,7° выше, чем на глубине 5 см, а на 20 см она снижалась на величину около 2° (в периоды с положительными суточными значениями температур воздуха). Между типами леса крайние различия температур наиболее корнеобитаемого слоя (до 20 см) большую часть вегетационных сезонов в среднем были близки к 2,5°.

Наблюдения за снежным покровом позволили отметить, что в накоплении снега наряду с положением участков по абсолютной высоте значительна роль экспозиции склонов. Особенно неблагоприятны условия для снегонакопления на продуваемых наветренных склонах южной экспозиции и вершине. Максимальные же показатели глубины снега и запасов воды характерны для экотопов северных склонов. В первых экотопах это способствует быстрому просыханию поверхности почвы и подстилки, приводя обычно при небольших весенних осадках к повышенной пожароопасности, а во вторых — обеспечивает лучшую зимнюю теплозащиту и весеннюю влагообеспеченность почвы.

Показатели освещенности, как и другие абиотические факторы, определяют лесообразующий эффект не только в аспекте формирования сообществ (в связи с положением участков по рельефу), но во многом и в сохранении биогеоценотического равновесия типов леса. Так, лесотипологическое постоянство сосняка разнотравного во многом поддерживается наибольшей по сравнению со всеми другими типами леса освещенностью подпологового пространства. Это обусловливает интенсивность

развития травяного яруса, препятствующего увеличению обилия подроста, а последний в свою очередь формирует разреженный древесный полог, эдифицирующий показатель освещенности. Соответственно невысокий общий фон освещения в сосняках нагорном, брусничниковом и ягодниковом влияет на значительное угнетение и отмирание на определенных возрастных этапах подроста сосны, способствуя (наряду с действием огня) формированию одновозрастных высокополнотных древостоев. Крайне низкий показатель освещенности благодаря фитоценотической роли полога липового подлеска в сосняках травяно-липняковых, безусловно, сказывается на куртинности и снижении количества соснового подроста под пологом древостоя и т. д.

Приведенные в работе данные дают количественную экологическую оценку факторов среды, важных для развития отдельных видов растений, для формирования и существования типов леса, а также помогают раскрыть роль микроклимата в общем ходе лесообразовательного процесса в южнотаежных лесах предгорного Зауралья. При разносторонности воздействий абиотических факторов среды на растительность, безусловно, не все из них и не постоянно проявляют себя одинаково. Наиболее критическими могут становиться те, что находятся (в определенные интервалы времени) в минимуме. Однако взаимообусловленность действия всех факторов, смягчая действие лимитирующих, обусловливает устойчивость биогеоценозов. Именно поэтому при некоторых отмеченных в работе критических показателях микроклимата лесные биогеоценозы не только сохраняются, но и дают в целом достаточно высокую для бореальных лесов продуктивность, в частности древесного яруса. Следует отметить, что для более полной характеристики закономерностей, намечающихся по лесообразующей роли микроклимата, совершенно необходима комплексная оценка лесных биогеоценозов, возможная при одновременном стационарном изучении абиотических и фитоценотических факторов с экологической интерпретацией данных.

ЛИТЕРАТУРА

Алексеев В. А. Световой режим леса. Л.: Наука, 1975. 227 с.

Васильев А. М. Исследование физических свойств почвы. Кишинев, 1952.

Зубарева Р. С. К изучению микроклимата под пологом темнохвойных древостоев Средне-Уральского стационара.— Информационные материалы Средне-Уральского горно-лесного биогеоценологического стационара. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1975, с. 15—17.

Зубарева Р. С., Михайлов В. В. К эколого-лесоводственной оценке подроста сосны в южнотаежных лесах Предгорного Зауралья.— В кн.: Интенсификация лесного хозяйства на Урале. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1978, с. 108—122.

Зубарева Р. С., Фирсова В. П., Шадрина Н. И. Почвенно-лесорастительные условия на топо-экологических профилях южной тайги Предгорного Зауралья.— В кн.: Лесные почвы южной тайги Урала и Зауралья. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1972, с. 88—108.

Каменский Г. Г. Почвы Уральского учебно-опытного лесхоза.— Труды по лесному хозяйству, вып. 4, УЛТИ. Свердловск, 1956, с. 59—71.

Каширо Ю. П. Методы и аппаратура для изучения внешней среды древесных растений на их начальных этапах онтогенеза.— В кн.: Эколого-физиологические исследования хвойных древесных видов на Урале. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1976, с. 54—94.

Клинцов А. П. О микроклиматических условиях в лесах Уральского учебно-опытного лесхоза.— Сборник трудов по лесному хозяйству, вып. 4, УЛТИ. Свердловск: 1956, с. 51—57.

Коновалов Н. А. Очерк типов леса Уральского учебно-опытного лесхоза. Свердловск: ОГИЗ, 1950, с. 41—67.

Коновалов Н. А., Голутвин В. С. Лесорастительные условия Уральского учебно-опытного лесхоза и типы лесных культур.— Сб. трудов по лесному хозяйству. Свердловск: Урал. лесотехн. ин-т, 1956, вып. 4, с. 3—19.

Миронов Б. А. Гидрологические особенности лесов Ильменского заповедника. Автореф. канд. дисс. М., 1962. 24 с.

Николаев А. Н. К методике определения максимальной гигроскопичности в почве.— Почвоведение, 1936, № 1.

Рысин Л. П. Световой режим в некоторых хвойных и лиственных типах леса.— В кн.: Стационарные биогеоценотические исследования в южной подзоне тайги. М.: Наука, 1964, с. 104—109.

Сахаров М. И. Фитоклиматы лесных фитоценозов.— Труды Брянского лесохозяйственного ин-та, вып. 4. Брянск, 1940.

Соловьева Ф. Р. К вопросу о динамике влажности почвы некоторых типов сосновых лесов Уральского учебно-опытного лесхоза.— Сб. научных трудов аспирантов и соискателей, ч. 1. Свердловск: Уральск. лесотехн. ин-т, 1969, с. 16—21.

Соловьева Ф. Р. Типы сосновых лесов Уральского учебно-опытного лесхоза и их хозяйственное значение. Автореф. канд. дисс. Свердловск, 1971. 36 с.

Соловьева Ф. Р. Сравнительная характеристика условий местопроизрастания основных типов сосновых лесов Уральского учебно-опытного лесхоза.— В кн.: Леса Урала и хозяйство в них. Свердловск: Урал. ЛОС ВНИИЛМ, 1972, с. 114—118.

Фирсова В. П. Почвы таежной зоны Урала и Зауралья. М.: Наука, 1977. 176 с.

Цельникер Ю. Л. Радиационный режим под пологом леса. М.: Наука, 1969. 100 с.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР · УРАЛЬСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР

ВЗАИМОСВЯЗИ СРЕДЫ И ЛЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА УРАЛЕ 1981

Н. Н. ШЕВЕЛЕВ

ВЛИЯНИЕ ТЕМНОХВОЙНЫХ ЛЕСОВ СРЕДНЕГО УРАЛА НА РЕЖИМ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ОСАДКОВ

По результатам изучения гидрологического значения лесов в последние годы сделаны важные обобщения, имеющие большое теоретическое и прикладное значение. В частности, окончательно установлено водоохранное (обводняющее) значение лесов таежной зоны (Идзон, Пименова, 1975). Однако механизм увлажнения территорий лесами, особенно горными, выяснен далеко не полностью. Сравнительная оценка суммарного испарения лесными и луговыми фитоценозами при прочих равных условиях является основным методом при изучении роли лесов во влагообороте. Существенная доля суммарного испарения лесами падает на перехват, т. е. на непродуктивное испарение с крон. Доля перехвата в суммарном испарении равнинными темнохвойными лесами весьма ощутима. Например, ельники Подмосковья перехватывают 128—208 мм осадков при суммарном испарении 399—540 мм (Молчанов, 1960), что составляет более 30% от всего испарения. В горных лесах общий перехват складывается из непосредственного испарения с крон и травяного покрова и дополнительного улавливания горизонтальных осадков (намороси, росы, изморози), которые обычно не учитываются. Безлесные территории горизонтальных осадков улавливают незначительное количество, а перехват травяным покровом почти такой же, как и перехват пологом древостоев (Рахманов, 1962). Г. Н. Высоцкий (1950) объяснял увлажняющее значение горных лесов именно дополнительным улавливанием горизонтальных осадков.

Почти все работы по количественному определению горизонтальных осадков проведены в лесах горных стран, тяготеющих к побережьям морей и океанов с четко выраженным океаническим климатом, и очень немногие — в континентальных районах (Китредж, 1951; Grunow, 1955; Oberlander, 1956; McIntosh, 1958; Молчанов, 1960; Davis, 1966; Vogelmann и др., 1968; Ведь, 1967, 1970). Различия климата районов, где проводились исследования, являлись нередко причиной прямо противоположных выводов: с одной стороны, указывалось на

существенное значение горизонтальных осадков в увлажнении, а с другой — почти на полное отсутствие их во влагообороте. Горизонтальные осадки в лесах горных стран с умереннокон-тинентальным климатом, к каким относится Среднеуральское низкогорье, изучены слабо, что обусловило недооценку их значения в увлажнении. Между тем, именно улавливание горизонтальных осадков горными лесами в определенной мере обуславливает их водоохранные функции.

Исследования проведены в 1973—1976 гг. на ключевом участке Среднеуральского горно-лесного биогеоценологического стационара Института экологии растений и животных УНЦ АН СССР и Уральского университета, расположенном в восточной части Висимского государственного заповедника (Пригородный район Свердловской обл.). Ключевой участок стационара находится в пределах осевой части хребта и на западном его макросклоне с абсолютными высотами 300—700 м над ур. м. и приурочен к массиву, на общем основании которого расположены горы Большой и Малый Сутук с пологими западными склонами и более крутыми — восточными. Вся территория ключевого участка открыта для свободного доступа воздушных потоков западных румбов, и здесь довольно четко проявляется барьерный эффект осевого хребта Среднего Урала.

Леса района исследований представлены умеренно-бореальными, субнеморальными и частично неморальными эколого-географическими комплексами (Турков, Колесников, 1977). На западном макросклоне хребта был заложен топо-экологический профиль (рис. 1), охватывающий темнохвойные коренные и производные мелколиственные и смешанные древостои. На профиле заложено восемь постоянных гидрологических площадей (ПГП): в кедро-ельнике хвощово-сфагновом, пихто-ельнике крупнопапоротниковом, пихто-ельнике осочково-липняковом, пихто-ельнике папоротниково-высокотравном и пихто-ельнике горцовом. Каждой ПГП соответствовала своя контрольная площадь на вырубке. Перед началом наблюдений на площадях проводилось таксационное и геоботаническое описание с картированием и профилированием древесного яруса (табл. 1).

Определение перехвата жидких вертикальных осадков проводилось на всех ПГП по следующей методике. Площадь размечалась на квадраты 5×5 м, и в центре каждого устанавливались осадкомеры Третьякова или стеклянные приемники в количестве 25—35 шт. Одинаковое расстояние между осадкомерами выдерживалось для того, чтобы вариационный ряд показаний осадкомеров возможно более полно отражал задерживающие способности полога. На контрольной площади устанавливался один осадкомер. Величина перехвата осадков кронами определялась по разности полученного результата под пологом древостоя и на контроле.

Перехват твердых вертикальных осадков определялся ме-

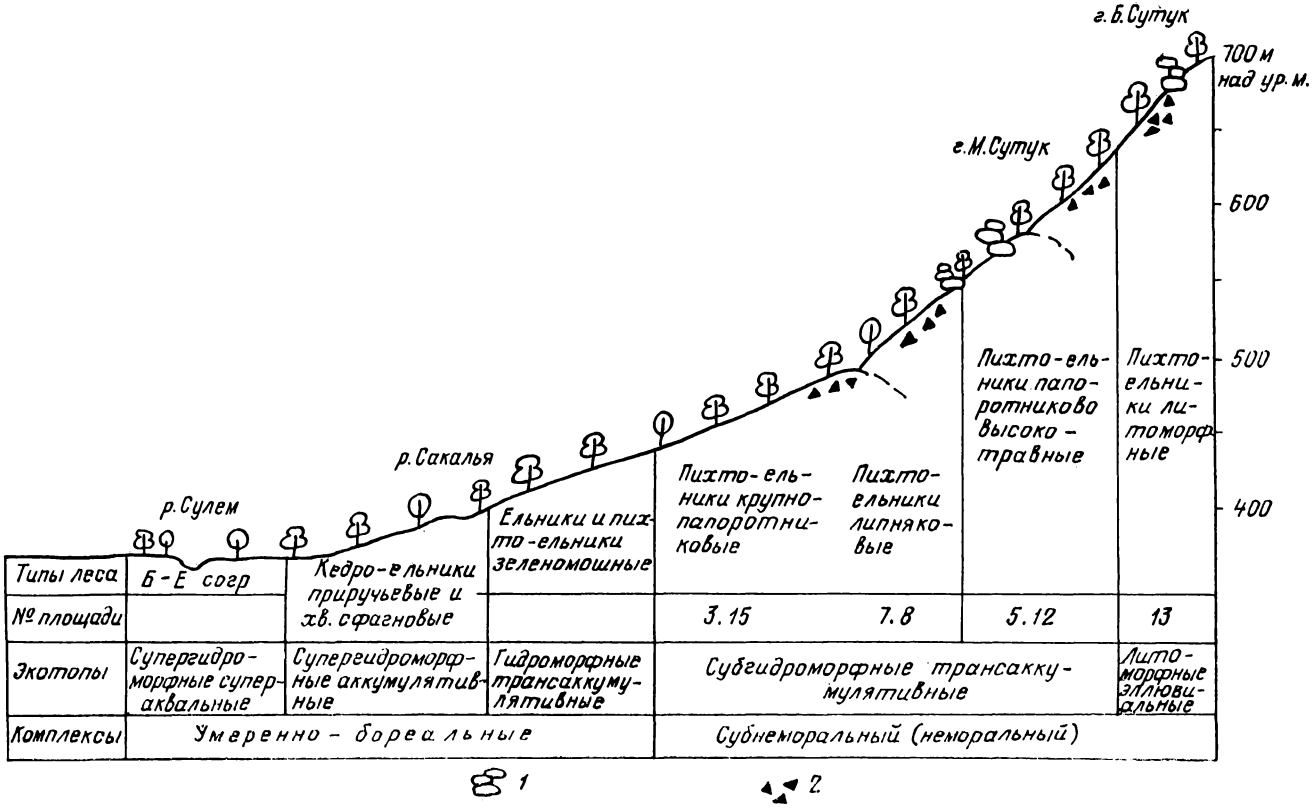


Рис. 1. Обобщенный топо-экологический профиль ключевого участка.

1 — скалы шиханы; *2* — курумы.

Таблица 1

Характеристика постоянных пробных гидрологических площадей ключевого участка

Номер площади	Тип леса, характер древостоя	Высота, м над ур. м.	Размер, га	Колич. осадкомеров, шт	Возраст, лет *	Состав древостоя I ярус / II ярус	Сомкнутость	Средняя высота I яруса, м	Запас древесины, м³/га	Бонитет
1	Кедро-ельник хвощово-сфагновый коренной	400	0,12	30	160	8Е1Пх1К / 8Е2Пх+К	0,6—0,7	18	266	IV—V
3	Пихто-ельник крупнопапоротниковый коренной	470	0,1	30	160	6Е4Пх, ед. БК / 6Е4Пх	0,6—0,7	23	409	III
15	Березовый древостой (березняк вейниковый, производный от пихто-ельника крупнопапоротникового)	460	0,1	15	40	10Б	1,0	10	73	III
7	Пихто-ельник осочково-липняковый коренной	480	0,12	28	160	8Е2Пх, ед. Лп. Рб / 4Пх3Е2Лп1Рб	0,6—0,7	23	429	III
8	Березовый древостой (березняк разнотравный, производный от пихто-ельника осочково-липнякового)	480	0,12	27	80	8Б1Е1Пх / 5Е2Пх2Б1Лп	0,8	20	317	II,5
5	Пихто-ельник папоротниково-высокотравный коренной	560	0,1	30	160	6Е4Пх ед. Б, К / 4Е4Пх2Рб	0,5—0,6	23	355	III
12	Березовый древостой (березняк мелкотравный, производный от пихто-ельника папоротниково-высокотравного)	560	0,06	20	50	10Б	0,9	13	124	II,5
13	Пихто-ельник горцовый условно коренной	700	0,1	35	160	5Е3Пх2Рб	0,6	13	182	V

* Для коренных древостоев — возраст господствующего поколения.

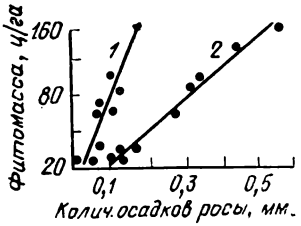


Рис. 2. Величина перехвата осадков пологом пихто-ельника папоротниково - высокотравного при отсутствии контакта облаков с кронами (*1*) и с облаками в кронах древостоев (*2*).

тодом снегомерной съемки под пологом древостоев и на контроле. Высота снегового покрова измерялась в 20—40 точках, водозапасы — в 15—20 точках (такое же количество и на контрольных площадях). Водозапасы устанавливались на 40 постоянных и временных площадях в древостоях и на контроле.

В основу определения видового разнообразия твердых и жидких горизонтальных осадков положены их внешние признаки и происхождение, по А. Д. Заморскому (1955).

Количество намороси (осадков облачных туманов) определялось по методике автора (Шевелев, 1977). В процессе наблюдений за перехватом выяснилось, что в дни контакта облаков с кронами, когда древостои улавливают капли тумана, величина перехвата значительно сокращается по сравнению с периодами выпадения вертикальных осадков из сравнительно высоких облаков. По разности величин перехвата в периоды с облачностью в кронах и без нее определялась доля горизонтальных осадков в виде намороси за один случай и весь летний период (рис. 2).

Роса изучалась с помощью самописцев М-35, которые устанавливались под пологом древостоев и на контроле. Росообразование на кронах исследовалось визуально и с использованием самописца М-35, установленного на высоте 21 м над поверхностью почвы, что соответствует верхней границе кронового пространства пихто-ельника крупнопапоротникового (ПГП-3). Для корректировки показаний росографа и определения поправок применялся метод взвешивания почвенно-растительных монолитов.

Количественное определение осадков изморози производилось путем взвешивания модельных ветвей с ее отложением. Общее количество изморози, улавливаемое древостоем, вычислялось на основании взвешиваний и данных о фитомассе охвоенной части крон изучаемых древостоев.

Горизонтальные осадки теплого периода

Наморось (осадки облачных туманов). Процесс оседания капель тумана на предмет А. Д. Заморский (1955) назвал наморосью. В литературе это явление иногда называют «изросью», «смачивающим туманом», «росой», «горизонтальными осадками». Для указания происхождения этого вида осадков и устранения возможной путаницы автор добавляет к этому термину «осадки облачных туманов», поскольку наморось в горных лесах

образуется исключительно во время контакта облаков с кронами деревьев. Наморось образует водяной налет, оседающий из тумана при соприкосновении капель размером более 20 мкм с поверхностью хвои и ветвей. Оседание капель тумана усиливается при ветре и в хорошо обветриваемых местах (опушки леса, вершины гор). Следует подчеркнуть, что образование намороси не связано с конденсацией водяного пара в лесу.

Существенное значение в улавливании лесами намороси имеют циркуляционные факторы. На Среднем Урале 44 циклона из 80 проходящих и 10 из 42 антициклонов за год дают низкую облачность (Ковалевская, 1970), что является предпосылкой для улавливания горными лесами воды в виде намороси. При контактировании облаков с кронами деревьев в древостой вносится большое количество капель тумана, который на близком расстоянии визуально не заметен. В начале происходит смачивание хвои, ветвей и стволов деревьев, после чего, если облачный туман продолжает поступать, кроны не могут удерживать скапливающуюся воду, и капли ее опадают на почву, образуя своеобразный дождь. Так, в один из подобных случаев в октябре 1974 г. под пологом пихто-ельника папоротниково-высокотравного наблюдалась интенсивная капель: осадкомеры зафиксировали в среднем 12 мм осадков, в то время как на контрольной площади осадкомер остался пустым. Чаще наморось сопровождается выпадением вертикальных осадков, что затрудняет ее количественное определение.

Количество улавливаемой древостоем намороси зависит главным образом от биологических особенностей древесных пород, таксационной характеристики древостоев, плотности и продолжительности прохождения облаков сквозь кроны. Хвойные древостои в силу большей ажурности крон улавливают намороси больше в сравнении с лиственными. С этой точки зрения наиболее благоприятные условия для образования намороси создаются в коренных пихтово-еловых лесах, древостои которых характеризуются разновысотностью, узкими кронами и большим количеством просветов. Механизм образования намороси указывает, что она может иметь сколько-нибудь существенное значение только в горных лесах и в меньшей степени на равнинах, расположенных на морских побережьях с частыми туманами. Все леса континентальных равнин и безлесные горы за счет намороси не получают добавочного увлажнения, так как они не могут быть «фильтрующей преградой» на пути облачных масс.

Результаты трехлетних наблюдений показывают, что повторяемость облачности в кронах растет с увеличением абсолютных высот (рис. 3). Так, если в древостоях на высоте 400 м (ПГП-1) в 1974 и 1975 гг. было зафиксировано соответственно 3 и 11 дней с облаками в кронах, то на высоте 560 м (ПГП-5) — 35 и 16 дней. В 1976 г. на высоте 560 м таких дней

Рис. 3. Повторяемость облачных туманов в кронах пихтово-еловых лесов ключевого участка.

1 — VI—X. 1974 г.; *2* — V—IX. 1975 г.; *3* — VI—IX. 1976 г.

было 26, а на высоте 700 м — 31. Продолжительность облаков в кронах за один случай колебалась от 1—2 до 12 и более часов. Чаще они возникали вечером и ночью при типично циклональной погоде.

Сезонные величины осадков намороси оказались следующими. Максимальная величина ее зафиксирована летом 1976 г.— около 32 мм, минимальная в засушливом 1975 г.— 10 мм. В древостоях на высоте 700 м (пихто-ельник горцовый) приблизительная оценка дает величину порядка 40—50 мм (1976 г.). Как следует из приведенных цифр, количество намороси, улавливаемой древостоями, по сезонам непостоянно и зависит от погодных условий. В 1974 и 1975 гг. преобладала антициклональная засушливая погода, и поэтому случаи контактирования облаков с кронами древостоев даже на максимальных высотах ключевого участка были редкими, что привело к уменьшению намороси. 1976 г. был, напротив, нормальным по атмосферным процессам, и доля намороси в приходной составляющей влагооборота возросла.

Следует отметить, что леса западного макросклона Урала выполняют функцию своеобразного фильтра, улавливающего влагу, проносимую над горами низкими облаками. Леса же восточного макросклона эту функцию выполняют слабее, так как при переваливании через хребет облачность частично разрушается.

Роса. В большинстве работ раскрывается физическая сущность росообразования (Карпенко, 1974) и лишь только в некоторых (Небольсин, 1945; Olszewcki, 1966; Ведь, 1970) роса рассматривается как дополнительный источник увлажнения фитоценозов. Количественная сторона росообразования в горных лесах освещена противоречиво, а в лесах Урала подобные исследования вообще не проводились. Результаты трехлетних наблюдений за росообразованием под пологом древостоев и на вырубках представлены в табл. 2. Анализ приведенных данных показывает, что имеются существенные различия в количестве дней с росой и сумме осадков росы в древостоях и на временно обезлесенных площадях. Например, на вырубке в пихто-ельнике крупнопапоротниковом (ПГП-4) среднее месячное количество дней с росой за июнь — август составляет 20—23, тогда как под пологом коренного древостоя этого же типа леса (ПГП-3) — всего 3—5, т. е. под пологом древостоев частота росообразования ниже примерно в пять раз. Еще более показательно в этом отношении количество образующейся росы (по росографу М-35): на вырубке пихто-ельника крупнопапоротникового средняя месячная сумма ее равна 0,96—1,46 мм, а под пологом коренного

Таблица 2

Количество дней с росой и осадков росы (по росографу М-35) на постоянных пробных площадях за май — сентябрь 1974—1976 г.

№ площади	Тип леса	Год	Колич. дней с росой	Колич. осадков росы, мм
1	Кедро-ельник хвощово-сфагновый коренной	1974	27	0,84
		1975	17	0,19
—	Вырубка	1974	89	8,0
		1975	73	1,87
3	Пихто-ельник крупнопапоротниковый коренной	1974	20	0,52
		1975	11	0,15
		1976	19	—
—	Вырубка	1974	93	10,0
		1975	80	3,0
		1976	84	3,56
8	Березовый древостой (80 лет) производный от пихто-ельника осочково-липнякового	1974	9	0,64
		1975	3	0,04
7	Пихто-ельник осочково-липняковый коренной	1974	12	0,36
		1975	3	0,03
5	Пихто-ельник папоротниково-высокотравный коренной	1974	26	0,24
		1975	4	0,03
	Пихто-ельник папоротниково-высокотравный, послепожарная елань	1974	83	8,4
		1975	91	2,65

древостоя того же типа леса — 0,08—0,11 мм; под пологом пихто-ельника осочково-липнякового (ПГП-7) и производного от него березняка (ПГП-8) количество росы соответственно равно 0,0—0,04 и 0,01—0,08 мм.

Для наблюдения за росообразованием на кронах деревьев пихто-ельника крупнопапоротникового (ПГП-3) и температурным режимом была построена градиентная установка высотой 21 м. Наблюдения проводились как визуально, так и с помощью росографа. За три сезона наблюдений (1974—1976 гг.) было отмечено всего лишь по 8—11 случаев росообразования на кронах с максимумом в сентябре. Для вертикального профиля изучаемого лесного фитоценоза характерны устойчивые инверсии температур с разницей среднемесячных ее показателей на уровнях 0,0 и 21,0 м около 2°, а относительная влажность воздуха у верхней границы полога на 4—10% ниже, чем у поверхности почвы. При прочих равных условиях роса образуется только в случаях нормальной стратификации температуры ночью, т. е. при понижении ее в направлении от поверхности почвы к верхней границе полога. Редкое выхолаживание в пологе крон обусловлено горизонтальной и вертикальной неоднородностью структуры коренных пихтово-еловых лесов — разновысотностью деревьев и большим количеством «окон» в древесном пологе.

Наблюдения за росообразованием на безлесных экотопах показали, что с увеличением фитомассы травяного покрова происходит почти пропорциональное увеличение осадков росы, образующейся за один случай (рис. 4). В частности, при увеличении фитомассы травостоя в монолите от 0 до 1 кг/м^2 (сырой вес) и показании росографа 0,07—0,08 мм истинное количество осадков возрастает от 0,07—0,08 до 0,35 мм, т. е. увеличивается примерно в пять раз. Следовательно, учет фитомассы травяного покрова позволяет с более высокой точностью определять осадки росы. В июле — августе 1976 г. на вырубке пихто-ельника крупнопапоротникового росографом было зафиксировано 2,09 мм осадков росы, тогда как внесение поправки на фитомассу травяного покрова (75 ц/га) дало 8,5 мм. Таким образом, за теплый период этого года вырубка получила около 15 мм осадков росы. Под пологом коренного древостоя того же типа леса за июль — август образовалось 1,1 мм (с учетом поправки на фитомассу травостоя 45,6 ц/га), а за весь теплый период года — около 5 мм. Благодаря большой фитомассе крон редкие случаи росообразования на их поверхности, видимо, способствуют образованию такого количества влаги, которое сравнимо с осадками росы под пологом древостоев. Поэтому можно считать одинаковыми суммы осадков росы, образующейся в лесу и на безлесных участках.

Горизонтальные осадки холодного периода

Зернистая изморозь — обычное явление в горных лесах и крайне редкое на равнинах, где не создается благоприятных условий для ее образования. Она представляет собой снеговидный лед, оседающий в туманную и ветреную погоду на тонких линейных предметах (ветви, хвоя) с наветренной стороны. Образуется изморозь вследствие налипания замерзающих переохлажденных капель тумана, возникающего зимой при снижении облаков до уровня крон деревьев в горных лесах. По данным гидрометеорологической службы, повторяемость зернистой изморози возрастает с поднятием в горы (рис. 5). Наблюдения в лесах осевой части Урала согласуются с этим выводом. Однако необходимо отметить, что отсутствие метеостанций в горах является основной причиной слабой изученности зернистой изморози вообще, а имеющиеся данные о ее повторяемости явно занижены. Это можно проиллюстрировать следующим примером. На метеостанциях Висим (314 м над ур. м.) и Шамары (247 м над ур. м.) зимой 1974—1975 гг. не было отмечено ни одного случая зернистой изморози, между тем как в пределах стационара на высоте 560 м над ур. м. в пихто-ельнике папоротниково-высокотравном зафиксировано 19 случаев ее образования.

Наблюдения на ключевом участке стационара и в его окрестностях показали, что леса восточного склона хребта улавливают зернистую изморозь редко.

Леса западного макросклона образуют своеобразную зону выпадения зернистой изморози (с 450 м над ур. м.), где за счет ее наблюдается дополнительный приход осадков.

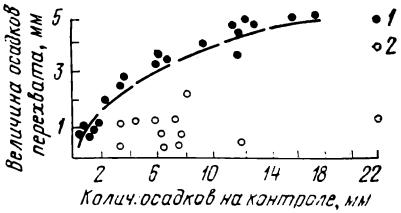


Рис. 4. Количество осадков росы за один случай росообразования в зависимости от фитомассы травяного покрова вырубки.

1, 2 — показания росографа: *1* — 0,03 — 0,04 мм, *2* — 0,09—0,1 мм.

Максимальная величина отложения изморози зафиксирована в 40-летнем березняке на высоте 560 м над ур. м. (ПГП-12) — 7,63 кг на 1 кг ветвей. При такой нагрузке изморози часть ветвей обламывается. В коренных древостоях пихто-ельника папоротниково-высокотравного и пихто-ельника крупнопапоротникового максимальная величина отложения достигала 2—3 кг на 1 кг охвоенных ветвей. Определение суммы осадков зернистой изморози в горных пихтово-еловых лесах Среднего Урала показало следующее. В пихто-ельнике папоротниково-высокотравном (ПГП-5) за зимний период с зернистой изморозью поступает около 20 мм воды. В древостоях на максимальных абсолютных высотах ключевого участка (700 м) за счет значительного возрастания ее повторяемости следует ожидать более существенного увеличения этих осадков. Подтвердилось это и при максимальной снегомерной съемке 1976 г., когда в пихто-ельнике горцовом не было обнаружено достоверной разницы между водозапасами под пологом леса и на контроле, что свидетельствует о компенсации перехвата осадков дополнительным улавливанием древостоями изморози. Одновременно в березовых молодняках, расположенных на высоте 470—500 м над ур. м., было обнаружено превышение водозапасов по сравнению с контролем на 30—50 мм.

Увеличение осадков зернистой изморози в древостоях по мере роста абсолютных высот экотопов подтверждается и косвенными путями. Летом 1975 г. в основных типах леса ключевого участка стационара был проведен учет деревьев 1 яруса с поврежденными кронами. Оказалось, что количество их увеличивается по мере поднятия в горы, достигая максимума в пихто-ельнике горцовом (700 м) — около 60% от общего количества учтенных деревьев. Объясняется это тем, что частое отложение изморози в древостоях данного типа леса приводит к образованию мощной кухты (снег с изморозью на кронах), которая при сильных ветрах служит главной причиной повреждения крон.

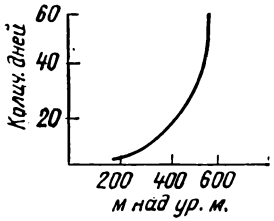


Рис. 5. Количество дней с зернистой изморозью на Среднем Урале в зависимости от абсолютной высоты станции («Справочник...», 1970).

Значение зернистой изморози не ограничивается дополнительным увлажнением и механическим воздействием на кроны. Еще в начале XX века А. И. Пульман (1905) указывал на повышенное содержание азота в изморози. Мы попытались проверить это, для чего зимой 1974—1975 гг. взяли пробы зернистой изморози в кронах деревьев и снега с примесью осыпавшейся изморози под пологом и на открытой поляне. В результате выяснилось, что в зернистой изморози азота содержится в 4—10 раз больше, чем в свежевыпавшем на поляне снега.

Вероятно, отчасти по этой причине леса верхнего пояса гор имеют богатый ярус с участием в составе нитрофильных видов.

Суммарный перехват осадков пологом древостоев

Трехлетние наблюдения позволили установить значение горизонтальных осадков во влагообороте темнохвойных лесов горной полосы Среднего Урала. Коренные пихтово-еловые насаждения на высотах 560—600 м над ур. м. в течение года улавливают дополнительно 70—80 мм горизонтальных осадков, а разреженные темнохвойные на максимальных высотах ключевого участка — более 80 мм, что составляет 10—15% от общей суммы вертикальных осадков. Анализ величины перехвата жидких и твердых вертикальных осадков древесным пологом горных лесов Урала (Шевелев, 1977) подтвердил существенное значение горизонтальных осадков во влагообороте. Установлено также, что улавливаемых лесами горизонтальных осадков не достаточно для компенсации осуществляемого ими перехвата (табл. 3). В расположенном на нижнем уровне топо-экологического профиля (400 м над ур. м.) кедро-ельнике хвощово-сфагновом среднегодовой перехват составляет 108—134 мм (22—27%), а в пихто-ельнике горцовом (верхний уровень) — 50—68 мм (6—13%), т. е. по мере подъема в горы перехват уменьшается. Объяснить это можно, с одной стороны, уменьшением фитомассы крон древостоев, а с другой — возрастанием доли улавливаемых горизонтальных осадков, понижающих суммарную величину перехвата.

Результаты исследования свидетельствуют о необходимости учета горизонтальных осадков при оценке гидрологического значения горных лесов. Их сплошная вырубка, особенно в верхнем высотном поясе, может вызвать почти полную утрату гори-

Таблица 3

Сезонная и годовая сумма перехвата вертикальных осадков (с учетом поступления горизонтальных) пологом древостоев пробных площадей ключевого участка (1974—1976 гг.), мм

№ пробной площади	Тип леса, характер древостоя, высота, м над ур. м.	X. 1974 г.—IX. 1975 г.			X. 1975 г.—IX. 1976 г.		
		X—III	IV—IX	Всего	X—III	IV—IX	Всего
1	Кедро-ельник хвощово-сфагновый коренной, 400	38	70	108 (27)*	41	93	134 (22)
3	Пихто-ельник крупнопапоротниковый коренной, 470	38	74	112 (27)	29	73	102 (16)
7	Пихто-ельник осочково-липняковый коренной, 480	46	81	127 (31)	43	78	121 (19)
8	Березовый древостой 80 лет (березняк разнотравный, производный от пихто-ельника осочково-липнякового), 480	40	70	110 (26)	31	81	112 (18)
5	Пихто-ельник папоротниково-высокотравный коренной, 560	42	67	109 (25)	33	59	92 (13)
12	Березовый древостой 50 лет (березняк мелкотравный, производный от пихто-ельника папоротниково-высокотравного), 560	0,0	60	60 (13)	0,0	51	51 (7)
13	Пихто-ельник горцовый коренной, 700	18	50	68 (13)	0,0	50	50 (6)

* В скобках — сумма перехвата, %.

зонтальных осадков и увеличение непродуктивного испарения во влагообороте, что, в свою очередь, отрицательно скажется на гидрологическом режиме местности.

Выводы

1. В приходной составляющей влагооборота лесных биогеоценозов в летнее время заметная роль принадлежит намороси, которая образуется в древостоях «зоны облаков», располагающейся на Среднем Урале выше 450 м над ур. м. Если на высоте до 400 м она не имеет значения, то на высотах 560—700 м полог коренных пихтово-еловых древостоев в годы с нормальным увлажнением улавливает 30—50 мм намороси.

2. Из горизонтальных осадков холодного периода года существенное значение имеет зернистая изморозь, улавливаемая древостоями, также расположенными выше 450 м над ур. м.

Величина осадков изморози в коренных пихтово-еловых лесах на высотах 500—560 м составляет около 20 мм в сезон. Производные березовые молодняки в тех же условиях способны улавливать изморози больше — до 30—50 мм.

3. Обезлесенные участки не получают горизонтальных осадков, за исключением росы, количество которой пропорционально фитомассе напочвенного покрова, составляя на 2—5-летних вырубках около 15 мм за теплый период года. Пихтово-еловые насаждения получают осадки росы в количестве, сравнимом с ее величинами на горных лугах и вырубках.

4. Улавливание горизонтальных осадков как зимой, так и летом осуществляется преимущественно древостоями западного макросклона горной провинции. С возрастанием абсолютных высот экотопов количество горизонтальных осадков, улавливаемых древостоями, увеличивается.

5. Участие горизонтальных осадков во влагообороте горных лесов подтверждается данными о суммарном перехвате осадков пологом древостоев. Суммарная величина перехвата уменьшается по мере подъема в горы с 108—134 мм на высоте 400 м над ур. м. до 50—60 — на высоте 700 м над ур. м.

6. Водоаккумулирующее значение горных лесов Среднего Урала возрастает с увеличением абсолютных высот экотопов. Наиболее эффективно эту роль выполняют разреженные пихтово-еловые древостои на абсолютных высотах 600—700 м и более.

ЛИТЕРАТУРА

Ведь И. П. Роль наземных гидрометеоров в водном балансе Крымского нагорья. Метеорология и гидрология, 1967, № 4, с. 68—72.

Ведь И. П. Особенности водно-теплового режима и микроклимата Крымских нагорий в связи с задачей их облесения. Автореф. канд. дисс. Харьков, 1970. 19 с.

Высоцкий Г. Н. Учение о влиянии леса на изменение среды его произрастания и на окружающее пространство. М.; Л.: Гослесбумиздат, 1950, с. 88—103.

Заморский А. Д. Атмосферный лед. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1955, с. 74—90.

Идзон П. Ф., Пименова Г. С. Влияние леса на сток рек. М.: Наука, 1975. 110 с.

Карпенко В. Н. Роса. Л.: Гидрометеоиздат, 1974. 102 с.

Китредж Д. Влияние леса на климат, почвы и водный режим. М., 1951, с. 143—157.

Ковалевская Т. П. Синоптические условия образования низкой облачности на Среднем и Южном Урале.— Уч. зап. Пермского ун-та, 1970, вып. 5. № 246.

Молчанов А. А. Гидрологическая роль леса. М.: Изд-во АН СССР, 1960. 485 с.

Небольсин С. И. Роса.— Изв. АН СССР, 1945, т. 9, № 5—6, с. 461—475.

Пульман А. И. Способ наблюдения над изморозью и приспособления для учета ее количества, выраженного в весовых единицах.— Метеорологический бюлл., 1905, № 1, с. 2—3.

Рахманов В. В. Водоохранная роль лесов. М.: Гослесбумиздат, 1962. 234 с.

Справочник по климату СССР, вып. 9. Гололедно-изморозные явления. Свердловск, 1970.

Турков В. Г., Колесников Б. П. Очерк природы Висимского государственного заповедника.— В кн.: Популяционные и биогеоценологические исследования в горных темнохвойных лесах Среднего Урала. Свердловск, 1977, с. 5—46.

Шевелев Н. Н. Перехват вертикальных и горизонтальных осадков в лесах Среднего Урала.— Лесоведение, 1977, № 6, с. 38—46.

Davis R. B. Spruce fir forests of the coast of Maine.— Ecol. Monogr., 1966, vol. 36, N 2.

Grunow I. Erfassung zusätslicher Niederschlagsmessungen am Waldboden ans Nebelablagerungen.— Wetter Leben, 1955, Bd 7, N 8—11.

McIntosh R. P. Fog: an auticipation of ecology.— Ecology, 1958, vol. 39.

Oberlander G. T. Summer fog precipitation in San Francisco Peninsula.— Ecology, 1956, vol. 37.

Olszewcki I. Pozownanie wystepowania rosy w lesie i na terenie otwartym.— Folia forestalia polon., 1966, A, N 12.

Vogelmann H. W., Siccama T., Leedy, Dvitt D. Precipitation from fog moisture in the Green Mountains of Vermont.— Ecology, 1968, vol. 49, N 6.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР · УРАЛЬСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР

ВЗАИМОСВЯЗИ СРЕДЫ И ЛЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА УРАЛЕ 1981

В. И. МАКОВСКИЙ, А. С. ЧИНДЯЕВ, Н. С. МУХИНА

ПОЧВЕННО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ, ПОРОДНЫЙ СОСТАВ И ПРОДУКТИВНОСТЬ БОЛОТНЫХ ЛЕСОВ

В связи с намечающейся перспективой широкого развития гидролесомелиорации в Свердловской области на территории Северского лесничества (в кварталах 42 и 61) Уральского учебно-опытного лесхоза начаты стационарные исследования болотных лесов и опытные работы по лесоосушению. Согласно лесорастительному районированию (Колесников и др., 1973), лесхоз расположен в южнотаежном округе Зауральской холмисто-предгорной провинции. Основная цель стационарных исследований — выявление связи между почвенно-экологическими условиями произрастания различных типов болотных лесов, их породным составом и продуктивностью до осушения, а впоследствии определить лесоводственную эффективность их осушения. Для этого выбран небольшой массив болотных лесов (площадь 32 га) с торфяной залежью, не превышающей 1,5 м. Земляные работы по созданию осушительной сети начаты в зимний период 1976—1977 гг. и закончены осенью 1977 г. Результаты стационарных исследований приведены с мая по декабрь 1976 г., т. е. за период до начала лесоосушения.

На разном расстоянии от будущих осушительных канав в различных типах леса были заложены постоянные пробные площади, на которых выполнены лесоводственно-геоботанические описания, выявлены режим почвенно-грунтовых вод и основные физико-химические показатели корнеобитаемого слоя торфа.

На территории Уральского учебно-опытного лесхоза типологическое описание лесов, в том числе и болотных, выполнено Н. А. Коноваловым (1950). Для более объективного отнесения пробных площадей к определенному типу леса нами определялся воздушно-сухой вес надземной фитомассы травяно-кустарничкового яруса. Для этого на каждой пробной площади отбирались 20 укосных площадок размером по 0,25 м^2. Укосы разбирались на основные компоненты, взвешивались, а результаты взвешивания подвергались статистической обработке. В резуль-

Таблица 1

Физико-химическая характеристика корнеобитаемого слоя торфа

№ пробных площадей	Тип леса	Глубина, см	Зольность, %	Степень разложения, %	pH солевая	Сумма Ca+Mg (Мг-экв.)	Гидролитическая кислотность (Мг-экв.)	Степень насыщенности основаниями, %	Общее содержание, % от абсолютно сухого веса: N	Общее содержание, % от абсолютно сухого веса: P_2O_5
6	Сосняк кустарничково-осоковый	0—10	14,8	18	3,3	50,0	69,5	41,8	1,09	0,35
		10—30	7,6	33	3,5	47,5	72,4	39,5	0,87	0,20
3	Сосняк вейниково-осоковый	0—10	16,8	25	3,9	62,5	57,9	51,9	1,13	0,28
		10—30	14,5	33	4,4	62,5	46,3	57,4	0,99	0,35
14	Сосняк осоковый	0—10	15,0	21	3,9	75,0	52,1	59,0	0,90	0,33
		10—30	14,4	33	4,3	80,0	46,3	63,3	0,80	0,30
10	Ельник хвощово-осоковый	0—10	16,7	21	4,1	65,0	57,9	52,9	1,56	0,50
		10—30	11,4	37	4,5	82,5	52,1	61,3	1,40	0,25
17	Ельник вейниково-осоковый	0—10	26,5	37	4,6	77,5	46,3	62,6	1,53	0,64
		10—30	44,4	53	4,6	82,5	34,7	70,4	1,28	0,43
7	Березняк травяно-осоковый	0—10	19,8	23	4,2	65,0	52,1	55,5	1,51	0,48
		10—30	17,5	36	4,6	87,5	40,5	68,3	1,45	0,44
18	Березняк вейниково-осоковый	0—10	38,5	42	4,5	75,0	40,5	64,9	0,84	0,47
		10—30	49,1	58	4,8	75,7	28,9	72,2	0,76	0,38

Таблица 2

Таксационная характеристика типов леса

№ пробной площади	Тип леса	Состав древостоя	Класс возраста	Высота, м	Диаметр, см	Бонитет	Колич. стволов на 1 га	Сумма площадей сечения, м²/га	Полнота	Запас древесины м³/га	Состав подроста
6	Сосняк кустарничково-осоковый	10Сед. Б	IV	11,6	13	V	1880	25,7	0,88	152	10Бед. ЕС.
3	Сосняк вейниково-осоковый	9С1Еед. Б	IV	13,8	18	V	973	20,6	0,70	136	6Е4Б+С
14	Сосняк осоковый	8С2Б+Е	IV	10,8	12	V	2589		1,08	174	9Е1Б
10	Ельник хвощово-осоковый	7Е2Б1С	VI	12,0	17	Va	1661	32,8	1,37	224	9Е1Б
17	Ельник вейниково-осоковый	4Е5Б1С	VI	15,0	20	V	1000	22,9	0,94	179	9Е1Б+С
7	Березняк травяно-осоковый	6Б3С1Е	VII	13,0	15	IV	1313	29,9	1,21	252	10Е ед. СБ
18	Березняк вейниково-осоковый	10Б	VII	14,3	16	IV	900	16,9	0,94	128	8Е2Б

Таблица 3

Продукция травяно-кустарничкового яруса (г воздушно-сухого веса/0,25 м²)

№ пробной площади	Осоковые	Злаковые	Хвощи	Разнотравье	Кустарнички	Всего	C, %	P, %
6	16,07*	—	—	1,1	8,14	25,31	47,0	10,2
	63,5	—	—	4,4	32,1	100		
3	8,02	6,62	0,8	1,65	1,16	18,25	30,7	6,9
	43,9	36,3	4,4	9,0	6,4	100		
14	11,35	2,25	0,87	1,38	0,23	16,08	40,5	9,1
	70,6	14,0	5,4	8,6	1,4	100		
10	9,56	2,37	4,18	2,11	0,18	18,4	44,6	10,0
	51,9	12,9	22,7	11,5	1,0	100		
17	16,96	8,12	1,19	1,82	—	28,09	52,2	11,7
	60,4	28,9	4,2	6,5	—	100		
7	9,1	2,23	2,2	3,03	0,1	16,66	50,4	11,3
	54,6	13,4	13,2	18,2	0,6	100		
18	21,22	16,28	0,65	2,98	—	41,13	39,1	8,7
	51,6	39,6	1,6	7,2	—	100		

* В числителе — показатель, г, в знаменателе — %.

тате были выделены следующие типы леса, в которых проводились исследования.

Сосняк кустарничково-осоковый (пробная площадь 6). Глубина торфяной залежи 1,5 м. По ботаническому составу верхний метровый слой является древесно-осоково-пушицевым, нижний — древесным. Зольность торфа колеблется от 6,6 до 60,5%, степень разложения — от 18 до 68%. Причем максимальная степень разложения торфа (68%) находится на глубине 30—50 см. Физико-химические показатели корнеобитаемого слоя торфа этого и других типов леса приводятся в табл. 1. Высокая кислотность торфа (pH 3,3—3,5) и низкая степень насыщенности основаниями определили мезотрофные условия произрастания, которым соответствует почти чистый сосновый древостой. Таксационная характеристика древостоев приводится в табл. 2, из которой видно, что сосняк кустарничково-осоковый имеет состав древостоя 10С ед. Б, среднюю высоту 11,6 м, диаметр стволов 13 см, бонитет V, полноту 0,88, запас древесины 152 м³/га (табл. 2). Состав возобновления: ель, сосна, количество — до 300 на 1 га. Подлесок отсутствует. Микрорельеф кочковатый. Кочки образованы пушицей влагалищной (*Eriophorum vaginatum*), но основной фон травостоя дает осока шароплодная (*Carex globularis*), в небольшом обилии произрастает осока плевельная (*C. loliacea*). Болотные и лесные кустарнички представлены багульником (*Ledum palustre*), миртом болотным (*Chamaedaphne calyculata*), клюквой четырехлепестной (*Oxycoccus quadripetalus*), черникой

(*Vaccinium myrtillus*) и брусникой (*Vaccinium vitis-idaea*). Данные по весовому участию осоковых и кустарничков приведены в табл. 3, из которой видно, что по воздушно-сухому весу осоки и пушица составляют 63,5, кустарнички 32,2 и разнотравье 4,3% от общего веса кустарничково-травяного яруса. К последнему относится практически одна морошка (*Rubus chamaemorus*) [1]. Средний вес общей фитомассы равен 25,3 г/0,25 м^2 при коэффициенте вариации (*C*) 47% и точности опыта (*P*) 10,2%. В пересчете на 1 га, без учета суммы площадей сечения древостоя, продукция травяно-кустарничкового яруса составляет 11,2 ц. Моховой покров выражен слабо. По микроповышениям произрастает плевроциум Шребера (*Pleurozium Schreberi*), по понижениям — политрихум обыкновенный (*Polytrichum commune*). Редко встречается сфагнум узколистный (*Sphagnum angustifolium*).

Сосняк вейниково-осоковый (пробная площадь 3), глубина торфа до 1,5 м. Но верхние 0,75 м сложены древесно-осоковым низинным видом торфа, ниже — древесным с остатками древесины и коры сосны и ели. Зольность торфа 12,8—16,9% и только в придонном слое она достигает 33,1%. Минимальная зольность (12,8%) находится на глубине 75—100 см. Степень разложения торфа 25—46%. По кислотности (pH 3,9—4,4) и степени насыщенности основаниями (51,9—57,4%) условия произрастания древесных пород и травяного яруса несколько лучше, чем в предыдущем типе леса. Это и определило присутствие ели в сосновом древостое, состав которого 9С1Е ед. Б, высота 13,8 м. Более полная таксационная характеристика приводится в табл. 2. Возобновление 10Е + СБ до 3000 на га. В подлеске редко произрастает шиповник иглистый (*Rosa acicularis*). Микрорельеф кочковатый. В травяном ярусе преобладают осока пузырчатая (*C. vesicaria*) и вейник пурпурный (*Calamagrostis purpurea*), присутствуют также осоки шароплодная, плевельная и двусемянная (*C. disperma*), хвощ лесной (*Equisetum sylvaticum*). Разнотравье представлено небольшим обилием сабельника (*Comarum palustre*), раковой шейки (*Polygonum bistorta*), рамишией однобокой (*Ramischia secunda*), седмичником (*Trientalis europaea*). Из кустарничков произрастают багульник, кассандра, клюква четырехлепестная, черника и костяника хмелелистная (*Rubus humilifolius*). Проективное покрытие мохового покрова не превышает 20%, произрастают политрихум обыкновенный и плевроциум Шребера.

Продукция надземной фитомассы травяно-кустарничкового яруса 18,25 г/0,25 м^2 (7,3 ц/га) при *C*=30,7 % и *P*=6,9 %. Осоки составляют 43,9, а вейник 36,3 % от воздушно-сухого веса фитомассы. Остальные 19,8 % приходятся на продукцию хвоща, разнотравья и кустарничков (см. табл. 3).

---

[1] Латинские названия растений приводятся по «Флоре...» (1974—1975).

Сосняк осоковый (пробная площадь 14) произрастает на торфяной залежи глубиной 1,5 м. Верхние 25 см сложены древесно-сфагновым видом торфа с большим содержанием остатков сфагнума центрального (*Sphagnum centrale*). Далее, до метровой глубины, залегает древесно-осоковый, ниже древесный низинный торф. Зольность залежи 12,5—16,7 %, степень разложения 21—56 %, pH солевая корнеобитаемого слоя торфа 3,9—4,3. По минеральному питанию лесорастительные условия близки к предыдущему типу леса. Несколько повышенное содержание суммы поглощенных оснований (см. табл. 1) определило и более высокую степень насыщенности основаниями (59—63 %). Состав древостоя 8С2Б+Е, средняя высота древостоя 10,8 м, диаметр деревьев 12,4 см, бонитет V, полнота 1,08, запас древесины 174 м³/га. Возобновление 9Е1Б до 3500 шт. на 1 га. В подлеске редко произрастает шиповник иглистый. Микрорельеф слабокочковатый.

В травостое исключительно преобладает осока шароплодная (cop_2), которой в небольшом обилии сопутствуют осоки плевельная и двусемянная. Продукция осок составляет 70,6 % от общей фитомассы травяно-кустарничкового яруса. На втором месте по продукции вейник пурпурный (14 %). Значительное участие принимают костяника хмелелистная (6,3 %) и хвощ лесной (5,4 %). На все остальное разнотравье — раковая шейка, линнея бореальная (*Linnaea borealis*), майник (*Majanthemum bifolium*), седмичник и кустарнички — приходится только 3,7 %. Общая продукция травяно-кустарничкового яруса 16,08 г/0,25 м² (6,4 ц/га) при C=40,5 % и P=9,1 %. Моховой покров, как и в других типах леса, развит исключительно слабо.

Ельник хвощово-осоковый (пробная площадь 10) приурочен к торфяно-болотной почве с глубиной торфа до 75 см, сложенной осоковым низинным, в придонной части древесным видом торфа. Зольность 11,4—26,2 %, степень разложения торфа 20—58 %. Относительно благоприятные условия минерального питания (см. табл. 1) и положение на контакте с суходольными лесами определили еловый состав древостоя 7Е2БІС, средняя высота ели 12 м, диаметр 17 см, бонитет Va, полнота 1,37, запас древесины 224 м³/га. В подросте 9Е1Б до 2500 на 1 га. Микрорельеф кочковатый. Основными компонентами травостоя являются осока дернистая и хвощ лесной. Первый составляет 52 % воздушно-сухого веса надземной фитомассы травостоя, второй — 22,7 %. В разнотравье более половины веса приходится на костянику хмелелистную (см. табл. 2). Общая продукция описываемого яруса 18,4 г/0,25 м² или 7,36 ц в пересчете на 1 га (C=44,6 % и P=10 %).

Ельник вейниково-осоковый (пробная площадь 17) приурочен к древесно-осоковой торфяной залежи глубиной до 1 м, с высокой зольностью (20,5—44,4 %) и хо-

рошей степенью разложения торфа (от 40 до 70 %). Относительно невысокая кислотность торфа, хорошие условия минерального питания определили довольно сложный состав древостоя 4Е5БІС, бонитет V, полноту 0,94, запас древесины 179 м³/га. В подросте 9Е1Б+С до 6,5 тыс. на 1 га. Подлесок представлен шиповником иглистым, рябиной обыкновенной и можжевельником (*Juniperus communis*). Микрорельеф крупнокочковатый. Основными компонентами травяного яруса являются осоки дернистая, шароплодная (60,4 %) и вейник пурпурный (28,9 %). Хвощи лесной и обыкновенный по воздушносухому весу занимают 4,2 %, разнотравье 6,5 %. Сюда входят сабельник, лабазник (*Filipendula ulmaria*), вербейник обыкновенный (*Naumburgia vulgaris*), костяника хмелелистная, седмичник, майник и др. Общая продукция травяного яруса 28,09 г/0,25 м² (11,2 ц/га) при C=52,2 % и P=11,7 %.

Березняк травяно-осоковый (пробная площадь 7) имеет близкие экологические условия произрастания с предыдущим типом леса, но на более глубокой торфяной залежи — до 1,5 м — наблюдается преобладание березы, присутствие сосны и ели в древостое. Высота березы 13 м, диаметр 15 см, бонитет IV, полнота 1,21, запас древесины 252 м³/га. В подросте 10Е ед. С,Б. В подлеске произрастают шиповник, рябина и можжевельник. Микрорельеф крупнокочковатый.

В кустарничково-травяном ярусе преобладают осоки дернистая, шароплодная, двусемянная, встречается также и осока топяная (*C. limosa*). По весовому участию осоки составляют 54,6 % от общего веса травостоя, злаки и хвощи соответственно 13,4 и 13,2 %. Среди злаков наряду с вейником пурпурным отмечены тростник (*Phragmites australis*) и ожика волосистая (*Luzula pilosa*). Разнотравье занимает 17,7 % от общего веса травостоя. Оно представлено сабельником, лабазником, вербейником обыкновенным, кочедыжником женским, костяникой хмелелистной, подмаренником цепким (*Galium aparine*) и др. Кустарнички принимают незначительное участие. Общая продукция травяно-кустарничкового яруса 16,66 г/0,25 м² (6,6 ц/га) при C=50,4 % и P=11,3 %.

Березняк вейниково-осоковый (пробная площадь 18) расположен на окраине торфяного массива и граничит с заболоченным лугом. Почва торфянисто-подзолисто-глеевая со слоем торфа 20 см, зольностью 38,5—49,1 % (см. табл. 1) и высокой степенью разложения. По кислотности почвы, степени насыщенности основаниями и минеральному питанию лесорастительные условия достаточно благоприятны для произрастания как березы, так и ели. Этим и объясняется присутствие елового возобновления в березняке, наблюдаемая здесь смена березы на ель. Состав древостоя 10Б, высота 14,3 м, средний диаметр стволов 16 см, бонитет IV, полнота 0,94, запас древесины 128 м³/га. В подросте 8Е2Б до 2500 на 1 га. В под-

Таблица 4

Уровень почвенно-грунтовых вод по месяцам, см

№ пробной площади	Тип леса	Месяц									Среднее за V—IX
		IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
6	Сосняк кустарничково-осоковый	5,0	7,7	17,3	17,6	28,0	51,0	57,0	63,3	84,0	24,9
3	Сосняк вейниково-осоковый	4,0	6,7	13,0	13,0	20,0	40,0	42,7	50,6	56,0	18,5
14	Сосняк осоковый	0,0	7,0	14,6	16,0	25,3	49,5	51,0	55,3	60,0	18,5
10	Ельник хвощово-осоковый	2,0	6,7	14,0	13,3	17,3	38,0	28,0	28,3	34,0	18,1
17	Ельник вейниково-осоковый	4,0	8,0	14,0	13,3	17,3	38,0	28,0	28,3	34,0	18,1
7	Березняк травяно-осоковый	1,0	6,7	11,3	13,0	20,0	38,5	37,0	40,0	46,0	17,9
18	Березняк вейниково-осоковый	3,0	5,3	13,0	14,3	22,6	30,0	29,0	30,6	25,0	17,0

леске редко произрастает ива (*Salix* sp.). Микрорельеф крупнокочковатый. Основными компонентами травостоя являются осока дернистая (51,6 %), вейник (29,1 %), тростник (10,5 %). Из разнотравья произрастают лабазник, кочедыжник женский, хвощ обыкновенный, дудник лесной (*Angelica sylvestris*), редко княженика (*Rubus arcticus*), фиалка (*Viola epipsila*), седмичник, майник и др.

Характеристика пробных площадей показывает, что участок осушения разнообразен как в типологическом отношении, так и по составу древостоя и другим таксационным показателям. Здесь имеются чистые сосновые, еловые, березовые древостои, смешанные сосняки с березой и елью, ельники с березой, березняки с сосной IV—Va бонитета, IV—VII классов возраста. Глубина торфа не превышает 1,5 м. Залежь имеет высокую зольность и хорошую степень разложения.

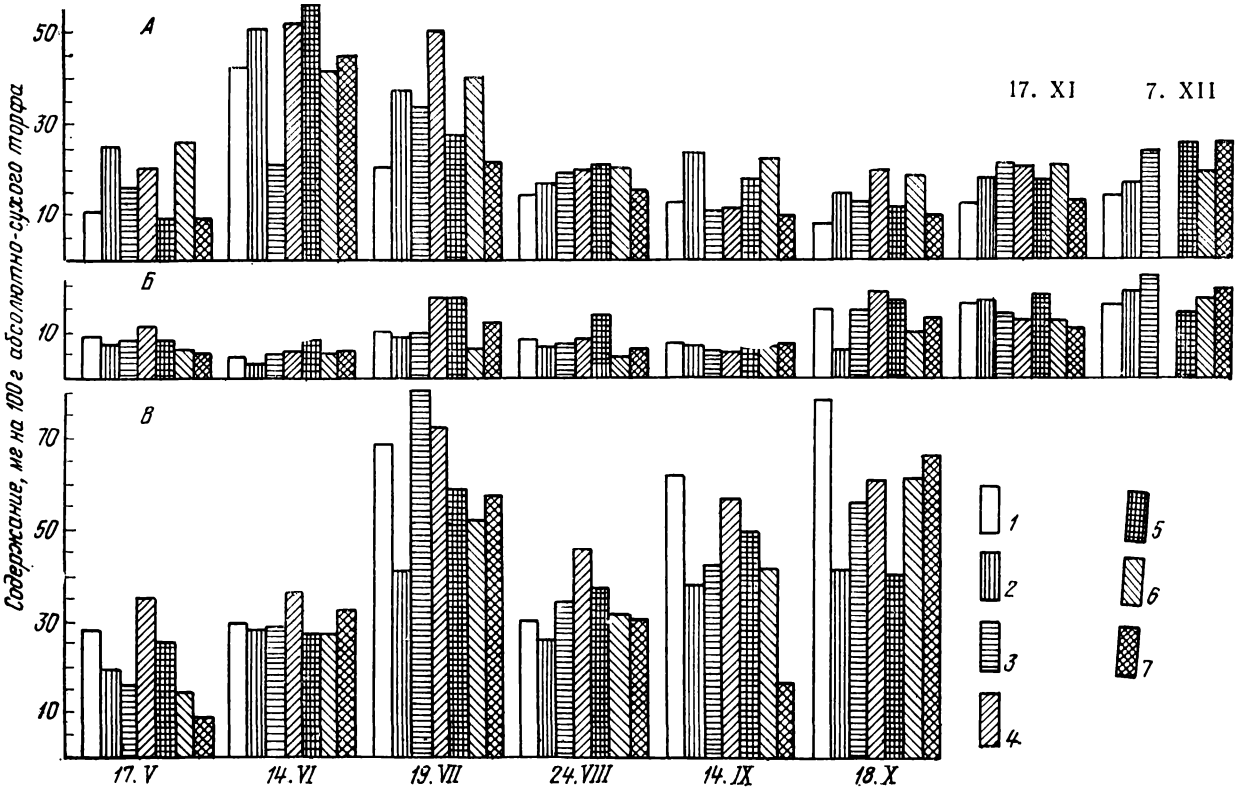
Одной из причин низкой производительности болотных лесов является высокое залегание почвенно-грунтовых вод в течение вегетационного периода. По данным наблюдений за 1976 г. (табл. 4) уровень почвенно-грунтовых вод с мая по сентябрь не опускался ниже 51 см. В среднем за вегетационный период (май — сентябрь) уровень их стояния колебался от 17 (№ 18) до 25 (№ 6) см. Максимальный подъем почвенно-грунтовых вод наблюдался в третьей декаде апреля, когда уровень воды достигал нулевых отметок. Максимальное понижение грунтовых вод за время наблюдений отмечено в декабре. В период интенсивного роста древостоев (май — июль) грунтовые

воды не опускались ниже 17—18 см, несмотря на то, что вегетационный период 1974—1976 гг. был засушливым.

Наряду с гидрологическим режимом на продуктивность болотных лесов и особенно лесохозяйственную эффективность осушения большое влияние оказывают физико-химические свойства торфа (Пьявченко, 1963; Вомперский, 1968; Вомперский, и др., 1975). Если в условиях постоянно обильного увлажнения богатство торфа азотом и элементами зольного питания часто имеет подчиненное значение, то на осушенных лесных площадях в комплексе лесорастительных условий оно приобретает роль ведущего экологического фактора. Без предварительного изучения физико-химических свойств корнеобитаемого слоя торфа трудно составить квалифицированный прогноз лесоводственной эффективности осушения того или иного типа леса. Наибольшее значение при этом имеют такие показатели, как зольность, степень разложения торфа, pH солевой вытяжки, степень насыщенности основаниями и другие, представленные в табл. 1.

По зольности и степени разложения корнеобитаемого слоя торфа все рассмотренные выше типы леса перспективны для осушения, в том числе и сосняк кустарничково-осоковый, имеющий минимальную зольность 7,6 % на глубине 10—30 см. Высокая зольность торфяной залежи массива в целом объясняется его положением у подножия склона. Показатели pH, суммы поглощенных оснований, степени насыщенности основаниями позволяют отнести сосняк кустарничково-осоковый к мезотрофному, а остальные — к евтрофному или даже к евтроф-мезотрофному типу. Последнее подтверждается еще и тем, что содержание общего азота относительно невелико и колеблется в пределах 0,76—1,56 % от абсолютно сухого веса торфа. По крайней мере, оно несколько ниже, чем в типично евтрофных типах леса. Но общее содержание фосфора достаточно велико.

Динамика подвижных форм азота, фосфора и калия приведена на рисунке и в табл. 5. В различных типах леса содержание подвижного азота неодинаково, но сезонная динамика его имеет относительно общую тенденцию. На всех пробных площадях отмечены два минимума: майский и осенний (сентябрь — октябрь). Первый объясняется, по-видимому, сохранением мерзлоты на глубине 25—30 см в период отбора образцов, следовательно, низкой температурой и высокой влагонасыщенностью корнеобитаемого слоя торфа. Осенний минимум объяснить несколько сложнее. Анализ опубликованных по этому вопросу материалов (Пьявченко, Сибирева, 1962; Пьявченко, 1967; Шадрина, 1970) позволяет предполагать, что в течение сентября — октября произойдет увеличение запасов подвижного азота в торфе вследствие окончания вегетационного периода и повышения уровня грунтовых вод. В нашем случае этого не получилось.



Динамика подвижных форм азота (*А*), фосфора (*Б*) и калия (*В*).

1—3 — сосняки: *1* — кустарничково-осоковый, *2* — вейниково-осоковый, *3* — осоковый; *4*, *5* — ельники: *4* — хвощово-осоковый, *5* — вейниково-осоковый; *6*, *7* — березняки: *6* — травяно-осоковый, *7* — вейниково-осоковый.

Таблица 5

Содержание подвижных форм азота (NH_4), фосфора (P_2O_5) и калия (K_2O) в слое торфа 0—30 см, мг на 100 г сухого торфа

Подвижное вещество	17.V	14.VI	19.VII	24.VIII	14.IX	18.X	17.XI	7.XII	Среднее за вегетационный период	Среднее за срок наблюдений
*Сосняк кустарничково-осоковый (6)**										
Азот	11,25	42,21	20,26	14,61	12,34	8,29	13,23	13,61	20,13	16,97
Фосфор	9,11	3,72	10,51	9,33	7,85	15,95	17,38	17,37	8,10	11,40
Калий	28,62	30,11	69,24	30,55	62,56	78,91	—	—	—	50,00
Сосняк вейниково-осоковый (3)										
Азот	24,13	50,90	37,60	16,98	23,57	14,80	18,25	17,11	30,64	25,42
Фосфор	6,99	2,52	9,59	6,86	6,76	7,44	18,94	20,14	6,54	9,90
Калий	19,32	27,80	41,93	26,15	37,69	40,96	—	—	—	32,31
Ельник осоковый (14)										
Азот	14,84	20,89	32,75	19,54	9,85	12,14	22,12	24,37	19,57	19,56
Фосфор	8,97	4,36	10,39	7,88	6,31	14,89	14,11	23,04	7,58	11,24
Калий	15,82	29,42	81,53	35,41	42,86	56,77	—	—	—	43,63
Ельник хвощово-осоковый (10)										
Азот	20,44	52,49	50,82	19,86	11,26	20,27	21,10	—	30,97	28,06
Фосфор	11,13	5,61	18,19	9,61	6,05	19,87	12,79	—	10,12	11,83
Калий	34,83	37,43	73,21	42,24	57,89	62,54	—	—	—	51,35
Ельник вейниково-осоковый (17)										
Азот	8,14	55,62	27,27	21,22	17,91	10,68	17,30	26,26	26,03	23,03
Фосфор	8,69	8,10	18,26	14,14	8,72	17,80	18,03	15,53	11,58	13,67
Калий	19,68	27,27	59,12	37,87	50,46	40,30	—	—	—	39,12
Березняк травяно-осоковый (7)										
Азот	26,35	40,89	36,18	20,14	21,70	19,00	20,63	18,35	29,05	25,41
Фосфор	6,12	4,99	6,47	5,56	7,40	10,78	12,79	18,50	6,11	9,08
Калий	14,17	27,28	47,43	31,75	42,32	63,06	—	—	—	37,66
Березняк вейниково-осоковый (18)										
Азот	8,66	45,64	21,19	14,82	8,54	9,35	10,33	26,89	19,77	18,17
Фосфор	4,76	5,69	11,61	7,31	8,00	14,18	11,18	30,45	7,47	11,64
Калий	8,05	32,95	52,64	33,21	16,96	67,70	—	—	—	35,25

* В скобках — № пробной площади.

Таблица 6

Температура воздуха и осадки за 1976 г. по метеостанции г. Свердловска

Показатель	Месяц												За год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Температура, °С	—12,3	—16,2	—7,3	5,8	11,6	18,2	15,8	16,9	9,2	—5,9	—7,9	—12,3	1,3
Осадки, мм	37	10	2	12	40	43	97	58	37	18	25	8	387

Если обратиться к метеоданным 1976 г. (табл. 6) и динамике уровня грунтовых вод (см. табл. 3), то станет очевидным, что осенний минимум подвижного азота связан с относительно теплым и не очень влажным сентябрем, низким уровнем стояния почвенно-грунтовых вод и, следовательно, с улучшенной аэрацией почвы. Август и первая половина сентября были теплыми. Первые осенние заморозки отмечены только 19 и 20 сентября. Все это способствовало увеличению сроков вегетации растительности и микробиологической деятельности в торфе, которые привели к минимальному содержанию подвижного азота. Вторая половина сентября и октябрь оказались исключительно холодными. Наступило резкое и устойчивое похолодание, но с малым количеством осадков. Если 17 сентября среднесуточная температура была 13,5°, то 20 она снизилась до 1,2°. Октябрь оказался самым холодным за весь 140-летний период наблюдений на Урале — на 4—8° ниже среднемноголетней нормы. С 8 октября установилась устойчивая отрицательная среднесуточная температура воздуха, на 13—16 дней раньше среднемноголетних сроков. Устойчивый снежный покров появился на 25—28 дней раньше обычного, и к концу октября его высота достигла более 10 см. Но к моменту отбора образцов (18 октября) торф под пологом леса еще не был мерзлым, а почвенно-грунтовые воды находились на глубине от 28 до 57 см, т. е. на уровне нижней границы корнеобитаемого слоя и глубже. Видимо, это обстоятельство, за некоторым исключением, и не привело к резкому увеличению содержания подвижного азота. Увеличение его наблюдалось по мере промерзания корнеобитаемого слоя торфа.

Летний максимум подвижного азота в большинстве типов леса отмечен в июне. Он соответствует относительно высокому стоянию почвенно-грунтовых вод в протаявшем торфе. Исключение составили сосняк осоковый, где максимум азота приходился на июль, и ельник хвощово-осоковый, у которого максимум содержания подвижного азота растянут на июнь и июль.

В динамике подвижного фосфора довольно часто наблюдается повышенное содержание его в мае в условиях сохранившейся мерзлоты, июньский минимум и вновь июльский максимум. Несколько пониженное содержание фосфора в мае отмечено только в березняке вейниково-осоковом, в котором торфянистый горизонт не более 20 см. В августе — сентябре запасы подвижного фосфора везде снижаются, а с октября вновь увеличиваются. Максимум их отмечен в декабре, т. е. в промерзшем торфе. Максимумы подвижного калия приходятся на июнь и октябрь. В зимнее время запасы подвижного калия определить не удалось.

Таким образом, даже поверхностный анализ динамики подвижных форм азота, фосфора и калия показывает, что колебания их запасов зависят не только от интенсивности их по-

требления растительностью, связанной с уровнем почвенно-грунтовых вод, но и от температурного режима торфа, в частности, от сроков его промерзания. Осенью содержание подвижных форм азота, фосфора и калия увеличивается по мере промерзания корнеобитаемого слоя торфа.

Выводы

1. В Уральском учебно-опытном лесхозе для лесоосушения выбран массив болотных лесов, разнообразный как в типологическом отношении, так и по составу древостоев и другим таксационным показателям. Здесь произрастают три типа сосняков, два — ельников и два — березняков IV—VII классов возраста, IV—Va бонитета на высокозольной торфяной залежи, не превышающей 1,5 м глубины.

2. Уровень почвенно-грунтовых вод перед осушением в течение вегетационного периода 1976 г. колебался от 17 до 25 см. В апреле, перед началом вегетации, он достигал нулевых отметок. Максимальное понижение почвенно-грунтовых вод отмечено в декабре, достигшее в отдельных типах леса 60—84 см.

3. Несмотря на то, что торф обладает высокой зольностью, по составу травяно-кустарничкового яруса и физико-химическим свойствам корнеобитаемого слоя торфа один тип леса — сосняк кустарничково-осоковый — относится к мезотрофному, остальные — к евтроф-мезотрофному типу питания. Все они имеют относительно высокую кислотность торфа, невысокие показатели степени насыщенности основаниями и содержания общего азота.

4. Содержание подвижных форм азота, фосфора и калия в различных типах леса неодинаково, но сезонная динамика их имеет относительно общие тенденции. В мае зарегистрирован весений минимум азота и максимум фосфора, в июне, наоборот, максимум азота и минимум фосфора. Второй минимум азота отмечен в осенние (сентябрь — октябрь) месяцы. Зимний период отличается повышенным содержанием подвижного азота и особенно фосфора. Максимум калия приходится на июль.

5. Динамика подвижных форм азота, фосфора и калия зависит не только от интенсивности их потребления, связанной с уровнем почвенно-грунтовых вод, но и от температурного режима торфа, в том числе и мерзлоты.

ЛИТЕРАТУРА

Вомперский С. Э. Биологические основы эффективности лесоосушения. М.: Наука, 1969. 312 с.

Вомперский С. Э., Сабо Е. Д., Формин А. С. Лесоосушительная мелиорация. М.: Лесная промышленность, 1975. 296 с.

Колесников Б. П., Зубарева Р. С., Смолоногов Е. П. Лесорастительные ус-

ловия и типы лесов Свердловской области. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1973. 176 с.

Коновалов Н. А. Очерк типов леса Уральского учебно-опытного лесхоза.— В кн.: Уральский учебно-опытный лесхоз. Свердлгиз, 1950, с. 41—67.

Пьявченко Н. И. Лесное болотоведение. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 191 с.

Пьявченко Н. И. Некоторые итоги стационарного изучения взаимоотношений леса и болота в Западной Сибири.— В кн.: Взаимоотношения леса и болота. М.: Наука, 1967, с. 7—42.

Пьявченко Н. И., Сибирева З. А. Некоторые результаты стационарного изучения взаимоотношения леса и болота в подзоне средней тайги.— Труды Ин-та леса и древесины СО АН СССР, 1962, т. 53, с. 174—203.

Флора Северо-Востока европейской части СССР. Л.: Наука, 1974—1975.

Шадрина Н. И. Динамика питательных веществ в связи с гидрологическим режимом почв болотных лесов южнотаежного Зауралья.— В кн.: Лесообразовательные процессы на Урале. Свердловск: УФАН СССР, 1970, с. 117—123.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР · УРАЛЬСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР

ВЗАИМОСВЯЗИ СРЕДЫ И ЛЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА УРАЛЕ 1981

Б. А. МИРОНОВ

ОСОБЕННОСТИ РОСТА СОСНЫ В РАЗНЫХ ТИПАХ ЛЕСА ЮЖНОГО УРАЛА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ГИДРОТЕРМИЧЕСКОГО РЕЖИМА

Известно, что климатические и метеорологические факторы оказывают существенное влияние на сезонный и годичный рост деревьев. Но особенности взаимосвязей процессов роста с этими факторами в разных физико-географических условиях и особенно в горных районах еще далеко не ясны. Наша работа проводилась на Южном Урале, в Ильменском заповеднике (Восточно-Уральская провинция предгорных сосново-березовых лесов: Колесников, 1961).

Целью работы было выявление роли основных абиотических факторов в функционировании наиболее распространенных и типичных для провинции лесных биогеоценозов и, в частности, установление взаимосвязей между особенностями роста деревьев в разных лесорастительных условиях и гидротермическим режимом.

Климат района исследований может быть охарактеризован как умеренно континентальный. Осадков выпадает в среднем 450 мм в год с колебаниями в многолетнем цикле от 240 до 750 мм. На теплый период года приходится 80 % годового количества осадков, отношение осадков к испарению равно 0,95. Среднегодовая температура воздуха 1,9 °С.

Объектами исследований были спелые высокополнотные сосняки сухой, периодически сухой и свежей групп типов лесорастительных условий. Здесь будут рассмотрены результаты исследований в сосняках, принадлежащих к наиболее распространенным и характерным типам леса в этих лесорастительных условиях: брусничном (сухой), ягодниковом (периодически сухой) и разнотравно-орляковом (свежий). Стационарные пробные площади расположены на высотах 365—400 м над ур. м. в сосняке брусничном, 330—355 м — в сосняке ягодниковом и 320—325 м — в сосняке разнотравно-орляковом, на верхних, средних и нижних частях восточных склонов хребта соответственно.

В каждом типе леса с 1971 по 1976 г. изучали режимы температуры и влажности почвы и приземного слоя воздуха, атмо-

сферные осадки, динамику опада и разложения подстилки, прирост деревьев по диаметру и ряд других процессов. Сезонный прирост стволов деревьев по диаметру изучали методом высечек (Молчанов, Смирнов, 1967) с декадным сроком между наблюдениями. Для определения сроков начала роста по диаметру весной наблюдения вели с двух-трехдневным интервалом. В качестве модельных брали на каждой пробной площади по два дерева I, II, III и IV классов роста по Крафту. Начало роста определяли на специальных модельных деревьях в целях сохранения основных моделей.

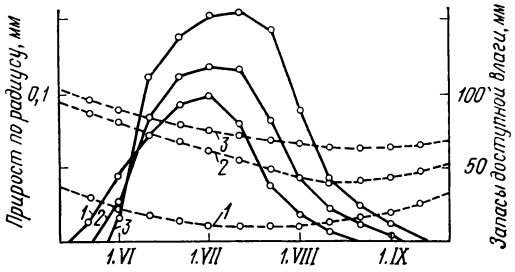


Рис. 1. Декадный прирост стволов в сосняках (*сплошная линия*) и влагообеспеченность (*штриховая*) по средним данным 1971—1976 гг.

1 — сосняк-брусничник, *2* — сосняк ягодниковый, *3* — сосняк разнотравно-орляковый.

Исследования многолетнего хода роста стволов по диаметру проводили на образцах, взятых в каждом типе леса от 20 модельных деревьев средних и высших рангов, которые наиболее четко отражают изменения прироста всего древостоя в зависимости от метеорологических условий (Комин, 1970). Образцы отбирали приростным буравом на высоте 1,3 м.

Как установлено нашими исследованиями (Миронов, 1961), влагообеспеченность в изучаемом районе — ведущий экологический фактор, определяющий продуктивность насаждений. Это связано как с соотношением количества выпадающих осадков и испарением, так и с маломощными каменистыми недостаточно влагоемкими горными почвами. Максимальные запасы доступной влаги в корнеобитаемом слое почв в сосняке-брусничнике составляют 50 мм, в ягодниковом — 110 мм и в разнотравно-орляковом — 140 мм. В соответствии с этим средний прирост стволовой древесины в сухих сосняках составляет 1,4, в периодически сухих 3,3 и в свежих 3,6 м³/га.

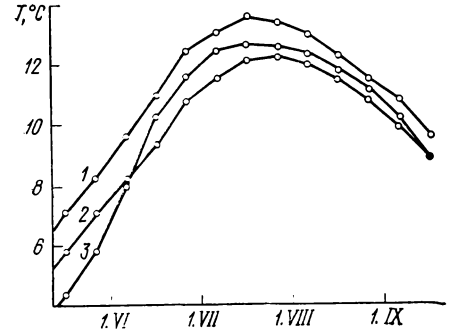


Рис. 2. Температура почвы в слое 0—30 см (средняя за 1971—1976 гг.).

1 — сосняк-брусничник, *2* — сосняк ягодниковый, *3* — сосняк разнотравно-орляковый.

Многолетнее параллельное изучение сезонного роста стволов по диаметру и хода температуры и влажности почвы позволило выявить ряд закономерностей. Так,

рост сосны по диаметру в сухих типах леса начинается в среднем на 10—12 дней раньше, чем в свежих, и заканчивается также несколько раньше, как это видно из рис. 1. Сопоставление хода прироста стволов по диаметру с динамикой температуры почвы (в типах леса, показанных на рис. 2) обнаруживает их хорошее соответствие в начале вегетационного периода. Можно констатировать, что различия в сроках начала роста сосны по диаметру в разных типах леса определяются преимущественно температурным режимом.

Детальный анализ сезонного роста стволов по диаметру показывает, что примерно с середины июня он находится в зависимости преимущественно от изменений запасов доступной влаги в почве. Данные, представленные на рис. 1, показывают, что запасы доступной влаги в почве в сосняке-брусничнике минимальны и весенняя влага быстро истощается, это ставит растительность в зависимость от частоты выпадения летних осадков и их количества. В соответствии с этим прирост стволов по диаметру здесь меньше, чем в свежем сосняке разнотравно-орляковом, в полтора раза и ростовые процессы заканчиваются раньше. Также раньше наступает пик прироста, приходящийся на конец июня — начало июля, в то время как в сосняке разнотравно-орляковом он наступает в середине июля.

Обращает на себя внимание асимметричность кривой роста стволов по диаметру: ее подъем более медленный, чем спад после достижения максимума. Эта закономерность характерна для всех исследованных типов леса. В отдельные годы, в зависимости от погодных условий и главным образом от частоты и количества летних осадков, в сухих сосняках может наблюдаться два максимума прироста по диаметру, в то время как в свежих ход прироста более выравнен и кривая прироста в годы наблюдений всегда была одновершинной.

Погодичное сопоставление динамики запасов доступной влаги в корнеобитаемом слое почвы и хода нарастания годичного кольца показывает их хорошее соответствие во всех исследованных сосняках. Таким образом, в сухих сосняках по сравнению со свежими наблюдается сокращение времени наиболее интенсивного роста по диаметру, его сдвиг на более ранние сроки и приуроченность к периоду наиболее благоприятного увлажнения. Имеются также различия между типами леса в общей длительности периода активности камбия, более короткого в сухих сосняках.

По исследованиям Ю. Д. Абатурова (1961), в изучаемом районе запасы питательных веществ в почвах не лимитируют роста древостоев. Из этого очевидно, что отмеченные выше особенности сезонного роста сосны по диаметру в разных типах леса определяются преимущественно гидротермическим режимом. В весенний период решающими являются термические условия, а в середине и в конце вегетационного периода —

условия увлажнения. Подобная закономерность выявлена В. В. Смирновым (1964) в древостоях Севера европейской части СССР.

Аналогичные различия в сроках начала роста между разными типами леса наблюдаются в наших условиях и для прироста подроста в высоту, но разрыв здесь не превышает 6—7 дней.

Из особенностей сезонного роста сосны по диаметру в рассматриваемом районе следует отметить также более раннее его начало у деревьев I и II по сравнению с деревьями III и IV классов. Заканчивают рост первыми деревья I и IV классов, а средние — обладают наибольшей продолжительностью роста. А. Е. Митруков (1976) для лишайниковых сосняков Южной Карелии отмечал более раннее окончание роста у деревьев низших рангов. Можно предположить, что в нашем случае раннее окончание роста у деревьев I класса объясняется относительно большим возрастным снижением у них общей энергии роста по сравнению со средними деревьями.

Следует отметить, что разница в величине сезонного прироста по диаметру у деревьев разных классов роста зависит от типа лесорастительных условий и максимальна она в сосняке ягодниковом (периодически сухом), а минимальна в сосняке-брусничнике (сухом). По абсолютной величине в спелых сосняках (130 лет) сезонный прирост по диаметру деревьев I класса меньше чем II, у которых прирост самый высокий и длительность периода роста также наибольшая. Во всех типах леса разногодичные колебания в сезонном приросте по диаметру минимальны у деревьев средних классов (II и III) и максимальны у деревьев I и IV классов. С. А. Каздаев (1974) также отмечал большое снижение прироста сосны от засух у господствующих деревьев по сравнению со средними.

Следует подчеркнуть, что указанные ранее особенности сезонного роста сосны по диаметру прослеживаются во все годы наблюдений, среди которых были и годы с повышенным против среднего многолетним количеством осадков (1972 и 1976) и засушливые годы, например 1975, когда выпало всего 240 мм осадков. Это позволяет говорить о том, что отмеченные различия между типами леса в ритмике и интенсивности сезонных ростовых процессов, обусловленные особенностями гидротермического режима в каждом из них, стабильны, т. е. относительно независимы от колебаний отдельных составляющих этого режима в многолетнем цикле.

Сопоставление содержания влаги в почве и прироста стволов по диаметру показывает, что в сухих сосняках летние засухи сказываются на приросте в тот же вегетационный период, и их последействие прослеживается и в следующие годы. Такие сильные засухи, как в 1975 г., вызывают опадение почти всей хвои старше двухлетнего возраста, отмирание части кор-

невых систем, особенно сосущих окончаний корней. Наиболее интенсивны эти явления в сухих сосняках. Для регенерации утраченных частей ассимиляционного аппарата и корневых систем и нормализации физиологических процессов, нарушенных засухой, требуется значительное время, часто больше одного вегетационного периода. Именно этим можно объяснить длительное последействие засух, особенно выраженное в сухих сосняках.

В свежих сосняках действие засух на прирост по диаметру прослеживается не всегда, а лишь при значительном иссушении почвы, что при сравнительно высокой влагоемкости почвы и достаточных весенних запасах влаги в ней бывает лишь во второй половине вегетационного периода, когда, как правило, заканчивается наиболее интенсивный рост по диаметру. Вследствие этого снижение прироста чаще всего не бывает значительным. Если же возникший в почве дефицит влаги не восполняется на следующий год и в период весеннего снеготаяния почва не насыщается влагой до полевой влагоемкости, то по условиям увлажнения свежие типы леса сближаются с сухими. В этом случае снижение против среднего многолетнего количества летних осадков приводит и в свежих сосняках к падению прироста по диаметру.

Таким образом, в сухих сосняках засухи оказывают влияние на прирост сосны по диаметру как в год засухи, так и последующие годы. В свежих типах леса не очень сильные засухи могут заметно не сказываться на приросте, и только при повторении засухи в следующем году происходит заметное снижение прироста.

Метеорологические данные по району исследований имеются только с 1928 г. Сопоставление данных по годовому количеству осадков и приросту сосны по диаметру за период 1928—1974 гг. не выявило их прямого погодичного соответствия. Синхронность в ходе осадков и прироста в сухих сосняках не превышает 58, а в свежих 50 %. Отсутствие четкой погодичной связи между метеопоказателями и приростом отмечали В. В. Смирнов (1964), Л. А. Кайрюкштис, А. И. Юодвалькис (1970) и другие исследователи.

Отсутствие четкой погодичной связи прироста с осадками можно частично объяснить отмеченным выше последействием почвенных засух. Об этом свидетельствует то, что в годы с сильно пониженным количеством атмосферных осадков прирост сосны по диаметру почти всегда падает, но повышенному количеству осадков далеко не всегда соответствует увеличение прироста, что особенно часто наблюдается в сухих сосняках.

Не прослеживается четкой связи и между ходом прироста по диаметру и температурами воздуха. Непосредственная видимая погодичная связь прироста сосны по диаметру не выявлена не только со среднегодовыми метеорологиечскими показателя-

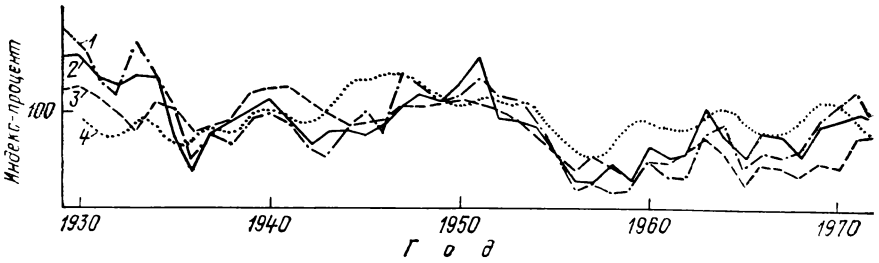


Рис. 3. Связь прироста стволов по диаметру с осадками. Прирост в индекс-процентах, средний по 20 модельным деревьям.

1 — сосняк-брусничник, *2* — сосняк ягодниковый, *3* — сосняк разнотравно-орляковый; *4* — осадки в индекс-процентах, скользящая средняя.

ми, но и с данными за тот или иной сезон или период. Построение графиков многолетнего хода прироста по диаметру в индекс-процентах, осредненных по 20 модельным деревьям, сопоставление их с ходом годовых и сезонных метеопоказателей и подсчет синхронных изменений между ними дает цифру, близкую к 50 %. Однако, если взять многолетний ход метеорологических показателей, сглаженный по методу скользящей средней, то выявляется цикличность, например, в колебаниях количества выпадающих атмосферных осадков. Сопоставление такой кривой с осредненным приростом стволов по диаметру (рис. 3) позволяет заключить, что на циклы с повышенным количеством осадков приходятся и периоды с более высоким приростом, причем особенно четко эта связь видна, если рассматривать короткопериодическую цикличность в выпадении осадков (5—11 лет).

Таким образом, при отсутствии видимого погодичного соответствия между приростом сосны по диаметру и осадками наблюдается довольно тесная взаимосвязь циклического характера. Эта взаимосвязь характерна для всех исследованных типов леса. Она относительно слабо зависит от типа лесорастительных условий. При этом разногодичные колебания в средней ширине годичного кольца в сосняке-брусничнике относительно больше, чем в сосняке разнотравно-орляковом, где рост более выравнен. Колебания в годичных приростах стволов по диаметру в среднем гораздо меньше, чем следовало бы ожидать, судя по колебаниям годового количества осадков, а также непосредственно по динамике содержания влаги в почве.

Существует ряд особенностей структурно-функциональной организации изученных биогеоценозов, способствующих стабилизации колебаний приростов. Так, основная часть корневых систем деревьев, особенно в сухих сосняках, расположена в верхних минеральных горизонтах почвы, что способствует лучшему перехвату влаги атмосферных осадков. В сухих типах леса очень разреженный травяной покров, в силу чего относительно

большая по сравнению со свежими сосняками доля осадков идет на потребление древесными растениями. В этом же направлении действуют и несколько большее количество осадков, достигающих поверхности почвы в сухих типах леса, более мощная подстилка, сокращающая до минимума физическое испарение влаги с поверхности почвы, и отмеченные выше сдвиги в сроках начала и окончания роста.

Однако эти стабилизирующие прирост особенности не перекрывают действия основного лимитирующего фактора — недостаточной влагообеспеченности, и ритм роста исследованных сосняков во многолетнем цикле относительно сходен в разных типах лесорастительных условий. В то же время многие существенные различия в сезонном росте сосны по диаметру между сосняками разных типов леса определяются спецификой гидротермических условий, складывающихся в каждом из них, и сохраняются независимо от погодных условий конкретного года.

Общий принцип о том, что чем выше буферность экосистемы, тем больший размах колебаний воздействующих на нее факторов она может выдержать без существенного нарушения основных функций, особо актуален в горных районах Южного Урала. Здесь одним из наиболее важных условий, определяющих устойчивость лесных экосистем, является мощность и зависящая от нее влагоаккумулирующая способность почв. Именно последняя определяет, хотя иногда и опосредованно, большую часть отмеченных особенностей сезонного и годичного роста сосны в разных типах леса.

ЛИТЕРАТУРА

Абатуров Ю. Д. О зависимости между бонитетом сосняков и содержанием в почве питательных веществ и влаги в лесах Ильменского заповедника.— Труды Ин-та биологии УФАН СССР, вып. 25. Свердловск, 1961, с. 59—66.

Каздаев С. А. Влияние засухи 1972 г. на прирост деревьев по диаметру в Центральной лесостепи. Лесоведение, 1974, № 3, с. 92—94.

Кайрюкштис Л. А., Юодвалькис А. И. Особенности сезонного роста деревьев в свете дендрохронологических и дендроклиматических исследований. Лесоведение, 1970, № 3, с. 29—34.

Колесников Б. П. Лесорастительные условия и лесорастительное районирование Челябинской области.— В кн.: Вопросы восстановления и повышения продуктивности лесов Челябинской области. Свердловск: УФАН СССР, 1961.

Комин Г. Е. Оценка прироста древостоев по модельным деревьям для дендроклиматического анализа.— В кн.: Динамика и строение лесов на Урале. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1970, с. 69—83.

Миронов Б. А. Гидрологические особенности лесов Ильменского заповедника.— Труды Ин-та биологии УФАН СССР, вып. 25. Свердловск, 1961, с. 33—46.

Митруков А. Е. Сезонный рост побегов, хвои и радиальный прирост ствола в сосняках лишайниковых Южной Карелии. Лесоведение, 1976, № 3, с. 44—50.

Молчанов А. А., Смирнов В. В. Методика изучения прироста древесных растений. М.: Наука, 1967. 100 с.

Смирнов В. В. Сезонный прирост главнейших древесных пород. М.: Наука, 1964. 167 с.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР · УРАЛЬСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТ

ВЗАИМОСВЯЗИ СРЕДЫ И ЛЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА УРАЛЕ 1981

Н. С. ЗАВЬЯЛОВА, Э. Э. ЛИЛЬБОК

ВЛИЯНИЕ СРЕДЫ НА ПИГМЕНТНЫЙ АППАРАТ МОЛОДЫХ РАСТЕНИЙ СОСНЫ

Известна определяющая роль грунтовых вод и колебаний их уровня в производительности древостоев. Переувлажнение почвы приводит к нарушению кислородного режима в корнеобитаемом слое, что вызывает нежелательные явления: отмирание корневых окончаний, снижение активности корней, их синтезирующей деятельности, замедление поступления минеральных питательных веществ. Произрастание древесных растений на почвах с избыточным увлажнением резко меняет качественный состав органических веществ, транспортируемых из корневой системы в надземную часть растения.

Все это в значительной мере должно сказываться на физиологических процессах, протекающих в надземной части растений, и прежде всего на основном из них — фотосинтезе, который является важнейшим фактором, определяющим производительность лесов. Имеются данные, свидетельствующие о том, что интенсивность фотосинтеза древесных растений, в том числе хвойных, в избыточно увлажняемых экотопах понижается (Гулидова, 1962; Завьялова, 1970; Софронова, 1978). Различия в интенсивности фотосинтеза, а также весьма существенное пожелтение хвои, характерное для избыточно увлажненных лесов, особенно при отрицательных температурах, позволяют предположить, что одной из причин различия по продуктивности насаждений могут быть количественные и качественные изменения пигментной системы, обусловленные воздействием внешней среды.

Исследования, проведенные в европейской части нашей страны, свидетельствуют о том, что у хвойных в переувлажненных местообитаниях наблюдается более низкое содержание хлорофиллов, чем в местообитаниях с более благоприятным режимом почвенного увлажнения (Хотянович, 1959; Ширяева, 1967; Веретенников, 1968). Сведений относительно изменения содержания желтых пигментов в зависимости от условий местообитания значительно меньше. Для района, в котором проводились наши исследования, такие данные вообще отсутствуют.

Цель данной работы — определение содержания зеленых и желтых пигментов в разновозрастной хвое подроста сосны обыкновенной в двух контрастных по увлажнению типах леса: сосняке сфагново-осоковом и сосняке ягодниковом (Колесников и др., 1973).

Опытная площадь № 1 (в сосняке сфагново-осоковом) расположена в 79 квартале Северского лесничества Уральского учебно-опытного лесхоза (южнотаежный лесорастительный округ Зауральской холмисто-предгорной провинции, по районированию Б. П. Колесникова с соавторами (1973)). Рельеф участка пониженный, бонитет древостоя V, сомкнутость полога 0,4, класс возраста VI, возраст 120 лет, средняя высота 16 м, средний диаметр 22 см. Состав 6С4Б. Подрост 6С1Е3Б, возраст 10—30 лет, высота 0,8 м, 3 тыс. шт. на 1 га. Почва торфяно-подзолистая глеевая.

Опытная площадь № 2 (в сосняке ягодниковом) расположена в 65 квартале того же лесничества на склоне холма, бонитет древостоя II, сомкнутость полога 0,7, класс возраста VI, возраст 110 лет, средняя высота 25 м, средний диаметр 32 см. Состав 9С1Л + Б. Подрост 8С1Е1Б + Л, возраст 5—30 лет, высота 1,2 м, 4 тыс. шт. на 1 га. Почва среднеподзолистая, супесчаная, свежая.

Исследования проводились в течение трех лет (1973—1975 гг.) в одинаковые сроки (5, 15 и 25 августа) на одних и тех же экземплярах подроста сосны (на каждой опытной площади — по пять экземпляров). Для анализа создавалась дифференцированная по возрастам хвои объединенная проба. Хвоя срывалась с боковых ветвей пятой мутовки сверху с 9 до 10 ч. утра. Одновременно проводилось измерение освещенности хвои всех возрастов на боковой ветви той же мутовки (с южной стороны) люксметром Ю-16. Содержание пигментов определялось на спектрофотометре СФ-4 по методике Т. Н. Годнева (1952).

Прежде чем перейти к рассмотрению полученных результатов, рассмотрим данные ближайшей метеостанции, характеризующие количество осадков (табл. 1) и температуру воздуха (табл. 2) за эти годы. Наиболее влажным был 1973 г. (сумма осадков 477,4 мм, в то время как в среднем по району они составляют 443 мм). В 1974 г. выпало 403,0 мм осадков, а в 1975 г.— около нормы — 428,4 мм. Однако полученные данные по суммарному количеству осадков за три предшествующих наблюдениям месяца (май, июнь, июль) показывают, что в 1973 г. эта сумма составила 185,9 мм, в 1974 г.— 209,0, а в 1975 г.— 147,0 мм, или примерно на 30 % меньше, чем в 1973 г.

Наиболее теплым был 1975 г. (среднегодовая температура 2,6°) и самым холодным — 1973 г. (1,2°). 1974 г. занял промежуточное положение (1,7°).

В табл. 3 приведены усредненные данные (за три года)

Таблица 1

Среднее месячное количество осадков по метеостанции «Ревда», мм

Год	Месяц												
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Сумма
1973	20,5	21,3	12,3	8,6	19,5	54,6	111,8	70,6	82,3	28,7	22.2	25,0	477,4
1974	13,1	20,2	14,6	17,0	39,4	85,9	83,7	43,8	6,5	40,7	34,6	3,5	403,0
1975	25,1	16,7	13,1	18,9	57,5	23,3	66,2	91,2	19,7	50,9	20,7	25,1	428,4

Примечание. Среднее многолетнее количество осадков 443 мм.

по освещенности разновозрастной хвои подроста в обоих исследуемых типах леса.

Из табл. 3 видно, что в заболоченном сосняке хвоя всех исследуемых возрастов освещается у подроста в 2,1—3,8 раза лучше, чем в сосняке ягодниковом. Такое различие в освещенности объясняется, видимо, меньшей сомкнутостью полога древостоя в указанном типе леса, а также тем, что подрост сосны в условиях избыточного увлажнения имеет более редкую крону и меньшее количество хвои на единицу длины побега. В обоих типах леса с увеличением возраста хвои понижается ее освещенность. В сосняке сфагново-осоковом пятилетняя хвоя освещена в 2,2 раза слабее по сравнению с однолетней, а в сосняке ягодниковом — в 3,3 раза.

Данные, характеризующие содержание суммы хлорофиллов в хвое пяти возрастов у подроста сосны, представлены на рис. 1. Результаты, полученные в 1973 г., свидетельствует о более высоком содержании зеленых пигментов в сосняке ягодниковом, особенно в хвое старших возрастов. Так, хвоя первого года жизни по этому показателю мало отличалась (на 2,9 %), для двухлетней хвои разница составила уже 4,2 %, а для трех-, четырех- и пятилетней хвои была еще более значительной — 11,4, 24,4 и 11,4 %.

Содержание каротиноидов было более высоким, напротив, в

Таблица 2

Средние месячные температуры воздуха по метеостанции «Ревда», °С

Год	Месяц												Среднее за год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1973	—21,3	—13,0	—5,3	4,8	11,5	16,4	13,6	14,0	4,6	0,0	—4,3	—7,2	1,2
1974	—21,5	—14,3	—3,6	4,0	10,9	14,3	19,5	13,7	11,3	5,4	—7,5	—11,5	1,7
1975	—10,5	—13,3	—2,4	7,2	10,9	15,8	17,6	13,6	11,6	—1,2	—7,6	—10,4	2,6

Таблица 3

Освещенность хвои разного возраста у подроста сосны в двух типах леса, %

Тип сосняка	Возраст хвои, лет				
	1	2	3	4	5
Ягодниковый	100	82	62	53	30
Сфагново-осоковый	250	175	160	148	115

заболоченном сосняке (рис. 2): у хвои первого года на 22,1, второго — на 8,7, третьего — на 35,9, четвертого — на 21,2 и пятого — на 44,8 %.

Содержание как зеленых, так и желтых пигментов у подроста сосны в обоих типах леса зависит от собственного возраста хвои: в хвое первого года жизни оно минимальное. В сфагново-осоковом сосняке максимальное количество зеленых пигментов содержала двухлетняя хвоя, а каротиноидов — пятилетняя. В сосняке ягодниковом максимальное количество хлорофиллов приходилось на четырехлетнюю хвою, а содержание каротиноидов — на двухлетнюю. Разница в содержании пигментов между возрастами хвои была в большинстве случаев выше, чем между хвоей одного и того же возраста с разных площадей. В сфагново-осоковом сосняке разница однолетней и двухлетней хвои по содержанию хлорофиллов составила 76,9 %, а в сосняке ягодниковом — 78,9 %.

Определение содержания суммы хлорофиллов, проведенное в 1974 г., показало также значительно более низкое содержание их в переувлажненном сосняке: у хвои второго года на 41,6, третьего — на 39,7, четвертого — на 42,7 и пятого — на 102,5 %. Хвоя первого года жизни у подроста из этого же сосняка, наоборот, имела несколько большее количество хлорофилла. Рассматривая зависимость содержания зеленых пигментов от возраста хвои, можно отметить, что в сосняке ягодниковом минимальное их количество было в хвое текущего года, в сосняке сфагново-осоковом — в пятилетней. Как в сфагново-осоковом, так и ягодниковом типах леса максимум в содержании пигментов наступал на второй год жизни хвои и оставался почти таким же высоким у хвои старших возрастов (за исключением пятилетней хвои в сосняке сфагново-осоковом).

Определение содержания зеленых пигментов, проведенное в 1975 г., показало более низкое их количество в сосняке сфагново-осоковом (за исключением хвои первого года жизни). Суммарное содержание хлорофиллов у подроста сосны в указанном сосняке было меньше, нежели в ягодниковом: в хвое двухлетней на 12,6 %, трехлетней — на 18,9, четырех- и пятилетней — на 25,8 и 10,4 %. В этот же год также была отмечена

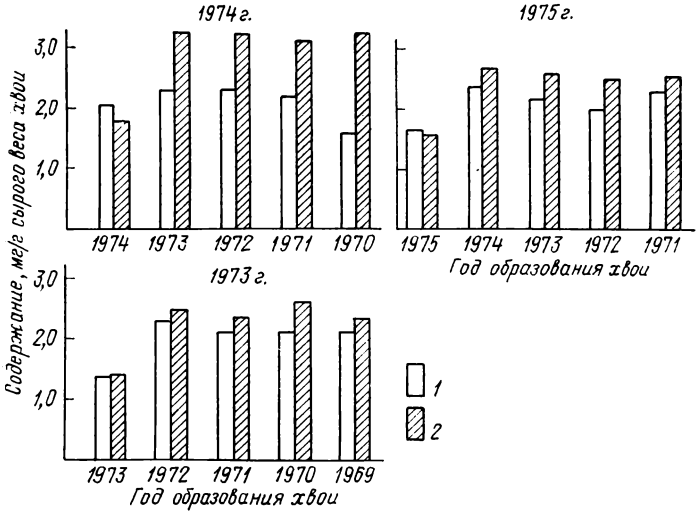


Рис. 1. Содержание хлорофиллов в хвое разного возраста у подроста сосны в двух типах леса, мг/г сырого веса хвои.
1 — сосняк сфагново-осоковый, *2* — сосняк ягодниковый.

зависимость содержания зеленых пигментов от собственного возраста хвои: в хвое текущего года жизни отмечен минимум их содержания, в хвое второго года — максимум.

Относительно каротиноидов в этот год наблюдений четкой картины не обнаружилось (см. рис. 2). В одних случаях большим содержанием пигментов отличался подрост из переувлажненного типа леса (хвоя 1 и 2-го года), в других — из сосняка ягодникового (хвоя 4 и 5-го года). Хвоя трехлетняя по этому показателю практически не отличалась. В сосняке ягодниковом количество каротиноидов возрастало прямо пропорционально увеличению возраста хвои, достигая максимума на пятый год

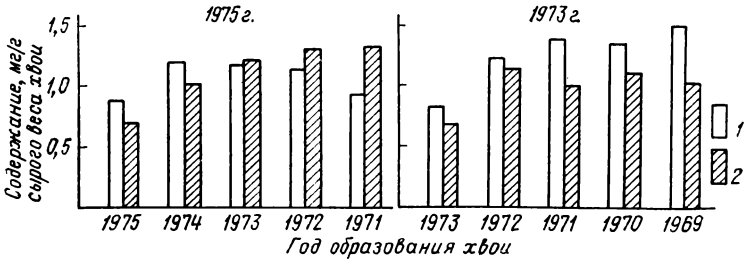


Рис. 2. Содержание каротиноидов в хвое разного возраста у подроста сосны в двух типах леса.
Условные обозначения те же, что на рис. 1.

Таблица 4

Отношение хлорофилла «а» к хлорофиллу «Б» в хвое разного возраста подроста сосны в двух типах леса

Год наблюдений	Тип леса сосняка	Возраст хвои, лет				
		1	2	3	4	5
1973	Сфагново-осоковый	2,2	2,0	2,1	1,6	1,7
	Ягодниковый	1,2	1,0	0,9	0,8	1,1
1974	Сфагново-осоковый	1,4	1,4	1,2	0,8	1,1
	Ягодниковый	1,6	1,3	1,2	1,6	1,0
1975	Сфагново-осоковый	1,2	1,4	0,9	0,8	0,7
	Ягодниковый	1,1	0,9	0,7	1,0	1,1

ее жизни. В пятилетней хвое содержание их на 96 % выше по сравнению с хвоей первого года. В другом типе леса максимум в содержании каротиноидов наступал на второй год, снижаясь с дальнейшим увеличением ее возраста.

В табл. 4 приведены данные по соотношению хлорофиллов в хвое разного возраста у подроста из этих двух типов леса. Как видно из этой таблицы, отношение хлорофилла «а» к хлорофиллу «b» — довольно изменчивая величина и зависит от года наблюдений, местообитания подроста и возраста хвои. Данные за 1973 г. показали более высокие значения этого отношения у подроста из переувлажненного сосняка, которое колебалось от 1,6 до 2,2. Для сосняка ягодникового этот показатель колебался в пределах от 0,8 до 1,2. В 1974 и 1975 гг. такой четкой зависимости этого показателя от условий местообитания отмечено не было.

Как показывают данные табл. 5, соотношение суммы хлорофиллов и каротиноидов носило иной характер, чем соотношение хлорофиллов. Имеется четкая зависимость этого соотношения от типа леса: в переувлажненном сосняке оно значительно меньше и колеблется от 1,4 до 2,0 в зависимости от возраста хвои, а в сосняке ягодниковом — от 2,0 до 2,7. Следовательно, в сфаг-

Таблица 5

Отношение суммы хлорофиллов к каротиноидам в хвое разного возраста подроста сосны в двух типах леса

Год наблюдений	Тип сосняка	Возраст хвои, лет				
		1	2	3	4	5
1973	Сфагново-осоковый	1,6	1,9	1,5	1,5	1,4
	Ягодниковый	2,3	2,2	2,3	2,3	2,2
1974	Сфагново-осоковый	1,9	1,9	1,9	1,8	2,0
	Ягодниковый	2,2	2,7	2,1	2,0	2,4

ново-осоковом сосняке бо́льшая доля приходится на желтые пигменты по сравнению с зелеными, чем в другом типе леса. Повышение содержания суммы желтых пигментов, в том числе каротина, в переувлажненном типе леса объясняется Г. А. Ширяевой (1967) тем, что растения, оказавшиеся в экстремальных условиях, когда пониженное поступление азота в хвою приводит к замедлению синтеза хлорофиллов, «вынуждены» создавать большее количество каротина, играющего защитную роль по отношению к остаткам зеленых пигментов.

Проведенное исследование показало довольно четкую зависимость содержания зеленых пигментов в хвое подроста сосны от условий местообитания: в переувлажненном сфагново-осоковом сосняке суммарное количество хлорофиллов было значительно ниже, чем в сосняке ягодниковом. Причем разница между исследуемыми типами леса по этому показателю изменялась в зависимости от года наблюдений и возраста хвои: если в 1973 и 1975 гг. она не превышала 25 %, то в 1974 г. доходила до 102,5 %. Полученные величины различий в содержании суммы хлорофиллов у сосны в переувлажненном типе леса по сравнению с типом леса с нормальным режимом почвенного увлажнения для нашего района исследований были значительно выше цифр, приводимых исследователями, работающими в Ленинградской и Архангельской областях. Так, по данным А. В. Хотяновича (1959) и А. В. Веретенникова (1968), хвоя сосны в условиях периодического затопления почв содержала лишь на 15—17 % меньше хлорофилла, чем при нормальном водоснабжении. Снижение содержания зеленых пигментов в переувлажненном типе леса связано с тем, что в этом типе леса создаются неблагоприятные условия для жизнедеятельности корней древесных растений, что в свою очередь оказывает отрицательное воздействие на физиологические процессы, связанные с превращением азотистых соединений и пигментов (Хотянович, 1959; Веретенников, 1968; Новицкая, 1971). А. В. Веретенников (1968) считает, что периодический анаэробиоз в переувлажненных местообитаниях влияет одновременно и на синтез предшественников хлорофилла и на каталитические системы растений. Более значительное снижение содержания зеленых пигментов в переувлажненном типе леса в наших исследованиях могло быть связано и с более высокой освещенностью хвои у подроста в данном типе леса, так как целый ряд литературных данных свидетельствует о падении содержания хлорофиллов на сильном свету (Осипова, 1960; Нестерович, Маргайлик, 1969; Царегородцева, 1969; Казимиров и др., 1972). В опытах С. О. Царегородцевой (1969) при изучении влияния различной степени освещенности (100, 70, 40 и 25 % света от полного естественного освещения) на состояние пигментной системы хвои ели в условиях Карелии было установлено снижение содержания зеленых пигментов по мере увеличения освещенности. По данным

Н. И. Казимирова с сотрудниками (1972), увеличение освещенности деревьев ели от 25 до 100 % привело к снижению общего количества хлорофилла от 1,1 до 0,5 мг/г сырого веса хвои.

Полученные нами данные о более низком содержании зеленых пигментов в переувлажненном сосняке сфагново-осоковом относятся прежде всего к хвое второго и более старших лет жизни. Хвоя первого года из этого типа леса четких отличий не имела по сравнению с таковой из сосняка ягодникового, что, возможно, связано с тем, что на первом этапе жизни хвои наблюдается тенденция ее повышенной изменчивости (Мамаев, 1969). Поэтому для анализов, связанных с характеристикой ассимиляционного аппарата сосны из разных местообитаний, хвою первого года жизни лучше не использовать.

Содержание каротиноидов в более холодный год (1973) было значительно выше у хвои всех возрастов в сосняке сфагново-осоковом, причем разница между исследуемыми типами леса доходила до 45 %. В более теплый год (1975) содержание каротиноидов не имело четкой зависимости от условий местообитания: в одних случаях оно было выше в переувлажненном сосняке (хвоя 1 и 2-го года жизни), в других, наоборот, выше в сосняке ягодниковом (хвоя 4 и 5-го года).

Полученные результаты свидетельствуют также о том, что содержание зеленых и желтых пигментов находится в тесной зависимости от собственного возраста хвои: у хвои старших возрастов оно выше, чем первого года жизни. Особенно это характерно для сосняка ягодникового. В сосняке сфагново-осоковом наблюдается некоторое отклонение от этого правила: хвоя пятилетняя имеет несколько меньшее содержание хлорофиллов по сравнению с хвоей первого года жизни (исследования 1974 г.). Максимальное количество всех пигментов как в одном, так и в другом типе леса накапливается в основном на второй год жизни хвои, что уже отмечалось и другими авторами (Мамаев, 1965).

Итак, произрастание подроста сосны в избыточно увлажненном типе леса сопровождается значительным снижением содержания зеленых пигментов, что может существенно нарушить нормальное протекание ассимиляционного процесса и привести к снижению продуктивности.

ЛИТЕРАТУРА

Веретенников А. В. Физиологические основы устойчивости древесных растений к временному избытку влаги в почве. М.: Наука, 1968. 216 с.

Годнев Т. Н. Строение хлорофилла и методы его количественного определения. Минск: Изд-во АН БССР, 1952. 164 с.

Гулидова И. В. Фотосинтез и транспирация у ели в различных экологических условиях.— Труды Ин-та леса и древесины АН СССР, 1962, т. 53, с. 97—102.

Завьялова Н. С. О сезонных изменениях интенсивности потенциального фо-

тосинтеза сосны и ели в различных лесорастительных условиях.— Тезисы III Уральского совещания по физиологии и экологии древесных растений. Уфа: Башк. фил. АН СССР, 1970, с. 73—74.

Казимиров Н. И., Морозова Р. М., Новицкая Ю. Е. Экологические особенности и режим питания ели на Европейском Севере.— В кн.: Питание древесных растений и проблема повышения продуктивности лесов. Петрозаводск: Изд-во Карельск. фил. АН СССР, 1972, с. 3—32.

Колесников Б. П., Зубарева Р. С., Смолоногов Е. П. Лесорастительные условия и типы лесов Свердловской области. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1973. 176 с.

Мамаев С. А. Сезонная и возрастная динамика содержания хлорофилла «а» и «б» в хвое сосны.— Труды Ин-та биологии Урал. фил. АН СССР, 1965, вып. 43, с. 37—41.

Мамаев С. А. Индивидуальная изменчивость в содержании хлорофилла в хвое сосны обыкновенной.— Труды Ин-та экологии растений и животных УФАН СССР, 1969, вып. 64, с. 90—96.

Нестерович Н. Д., Маргайлик Г. И. Влияние света на древесные растения. Минск: Наука и техника, 1969. 175 с.

Новицкая Ю. Е. Особенности физиолого-биохимических процессов в хвое и побегах ели в условиях Севера. Л.: Наука, 1971. 117 с.

Осипова О. П. Действие света на липопротеидный комплекс пластид.— Физиология растений, 1960, т. 7, вып. 6, с. 654—659.

Софронова Г. И. Сезонная и суточная динамика фотосинтеза сосны обыкновенной.— В кн.: Физиолого-биохимические исследования сосны на Севере. Петрозаводск, 1978, с. 96—109.

Хотянович А. В. О характере влияния застойных почвенно-грунтовых вод на обмен веществ сосны.— Лесной ж., 1959, № 3, с. 34—39.

Царегородцева С. О. Хлорофилл-белково-липоидный комплекс хвои ели в зависимости от условий светового режима.— Тезисы Всесоюзн. совещ. по вопросам питания древесных растений и повышения продуктивности насаждений. Петрозаводск: Карелия, 1969, с. 151—152.

Ширяева Г. А. О влиянии почвенных и температурных условий на содержание и характер динамики пигментов в хвое сосны и ели.— В кн.: Сообщения по анатомии и физиологии древесных растений (Материалы к научно-техн. конференции ЛТА). Л.: ЛТА, 1967, с. 92—96.

СОДЕРЖАНИЕ

В. Г. Турков. Многовековая ритмика природной среды и динамика лесного биогеоценотического покрова Среднеуральского низкогорья в антропогене 3

Н. К. Панова. Формирование растительного покрова среднегорного высотного пояса Южного Урала с изменениями климата в голоцене 40

Р. С. Зубарева. Экологическая оценка микроклимата в типах леса южной тайги предгорного Зауралья . . 58

Н. Н. Шевелев. Влияние темнохвойных лесов Среднего Урала на режим горизонтальных осадков 82

В. И. Маковский, А. С. Чиндяев, Н. С. Мухина. Почвенно-экологические условия, породный состав и продуктивность болотных лесов 96

Б. А. Миронов. Особенности роста сосны в разных типах леса Южного Урала в зависимости от гидротермического режима 110

Н. С. Завьялова, Э. Э. Лильбок. Влияние среды на пигментный аппарат молодых растений сосны . . 117

УДК 551.8.07

Многовековая ритмика природной среды и динамика лесного биогеоценотического покрова Среднеуральского низкогорья в антропогене. Турков В. Г.— В кн.: Взаимосвязи среды и лесной растительности на Урале. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1981.

В работе характеризуются методы реконструкции многовековой динамики биогеоценотического покрова (БГЦП) и даются некоторые теоретические положения по эволюции последнего. На примере конкретного ландшафтного региона — Среднеуральского низкогорья — делается попытка реконструировать многовековую динамику БГЦП в течение антропогена. На основании выявленных закономерностей делается долгосрочный прогноз естественной многовековой динамики БГЦП описанного региона в течение ближайшей фазы ее очередного ритма.

Библиогр. 98 назв.

УДК 561 : 581.33+551.794

Формирование растительного покрова среднегорного высотного пояса Южного Урала с изменениями климата в голоцене. Панова Н. К.— В кн.: Взаимосвязи среды и лесной растительности на Урале. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1981.

На основе спорово-пыльцевого анализа трех торфяных разрезов выделено шесть фаз в развитии растительности на Южном Урале в районе оз. Зюраткуль (с древнего голоцена

до современного периода). Дана реконструкция растительности и ландшафтно-климатических условий этих фаз, отмечены особенности распространения некоторых древесных пород. Наиболее четко выделяются древнеголоценовая фаза с перигляциальным ландшафтом, теплая и холодная подфазы предбореального периода, а также климатический оптимум голоцена.

Илл. 3. Библиогр. 33 назв.

УДК 634.0.11.

Экологическая оценка микроклимата в типах леса южной тайги предгорного Зауралья. Зубарева Р. С.— В кн.: Взаимосвязи среды и лесной растительности на Урале. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1981.

Микроклимат, как один из важных абиотических факторов среды, влияющей на лесообразовательный процесс в южнотаежных лесах предгорного Зауралья, изучен недостаточно. Это определило необходимость получения дополнительных данных по гидротермическому режиму приземных слоев воздуха и корнеобитаемых горизонтов почвы (в динамике двух вегетационных сезонов), влажности завядания, освещенности и запасам снега. Количественные показатели по пяти типам сосновых лесов и еловому типу леса топо-экологического профиля, характерного для региона, позволили оценить некоторые основные элементы микроклимата, определяющие ход лесообразования в лесотипологическом аспекте.

Табл. 6. Илл. 4. Библиогр. 20 назв.

УДК 634.0.116

Влияние темнохвойных лесов Среднего Урала на режим горизонтальных осадков. Шевелев Н. Н.— В кн.: Взаимосвязи среды и лесной растительности на Урале. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1981.

Изложены результаты исследования горизонтальных осадков в темнохвойных лесах Среднего Урала. Установлено, что горные темнохвойные леса способны улавливать горизонтальные осадки (наморось, росу, изморозь). Годовая сумма дополнительно улавливаемых лесами осадков на высотах 560—600 м над ур. м. составляет около 80 мм или 15% от общей суммы вертикальных осадков. Количество улавливаемых лесами горизонтальных осадков увеличивается по мере подъема в горы. В связи с этим суммарная величина перехвата (непродуктивного испарения с крон) сокращается, так как часть перехвата компенсируется приходом горизонтальных осадков. Сделан вывод о высоком водоохранном значении разреженных темнохвойных лесов верхнего пояса гор.

Таблиц 3. Илл. 5. Библиогр. 21 назв.

УДК 581.526.42 : 631.41

Почвенно-экологические условия, породный состав и продуктивность болотных лесов. Маковский В. И., Чиндяев А. С., Мухина Н. С.— В кн.: Взаимосвязи среды и лесной растительности на Урале. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1981.

Для семи типов леса: сосняков кустарничково-осокового,

вейниково-осокового и осокового, ельников хвощово-осокового и вейниково-осокового, березняков травяно- и вейниково-осоковых — приводятся характеристики древостоев, травяно-кустарничкового яруса, физико-химические свойства корнеобитаемого (0—30 см) слоя торфа и уровни почвенно-грунтовых вод (УПГВ). Первый из перечисленных типов леса является мезотрофным, остальные — евтроф-мезотрофные. В течение вегетационного периода УПГВ колебался от 17 до 25 см.

Содержание подвижных форм азота, фосфора и калия в разных типах леса неодинаково, но динамика их имеет относительно общие тенденции. Она зависит не только от интенсивности потребления элементов питания, связанной с УПГВ, но и от наличия сезонной мерзлоты в торфе.

Таблиц 6. Илл. 1. Библиогр. 9 назв.

УДК 581.5+634.0.181

Особенности роста сосны в разных типах леса Южного Урала в зависимости от гидротермического режима. Миронов Б. А.— В кн.: Взаимосвязи среды и лесной растительности на Урале. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1981.

В результате многолетнего параллельного изучения динамики сезонного роста деревьев сосны по диаметру и метеорологических факторов установлено, что выявленные различия в нарастании годичного кольца между типами леса в начале вегетационного периода определяются преимущественно температурными условиями, а в середине и конце — режимом влажности почвы. Установлены различия в сезонном росте сосны по диаметру у деревьев разных классов роста.

Не выявлено четкой погодичной связи между годичным приростом по диаметру и осадками и температурой, но между ними наблюдается взаимосвязь цикличного характера.

Илл. 3. Библиогр. 9 назв.

УДК 581.174+581.52+58.02

Влияние среды на пигментный аппарат молодых растений сосны. Завьялова Н. С., Лильбок Э. Э.— В кн.: Взаимосвязи среды и лесной растительности на Урале. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1981.

Излагаются результаты исследований, проведенных в 1973—1975 гг. в подзоне южной тайги (Средний Урал, Свердловская обл.) у подроста сосны в двух типах леса с разным режимом почвенного увлажнения: в сосняке сфагново-осоковом (заболоченном) и сосняке ягодниковом.

Показано, что содержание зеленых и желтых пигментов зависит от типа леса, от собственного возраста хвои и от погодных условий. Избыточное увлажнение вызывает существенное снижение (до 100%) содержания суммы хлорофиллов в полностью сформировавшейся хвое подроста сосны.

Таблиц 5. Илл. 2. Библиогр. 15 назв.