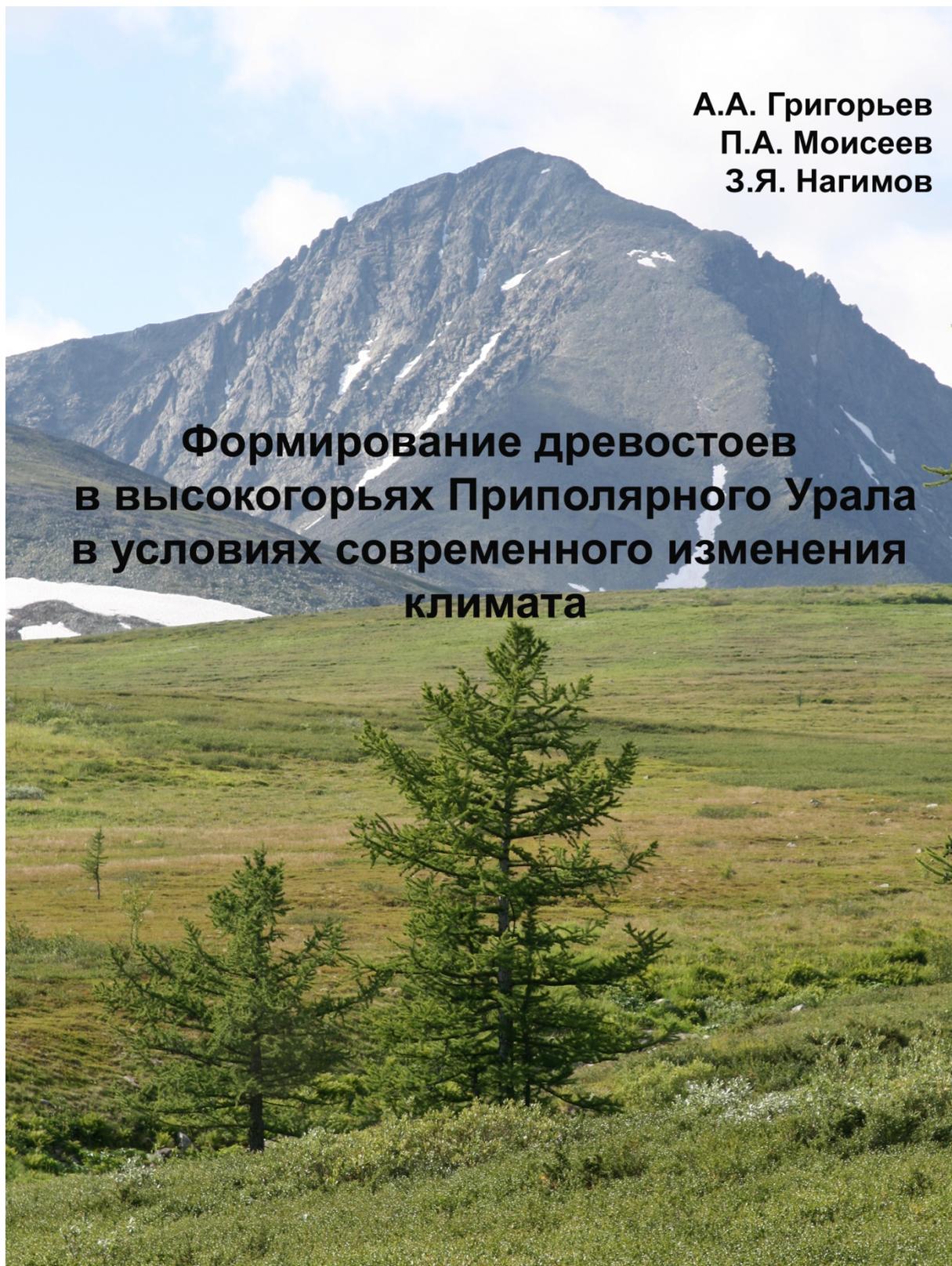


**А.А. Григорьев
П.А. Моисеев
З.Я. Нагимов**

**Формирование древостоев
в высокогорьях Приполярного Урала
в условиях современного изменения
климата**



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВПО «Уральский государственный
лесотехнический университет»

ФГБУН «Институт экологии растений и животных» УрО РАН

А.А. Григорьев
П.А. Моисеев
З.Я. Нагимов

**ФОРМИРОВАНИЕ ДРЕВОСТОЕВ
В ВЫСОКОГОРЬЯХ
ПРИПОЛЯРНОГО УРАЛА
В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННОГО
ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА**

Монография

Екатеринбург
2012

УДК 2:630.181.28(470.5)

ББК 43.4

АГ 83

Рецензенты:

Кафедра экологии Уральского федерального университета;
С.Л. Меньшиков, доктор сельскохозяйственных наук
заведующий лабораторией экологии техногенных растительных сообществ
Ботанического сада УрО РАН

АГ 83 *Григорьев А.А., Моисеев П.А., Нагимов З.Я.*
Формирование древостоев в высокогорьях Приполярного Урала в условиях современного изменения климата: монография. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, – 2012, 170 с.
ISBN 978-5-94984-398-7

В монографии рассматривается формирование древостоев в высокогорьях Приполярного Урала в условиях современного изменения климата. На основе сравнения разновременных фотоизображений и оценки возрастной структуры древостоев выявлены изменения высотного положения верхней границы леса и основные факторы, влияющие на данный процесс. Показаны закономерности распределения деревьев по различным таксационным показателям и взаимосвязи между линейными размерами стволов и крон. Представлены данные о надземной фитомассе деревьев и древостоев лиственницы в экотоне верхней границы древесной растительности.

Предназначено студентам, аспирантам, научным сотрудникам, работникам лесного хозяйства и природоохранных организаций.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Уральского государственного лесотехнического университета.

ISBN 978-5-94984-398-7

© ФГБОУ ВПО «Уральский государственный лесотехнический университет», 2012

© А.А. Григорьев, П.А. Моисеев,
З.Я. Нагимов, 2012

ВВЕДЕНИЕ

Международные соглашения последних десятилетий (рамочная конвенция ООН об изменении климата, Киотский протокол и др.) дали мощный импульс к изучению реакции экосистем на глобальные и региональные изменения климата и биологической продуктивности лесов. Для оценки изменений климатических факторов, их влияния на формирование и рост лесных насаждений наиболее привлекательными территориями являются высокогорные и высокоширотные районы. Здесь климатогенные изменения пространственно-временной динамики растительности (в том числе лесной) проявляются наиболее рельефно (Горчаковский, Шиятов, 1985).

Древостои на верхнем пределе их произрастания изучены на количественном уровне крайне слабо. Большинство исследований в высокогорьях носило описательный характер. В тоже время вопросы формирования насаждений, их роста и продуктивности в условиях экотона верхней границы древесной растительности (ЭВГДР) в современных условиях приобретают чрезвычайную актуальность. Исследования их важны для оценки изменений высотного положения верхней границы леса, экологической и биосферной роли формирующихся на ранее безлесных территориях насаждений.

В данной работе рассмотрен широкий круг вопросов научно-методического характера, связанный с изучением особенностей современной структуры древостоев лиственницы и березы в высокогорьях Приполярного Урала и их формирования под влиянием современного изменения климата.

В монографии представлены уникальные данные об изменении климатических факторов и оценки локальных условий местопроизрастания древостоев на исследуемых объектах. Изучена пространственно-временная динамика верхней границы древесной растительности на основе сравнения разновременных фотоизображений и оценки изменений таксационных показателей древостоев в зависимости от высоты их расположения относительно уровня моря. Исследованы дифференциация деревьев и характер их распределения по таксационным показателям в исследуемых древостоях, а также взаимосвязи между

таксационными показателями стволов и крон и разработаны соответствующие регрессионные уравнения и оценочные таблицы. Проведена оценка надземной фитомассы деревьев и древостоев лиственницы с учетом высоты над уровнем моря.

Работа выполнена при поддержке проектов РФФИ-10-05-00778-а, РФФИ-11-04-00623-а и Программы УрО РАН № 12-С-4-1038.

Настоящая работа не могла быть выполнена без консультаций и поддержки доктора биологических наук, профессора С.Г. Шиятова. Неоценимую помощь при измерении таксационных показателей деревьев оказали кандидат биологических наук Н.Б. Кошкина, кандидат сельскохозяйственных наук А.В. Григорьева (Горяева), кандидат биологических наук Н.М. Дэви, И.В. Рахманов, И.Г. Шевченко и Е.А. Скоробогатов. Особую признательность выражаем жителям п. Саранпауль ХМАО С.В. Пьянкову, В.М. Фелоненко, А.В. Баделюку и п. Березово Н.С. Алабугину за участие и помощь в предоставлении транспорта, необходимого для доставки в труднодоступные районы Приполярного Урала.

1. ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ

1.1. Географическое положение района исследований

Район исследований расположен в Приполярном Урале. Сбор экспериментального материала проводился в южной части Исследовательского кряжа на склонах гор Хусь-Ойка, Нер-Ойка и Сале-Пасне-Нер.

Приполярный Урал – наиболее возвышенная и широкая часть Уральских гор. Площадь горной области приблизительно равна 32 000 км². Она протягивается от верховьев р. Ляпин (Хулга) на севере (65° 40' с.ш.) до г. Тельпос-Из на юге (64° с.ш.).

1.2. Геологическое строение, рельеф и почвы

Приполярный Урал уникален по геологической структуре. По данным Ю.А. Ливеровского (1974), он сложен кристаллическими сланцами, диабазами, гнейсами, амфиболами. На восточном склоне распространены змеевики, перидотиты.

Специальные исследования А.Н. Алешкова (1937) показали, что в геологическом отношении район г. Нер-Ойка преимущественно сложен филлитами, слюдяными сланцами, лиственитами, мрамором, кварцито-кварцолитами, диоритами, габбро – и гранодиоритами, сиенитами, сиенитовыми, гранитовыми, кварцевыми порфирами и горным хрусталем.

По данным Л.Д. Долгушина (1951), рельеф сложный и отличается большим разнообразием форм. Это обусловлено, с одной стороны, сложным геологическим строением, а с другой – разнообразием компонентов денудации, принимавших участие в его формировании на протяжении длительного периода. Район исследований характеризуется максимальными для всего Урала высотами, морфологической

асимметрией восточного и западного склонов, сильной расчлененностью (с колебаниями относительных высот до 1000 м), ярусностью рельефа, широким развитием альпийских форм. Средняя высота хребтов в его осевой части составляет около 1400 м, а многие вершины превышают 1700 м (г. Народная – 1895 м*, г. Карпинского – 1803 м, г. Дидковского – 1778 м). Ширина горной полосы составляет 120 – 150 км. Район исследований поднимается над окружающими низменностями (Печорской и Западно-Сибирской) рядом ступеней, поверхности которых располагаются зонально.

Л.Д. Долгушин (1951) выделяет шесть геоморфологических зон, различающихся по высотному положению и общему ландшафтно-геоморфологическому облику. Ниже дается их описание на основе материалов указанного автора.

Ляпинская предгорная зона (80 – 100 м н.у.м.) сложена рыхлыми отложениями. Представляет собой заболоченную равнину, над которой изредка поднимаются группы невысоких холмов и грядок, сложенных моренным материалом. По средней части зоны протекает р. Ляпин. Течение рек медленное.

Зона холмисто-увалистого рельефа восточного склона (150 – 350 м н.у.м.) сложена породами вулканогенно-осадочного комплекса. Рельеф характеризуется общей сглаженностью, наличием невысоких холмов и увалов. Реки протекают в узких каньонообразных долинах, имеют стремительное падение и изобилуют перекатами и порогами. Территория зоны покрыта густыми хвойными лесами.

Зона рельефа среднегорного типа (500 – 800 м н.у.м.) изрезана долинами рек, стекающих с Урала. Широкие и глубокие долины рек расчленяют единую поверхность на ряд вытянутых в том же направлении возвышенностей (нёлов). Зона бедна обнажениями. Вершины гор занимают сухие мохово-лишайниковые или ерниковые тундры. Рельеф характеризуется общей сглаженностью.

Зона высокогорного рельефа альпийского типа (1000 – 1883 м н.у.м.) имеет максимальную ширину 60 – 65 км, постепенно сужаясь к югу. Хребты данной зоны образуют орографический костяк всего Приполярного Урала. Высокогорная зона резко отличается от среднегорной альпийским характером рельефа с поразительно свежими следами карово-долинного оледенения. Здесь поднимаются высочайшие

* Другое название г. Народная – г. Народа

хребты и вершины Урала (г. Народа, г. Рассомаха, г. Манарага, г. Саленёр, г. Карпинского, г. Колокольня, хр. Сабля и др.), разделенные глубокими долинами – трогами. Склоны их изъедены многочисленными крутостенными карами и цирками, днища которых заполнены горными озерами, многолетними снежниками и ледниками. Многие хребты представляют собой зазубренные гребни. Леса в этой зоне произрастают лишь в глубоких речных долинах, не поднимаясь выше 450 – 600 м н.у.м. Вся остальная территория покрыта различного типа каменными россыпями – курумами, чередующимися с участками мохово-лишайниковой или кустарничковой тундры.

Повышенная предгорная равнина западного склона с элементами останцово-грядового рельефа (200 – 350 м н.у.м.). Хребты высокогорной и среднегорной зон на западе и севере резким уступом обрываются к пологоволнистой поверхности повышенной равнины западного склона, над которой местами поднимаются невысокие гряды останцовых возвышенностей общего с Уралом простирания – парм. Эти гряды обычно сложены более прочными породами, чем окружающая равнина. Уступ, отделяющий горный Урал от повышенной равнины западного склона, очень крут и достигает 400 м высоты, а иногда и больше. По линии уступа реки имеют стремительное падение, протекают в глубоких крутостенных долинах, образуя пороги и перекаты при пересечении парм. Широко распространены озерно-моренные ландшафты.

Печорская низменность (ниже 200 м н.у.м.). На западе повышенная предгорная равнина западного склона, постепенно снижаясь, переходит в Печорскую низменность, сложенную слабо дислоцированными породами. На северо-западе в ее пределы глубоко внедряется кряж Чернышева, представляющий крайнее северо-восточное ответвление Приполярного Урала. Местами граница предгорной равнины с Печорской низменностью выражена в виде невысокого уступа.

Почвы на Приполярном Урале горно-тундровые, формирующиеся на продуктах выветривания глинистых сланцев, характеризуются сплошным интенсивным оглеением всей почвенной толщи. Характерной чертой горно-тундровых почв является их щебнистость и фрагментарность (Богатырев, 1962).

По Г.С. Погодину и Н.Н. Розову (1968), в почвенном покрове Приполярного Урала преобладают горно-тундровые почвы, среди которых различаются почвы каменистых, полигональных и пятнистых тундр. На склонах хребтов у верхней границы леса под низкорослыми

лиственничными лесами на восточном склоне и под березово-еловыми – на западном формируются горные глеево-подзолистые почвы. В нижних частях склонов под сомкнутым покровом пихтовых или еловых травянистых лесов распространены горно-дерново-лесные почвы. На западном склоне между горной тундрой и верхней границей леса небольшими пятнами встречаются субальпийские луга с горно-луговыми почвами.

1.3. Климат

Приполярный Урал занимает пограничное положение между Восточно-европейским и Западно-сибирским районами Атлантико-Арктической области, располагаясь полностью в зоне влияния атлантического переноса воздушных масс (Алисов, 1947).

По данным Л.Д. Долгушина (1951), климат Приполярного Урала обуславливают в основном три фактора:

- высокоширотное географическое положение, определяющее общую суровость климата с продолжительной морозной зимой, коротким и прохладным летом;

- значительные абсолютные и относительные высоты и ширина горной полосы, глубокое и сложное ее расчленение; этим определяется типично-горный характер климата с вертикальной сменой климатических поясов и значительной изменчивостью климатических элементов на коротких расстояниях;

- меридиональная вытянутость Урала перпендикулярно к господствующему направлению воздушных потоков (с запада на восток); это обуславливает различие в климатических условиях европейского и азиатского склонов Урала, особенно в отношении распределения атмосферных осадков.

Зима с отрицательными среднесуточными температурами и снежным покровом длится в среднем около семи месяцев на прилегающих к Приполярному Уралу равнинах и не менее девяти месяцев – в высокогорье (свыше 1000 м н.у.м.). В это время года выпадает около 30 – 40 % осадков, а в возвышенных районах гор с очень суровым климатом – до 50 % и более. Высота и плотность снега в горных и равнинных районах Приполярного Урала различны (Кеммерих, 1961).

В наиболее увлажненных юго-западных районах Приполярного Урала средняя мощность снежного покрова близ границы леса (на

абс. высотах 500 – 600 м) колеблется от 200 до 300 см, достигая в долинах Торговой, Большого Патока, Вангыра, стекающих с подветренной стороны хребтов, 350 – 450 см (Кеммерих, 1957).

На Приполярном Урале вследствие распространения многолетней мерзлоты, препятствующей просачиванию атмосферных осадков и интенсивной циркуляции подземных вод, наблюдается заболачивание западин на нагорных террасах, в седловинах перевалов, на днищах межгорных впадин. В некоторых местах (особенно на западном склоне) большая продолжительность залегания снежного покрова приводит к сильному переувлажнению и плохой аэрации почвы, сокращает и без того короткий вегетационный период, что отрицательно сказывается на древесной растительности (Кувшинова, 1968).

Общие снегозапасы западного склона Приполярного Урала в 2 – 3 раза выше, чем восточного, поэтому реки, питающиеся в основном талыми снеговыми водами (до 60 %), на западном склоне более водоносны и глубоки, чем на восточном. Огромные массы снега скапливаются в карах и цирках на подветренных восточных склонах высоких хребтов в результате его перевевания и падения лавин. Сугробы в таких местах достигают 10 м высоты, образуя многолетние фирновые снежники и ледники. Несмотря на большое количество осадков, выпадающих в гольцовом поясе, снег здесь сдувается сильными западными ветрами и переносится на подветренные склоны хребтов. В результате высота снежного покрова выше границы леса резко снижается (до 10 – 30 см) на плоских вершинах водораздельных хребтов и массивов, на перевальных седловинах и на крутых склонах пиков и хребтов (Кеммерих, 1961).

Благодаря тому, что преобладает перемещение влагоприносящих воздушных масс с запада на восток, европейский склон получает намного больше атмосферных осадков, чем азиатский (Долгушин, 1951). Указанная черта уральского климата в Приполярном Урале выражена особенно отчетливо. Это объясняется тем, что горы здесь выше, а облачность ниже, чем в средних и южных широтах Урала. Ветры западных румбов резко преобладают, особенно зимой, отличаясь большой силой и постоянством. Вследствие этого происходит крайне неравномерное распределение снега по элементам рельефа и различным экспонированным склонам. Это приводит к формированию и длительному существованию ландшафта снежных пятен в период весне-летнего снеготаяния.

Участки вечномёрзлого грунта приурочены преимущественно к плоским вершинам хребтов и нагорных плато (от 600 – 700 м н.у.м.), площадкам нагорных террас, плоским перевальным седловинам и другим формам рельефа, с которых сильные зимние ветры сдувают снежный покров, что способствует их глубокому промерзанию

По данным А.О. Кеммериха (1961), зимой на Приполярном Урале сильные морозы, а в горах нередко снежные бураны. Январь – самый холодный месяц, средняя температура от минус 19 до минус 23 °С, но случаются морозы и в минус 50 – минус 55 °С (на равнине). Средняя температура декабря и февраля не выше минус 17 °С. Март – более тёплый месяц (минус 2 – минус 16 °С), но иногда морозы доходят и до минус 51 °С. В апреле большие морозы (до минус 36 °С) сравнительно редки, а средняя температура в различных районах территории составляет минус 7 °С. Средняя температура мая везде положительная (от 0 до + 4), но в иные годы, при возврате холодов, морозы достигают минус 20 °С. Относительная влажность воздуха наибольших значений (80 – 85 %) достигает в зимние месяцы (с октября по февраль), наименьших (56 – 70 %) – весной и летом (с апреля по август). Причем на западном склоне она более значительна, чем на восточном.

Зимой в горах часто дуют сильные ветры, в основном с юго-запада, запада и северо-запада. Особенно сильные ветры (до 20 – 30 м/сек) со снежными буранами, продолжающимися иногда больше недели, наблюдаются в высокогорье в январе и феврале. Число дней с метелью в горах достигает 100 за зиму; на равнинах метелей в 2 – 3 раза меньше и скорость ветра редко превышает 10 м/сек.

Весна на Приполярном Урале, особенно на западном склоне, затяжная, с частыми возвратами холодов, нередко сопровождающихся снегопадами. Приполярный Урал – самый богатый осадками район Урала. Особенно много их выпадает в возвышенных районах западного склона – в верховьях Вангыра, Манараги, Торговой, Большого и Малого Патока. Здесь годовое количество осадков достигает 1500 мм. Восточный склон Приполярного Урала более сухой (от 500 мм на равнине до 800 мм в особенно высоких районах гор). Больше всего осадков в летние месяцы – с июня по август (40 – 50 %), причем июль – исключительно влажный (до 20 %). Сравнительно обильны осадки также в сентябре, октябре и мае (25 – 30 %).

Лето поздно приходит на Приполярный Урал. Тёплые солнечные дни в горах наступают во второй половине июня, а на равнинах на две – три недели раньше. В горах на южных склонах хребтов в это время

появляются лишь первые весенние цветы, а наиболее высокие хребты еще покрыты снегом. Безморозный период продолжается от 70 до 100 дней. В горах морозы и метели бывают в течение всех летних месяцев, но не каждый год.

Июль – самый теплый месяц на Приполярном Урале (средняя температура на равнинах +15 °С, на высотах 1300 – 1400 м н.у.м. около +5 °С, а на высотах 1600 – 1800 м н.у.м. не более +3 °С). В июне и августе средняя температура на равнинах на 3 – 4 °С ниже, чем в июле. В наиболее жаркие дни температура на равнинах поднимается до 34 °С.

Дождливая, холодная осень – короткая. Средняя температура в октябре здесь понижается до минус 3, а в горах до минус 7, но морозы иногда достигают минус 32 °С. Обычно уже в середине сентября высокие хребты покрываются снегом. Конец октября на всем Приполярном Урале – глубокая зима.

1.4. Гидрография

Разнообразие физико-географических условий, наличие вертикальной зональности, распространение в северных районах вечной мерзлоты, различие в крутизне западного и восточного склонов определяют разносторонность гидрологических условий и характер речной сети территории (Кеммерих, 1961). Речная сеть отдельных участков развита неравномерно, а входящие в ее состав водотоки весьма различны по водности, режиму, протяженности. С хребтов Приполярного Урала берут начало многочисленные полноводные реки бассейнов Карского и Баренцева морей. Главной водной артерией восточного склона Приполярного Урала является р. Ляпин (в верховьях называемая Хулгой) – крупнейший левый приток Северной Сосьвы. Большинство правых притоков р. Ляпин (Хальмерью, Народа, Манья, Щекурья и др.) берут начало с главного водораздельного хребта. В высокогорной зоне (выше 800 – 1000 м н.у.м.) большинство рек (Народа, Хобею и др.) протекает по долинам с крутыми склонами, с резкими изломами в продольном профиле русла, иногда через цепочки плотинных озер. Питание рек, в основном, снеговое и дождевое.

Районы с максимальными значениями годового стока (1200 мм) – бассейны Косью, Щугора и Вангыра – находятся в западной, наиболее

возвышенной части Приполярного Урала, что связано с обильным увлажнением его территории осадками (Кеммерих, 1968).

По данным А.О. Кеммериха (1961), крупнейшие реки западного склона – р. Щугор (с притоками Волоковкой, Торговой, Большим и Малым Патоком), р. Косью (с притоками Кожимом и Вангыром), р. Большая Сыня – несут свои воды в р. Печору.

Одним из характерных элементов ландшафта высокогорного пояса Приполярного Урала являются небольшие по площади, но весьма многочисленные озера, расположенные в глубоких карах и цирках, на днищах трогов и перевальных седловин. Генетически эти озера тесным образом связаны с последним карово-долинным оледенением и за пределами его распространения не встречаются. На западном макросклоне Приполярного Урала количество озер в 5 раз больше, чем на восточном, а их площадь – в 7,6 раза. В горной области насчитывается 821 озеро. Наиболее крупные и глубокие: оз. Торговое, Голубое, Длинное и Манси. В левобережной верхней части бассейна р. Ляпин, в низовьях р. Народы и р. Маньи много болот.

По данным этого же автора основные очаги современного оледенения на Приполярном Урале находятся в районе г. Народная, на хр. Восточные Саледы и хр. Сабля. Насчитывается 50 ледников общей площадью 7,52 км². Размеры этих ледников невелики. Самые крупные – Манси и Гофмана (площадь 0,75 и 0,37 км², соответственно). Уральские ледники, несмотря на миниатюрные горизонтальные размеры, обладают большой мощностью, что является важной предпосылкой для их активного движения. Они расположены в глубоких карах и цирках на многие сотни метров ниже не только теоретической снеговой границы, но и своего фактического снегосбора. Это также обуславливает их подвижность и морфогенетическую активность. По способу питания ледники навечно-лавинные.

1.5. Растительный покров

Растительность Приполярного Урала богата и разнообразна. Смена растительных поясов Приполярного Урала хорошо прослеживается как на западном склоне, так и на восточном. Лес поднимается в горы до высот 450 – 650 м н.у.м., а по долинам рек еще выше (до 750 м). На европейском склоне граница леса на 100 – 150 м, а местами и на 250 м ниже, чем на азиатском. Это объясняется более холодным и сы-

рым летом к западу от главного водораздельного хребта, чем к востоку от него (Кеммерих, 1961).

По данным П.Л. Горчаковского (1968), на Приполярном Урале лиственничные леса, распространенные в пределах горнолесного пояса, представлены, главным образом, ассоциацией лиственничников с подлеском из карликовой березы. Они занимают пологие склоны и речные долины с маломощными щебнистыми оторфованными почвами. Древостой чистый лиственничный или с небольшой примесью ели и березы пушистой, IV, V класса бонитета. В подлеске густо разрастается карликовая березка, с которой перемешиваются некоторые другие кустарники: рябина сибирская, ива сизая, можжевельник сибирский, ольха кустарниковая.

По данным А.О. Кеммериха (1961), тайга европейского склона сырая, сильно заболочена, состоит в основном из ели с примесью березы и пихты. В юго-западной части в бассейне р. Щугора встречается кедр, а на северо-западе в бассейнах р. Кожима и р. Косью и вдоль берегов р. Печоры – сосна. Среди елово-пихтовых лесов часты моховые и осоково-моховые болота, заросшие сфагнумом, пушицей, багульником, полярной березкой, голубикой, морошкой и клюквой.

По данным этого же автора, верхнюю границу леса на европейском склоне, наряду с чисто лиственничными насаждениями, образуют парковые рощицы из ели, березы и лиственницы, чередующиеся с субальпийскими лужайками на влажных горнолуговых почвах. Здесь встречаются акониты и зонтичные, злаки (душистый колосок, щучка, лисохвост), папоротники, горлец, кровохлебка, золотая розга, ветреница и масса других луговых, лесных и арктическо-альпийских трав. Особенно заметны такие субальпийские луга по долинам верховий Торговой, Большого и Малого Патока, Вангыра, Манараги.

Выше лесной растительности начинаются кустарниковые заросли полярной березки, багульника, голубики, а также альпийские луга. Выше кустарниковых зарослей и альпийских лугов (более 1200 м н.у.м.) климат становится суровым, и вследствие интенсивного морозного выветривания, низких температур, сильных ветров склоны хребтов почти лишены растительности, покрыты каменными россыпями – курумами. На азиатском склоне заболоченные леса из ели, кедра, лиственницы и березы растут, в основном, в пределах Ляпинской депрессии. Территория увалистой полосы восточного склона (150 – 350 м н.у.м.) покрыта густыми хвойными лесами, состоящими, в основном, из лиственницы, кедра и сосны. В лесах всюду хорошо

развит моховой покров с преобладанием гипновых мхов, в травянисто-кустарниковом ярусе господствуют черника, голубика, водяника и осока. Местами встречаются береза, пихта, чистые кедровники и сосновые боры. В последних мало травянистой растительности – почву устилает густой ковер из мха, кустиков черники, голубики и багульника.

Чем выше поднимаешься по восточному склону в горы, тем больше в тайге лиственницы. В верхней части горнотаежного пояса лиственница преобладает над всеми другими породами; верхнюю границу леса составляют почти исключительно лиственничники с можжевельником и полярной березкой в кустарниковом ярусе (Кеммерих, 1961).

По данным А.Н. Алешкова (1937), верхняя граница леса в районе г. Нер-Ойка представлена лиственничными насаждениями и колеблется в пределах 600 – 700 м н.у.м. В долинах и на границе леса местами имеет значительное распространение береза. Вблизи границы лесонасаждения включают поляны высокого лугового покрова, переходящие выше в субальпийские луга с единичными лиственницами. На пологих горных склонах и нагорных террасах развиты горные тундры.

П.Л. Горчаковский (1969) отмечает, что высокогорья Приполярного Урала являются ареалом многих эндемичных видов травянистых растений: качим уральский, синюха голоногая, ветреница пермская, кипрей уральский, ненецкий гусиный лук, ясколка Городкова, костер мансийский, костер Юлия, костер уральский и др.

Приведенные материалы свидетельствуют, что Приполярный Урал в значительной степени отличается от других районов Урала (максимальными для всего Урала высотами основных горных хребтов, шириной горной полосы и количеством выпадающих осадков). Вследствие своей сильной расчлененности (с колебаниями относительных высот 500 – 1000 м), ярусности рельефа, широкого развития альпийских форм в зимнее время здесь происходит крайне неравномерное распределение снега по элементам рельефа.

Преобладающие воздушные массы западных румбов оказывают существенное влияние на развитие и рост древесной растительности, в частности, верхней границы леса.

2. ОБЪЕКТЫ, МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ И ОБЪЕМ РАБОТ

2.1. Объекты исследований

Объектами исследований являлись лиственничные и березовые древостои, произрастающие в ЭВГДР на склонах гор Хусь-Ойка, Нер-Ойка, Сале-Пасне-Нер и сопки высотой 619 м н.у.м. (юго-восточная часть Исследовательского кряжа, бассейн р. Кобыла-Ю). Под ЭВГДР мы понимаем переходный пояс в горах между верхними границами распространения сомкнутых лесов и отдельных деревьев в тундре. По данным П.Л. Горчаковского и С.Г. Шиятова (Горчаковский, Шиятов, 1985), он включает несколько категорий площадей: *верхняя граница сомкнутых лесов* (сомкнутость крон 0,4 – 0,5), *редколесия* (сомкнутость крон 0,2 – 0,3), *редины* (сомкнутость крон 0,05 – 0,1), *верхняя граница отдельных деревьев* (сомкнутость крон менее 0,05).

2.2. Методика исследований

2.2.1. Закладка высотных профилей

В основу работы была положена методика международного проекта ИНТАС-01-0052, в разработке которой принимали участие З.Я. Нагимов и П.А. Моисеев. Данный проект преследует цель получения информации о составе и структуре древесной растительности в пределах лесотундрового экотона.

Перед началом сбора экспериментального материала осуществлялось маршрутное обследование района исследований. Подбирались участки склонов для закладки пробных площадей (ранее не подверженные антропогенному воздействию, различной экспозиции, с хорошо сформированными почвами и включающие, кроме ветробойных участков г. Сале-Пасне-Нер и сопки высотой 619 м н.у.м., все категории площадей ЭВГДР).

На выбранном склоне закладывался высотный профиль, в пределах которого фиксировались три высотных уровня: нижний – у верхней границы сомкнутых лесов (570 – 620 м н.у.м.), средний – у верхней границы редколесий (630 – 680 м н.у.м.), верхний – у верхней границы редин (690 – 730 м н.у.м.).

В пределах полосы высотного уровня закладывались от 22 до 36 макроплощадок размером 20x20 м (рис. 1).

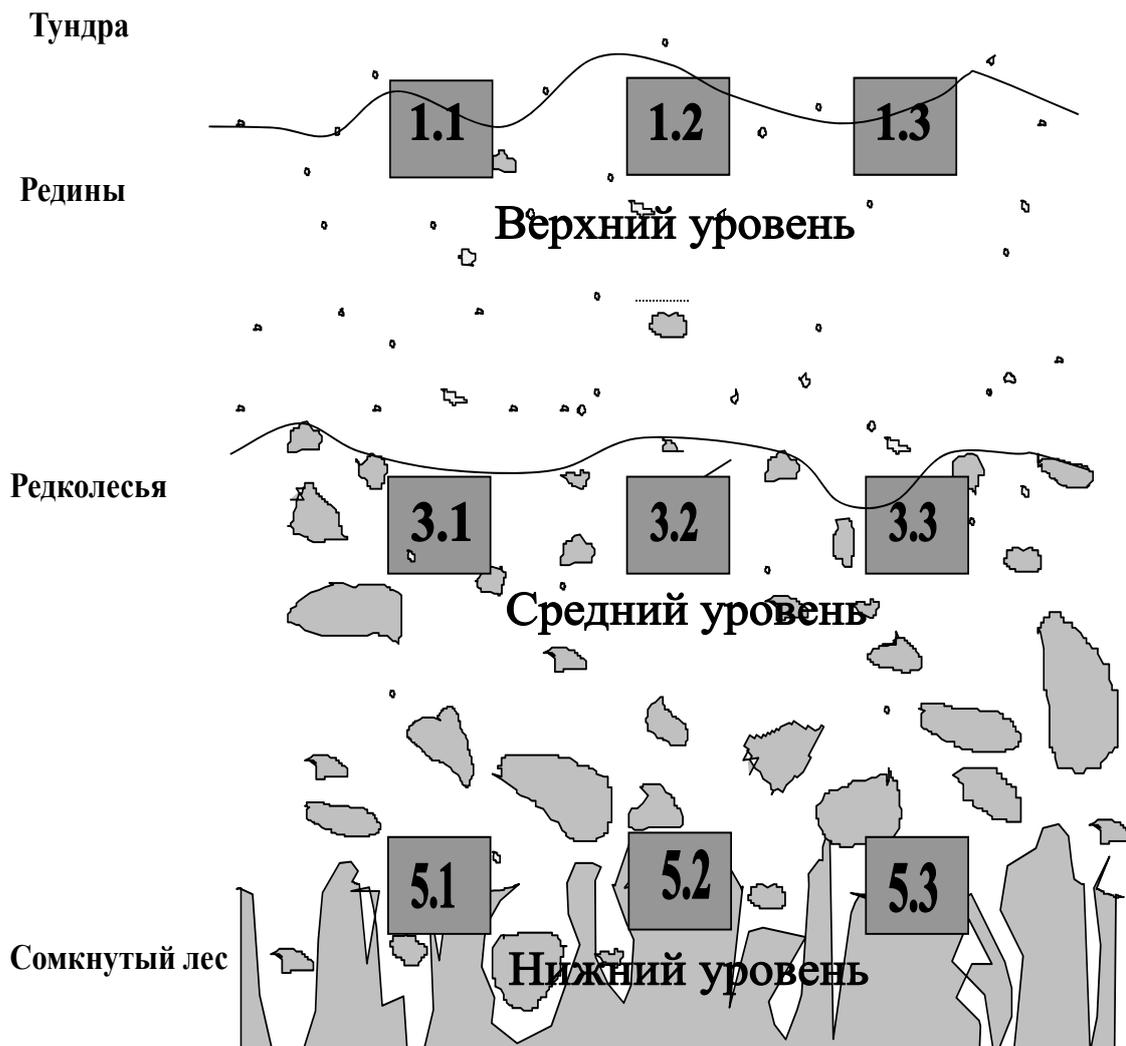


Рис. 1. Общая схема закладки высотного профиля:

1.1...1.3 – макроплощадки верхнего уровня;

3.1...3.3 – макроплощадки среднего уровня;

5.1...5.3 – макроплощадки нижнего уровня

Высота над уровнем моря и географические координаты макроплощадок определялись с помощью приемника GPS.

Все макроплощадки разбивались на мезоплощадки размером 10×10 м, границы которых фиксировались мерными лентами. По углам и в центре макроплощадок вбивались в почву деревянные колья (высотой до 1,5 м) или сооружались пирамидки из камней. На мезоплощадках после нумерации деревьев для каждого из них определялись следующие характеристики: древесная порода, происхождение (семенное или вегетативное), диаметр ствола у основания и на высоте груди, высота ствола, расстояние до первого живого сучка, диаметр проекции кроны по двум взаимно перпендикулярным направлениям (одно из которых ориентировалось вдоль господствующего направления ветра) и жизненное состояние (оценивалось по 5-бальной шкале).

У деревьев с многоствольной формой роста перечисленные выше характеристики определялись отдельно для каждого стволика. На профилях № 1 и № 2 г. Хусь-Ойка и г. Нер-Ойка учет подроста производился на всей обследованной площади. Подрост лиственницы и березы на участках г. Сале-Пасне-Нер учитывался аналогичным образом, а подрост кедра – на учетных площадках общей площадью 75 м² (по 25 м² на каждом уровне). У каждого живого дерева с помощью возрастного бура высверливались керны древесины длиной 10 – 40 см (рис. 2).

Известно, что в высокогорьях у хвойных пород годовые кольца шире с подветренной стороны ствола, а у лиственных – с наветренной. Эксцентричность выражена сильнее у основания ствола. На поперечном срезе ствола линия, идущая от центрального кольца по наибольшему радиусу у хвойных или по наименьшему – у лиственных, указывает направление господствующих ветров (Горчаковский, Шиятов, 1985). Исходя из этого, для определения возраста у деревьев лиственницы образцы древесины брали с подветренной стороны, а у березы – с наветренной. Довольно часто, чтобы получить образец удовлетворительного качества, деревья приходилось сверлить несколько раз (при наличии заросших сучков, гнилей, а также отклонения бура от сердцевины ствола).

Каждый буровой образец помещался в бумажный или полиэтиленовый контейнер, на котором (для исключения в последующем ошибки в идентификации образца) записывали название склона горы, номер пробной площади, вид и номер древесной породы, высота взятия керна. У каждой третьей единицы подроста (высотой более 0,2 м и диаметром у основания ствола менее 3 см) на уровне шейки корня и на высоте 0,25 м, выпиливали поперечные диски с целью определения их точного возраста, а также разницы между истинным

возрастом и возрастом на высоте взятия образца древесины. Данная работа проводилась для определения поправки на высоту бурения у деревьев диаметром у основания ствола более 3 см. На нижней части выпиленных дисков записывались те же реквизиты, что и на контейнерах с кернами.



Рис. 2. Взятие образцов древесины возрастным буровом

На участках лесотундрового экотона, где сомкнутость крон древостоев была до 0,1, закладывались площадки размером 0,5 га, и у всех деревьев определялись аналогичные характеристики.

2.2.2. Определение возраста деревьев по радиальным кернам древесины

На деревянных рейках шириной 1,5 см, толщиной 1 см и длиной, несколько большей длины бурового образца, с помощью циркулярной

пилы выпиливались пазы V-образной формы. На рейку с контейнера переписывались реквизиты образца и в пазы заливался клей (ПВА). Сверху прижимали образец древесины таким образом, чтобы его волокна располагались перпендикулярно поверхности рейки. Полученная конструкция обматывалась скотчем в нескольких местах и выдерживалась около двух суток. После этого образец освобождался от скотча и обильно смачивался. На нем канцелярским ножом (от периферии к центру) срезался верхний слой древесины (примерно 3 мм). Деревья в древостоях верхней границы леса отличаются очень малыми величинами радиального прироста (узкими годичными кольцами). Поэтому после первичной обработки (канцелярским ножом) дополнительно срезался еще один слой древесины бритвенным лезвием, так как оно не деформирует первоначальную клеточную структуру древесины. Для лучшей визуализации границ между годичными кольцами в срез каждого керна втирался зубной порошок.

Датировка годичных колец производилась от периферии к центру. Как отмечалось выше, в высокогорьях у деревьев часто выражена эксцентричная форма ствола, и радиальный прирост древесины не всегда образуется по всей его окружности. При подсчете возраста возможны ошибки из-за выпадения годичных колец или наличия ложных, поэтому при датировке образцов древесины использовалась мастер-хронология (график погодичного изменения индексов радиального прироста) исследуемого района (Шиятов, 1986).

Древесные кольца, образованные в год окончания каждого десятилетия (например, 1940, 1930, 1920), отмечались точкой, поставленной карандашом. Две точки ставились в год окончания каждого пятидесятилетия (1950, 1850), а три – в год окончания столетия (2000, 1900, 1800).

Поправка к возрасту дерева на высоту бурения определялась по упрощенной модели роста подроста в высоту. Данная модель строилась по трем значениям возраста: у основания ствола, на высоте 25 см и вершинки дерева. Искомый возраст деревьев диаметром более 3 см определялся путем добавления поправки на высоту бурения.

2.2.3. Отбор, рубка и обработка модельных деревьев

Для изучения закономерностей накопления и распределения надземной фитомассы древостоев ЭВГДР нами был выбран второй профиль г. Хусь-Ойка. Выбор, рубка и обработка модельных

деревьев производилась согласно методическим рекомендациям В.А. Усольцева и З.Я. Нагимова (Усольцев, Нагимов, 1988).

На каждом высотном уровне все модельные деревья отбирались средними по диаметру, высоте и размерам кроны для ступени толщины в пределах всего диапазона варьирования их диаметров на заданных пробных площадях. Рубка деревьев осуществлялась в начале августа, то есть после стабилизации влажности фракций. У срубленного дерева измерялись его длина, длина кроны и бессучковой части, прирост по высоте за последние 5 (10) лет. Затем на стволе мелом отмечались относительные высоты (1/2, 1/4 и 3/4 высоты ствола) и границы метровых секций. На серединах секций и относительных высотах производилось измерение диаметра ствола в коре и без коры и радиального прироста за последние 5 (10) лет.

Известно, что во фракционный состав надземной фитомассы дерева входят следующие компоненты: древесина ствола, кора ствола и ветвей, ветви, хвоя или листва, генеративные органы и отмершие ветви.

Для определения фитомассы на серединах метровых секций ствол расчленялся бензопилой, после чего каждый отрубок взвешивался в сыром состоянии на электронном безмене с точностью до ± 50 г. С торцов отрубков выпиливались диски для определения содержания коры и абсолютно сухого вещества в древесине и коре. Затем все диски взвешивались с точностью до 0,1 г и сушились в лабораторных условиях при температуре 105 °С в сушильном шкафу ШСП-0,25-100 до постоянного веса. Сопоставлялись результаты взвешивания древесины и коры дисков до и после сушки и определялось содержание абсолютно сухой массы этих фракций в сырой навеске и в целом для ствола.

Для определения фитомассы кроны дерева на нем обрубались все ветви и взвешивались на безмене с точностью до ± 50 г (при мелких кронах до ± 5 г). Затем все ветви были разделены на три фракции: сухие (отмершие) ветви в кроне, неохоленные и охоленные части живых ветвей. Каждая фракция также взвешивалась. От охоленной части ветвей отбиралась навеска (1/3 – 1/5 часть по весу) в которой хвоя отделялась от ветвей и определялась масса этих фракций с точностью до 1 г. Масса хвои и древесных частей для всей кроны определялась по установленным соотношениям. Также полностью оципывали хвою с осевого побега и прибавляли к уже известной массе. Отмершие ветви, расположенные до кроны, взвешивались от-

дельно. Для установления влажности и абсолютно сухого веса хвои и ветвей из каждой части кроны отбирались их образцы, которые сразу же взвешивались с точностью до 0,1 г, причем ветви предварительно окаривались. В лабораторных условиях все фракционные компоненты высушивались в сушильном шкафу ШСП-0,25-100 при температуре 105 °С до абсолютно сухого веса. По завершению сушки на основе соответствующих расчетов определялось содержание абсолютно сухой массы этих фракций. Отдельно определялись масса и количество генеративных органов.

2.2.4. Повторное фотографирование

В настоящее время разработано и описано достаточно большое количество методов для оценки реакции высокогорных лесных экосистем, в частности верхней границы леса, на глобальное и региональное изменение климата. В рассматриваемом аспекте наиболее информативным средством документирования изменений во времени и пространстве достаточно крупных наземных объектов, в частности древесной и кустарниковой растительности, является метод ландшафтных фотографий, полученных с одних и тех же точек в разное время (Шиятов, 2009).

Важной задачей настоящих исследований являлось нахождение исторических (более 30 лет) фотоснимков, на которых так или иначе была изображена древесная растительность на верхнем пределе ее произрастания на каком-либо из склонов исследуемого района. Такие фотоизображения могли быть только у биологов, геологов и других исследователей, работавших в прошлом на Приполярном Урале, или у туристов.

Старые фотоизображения нам любезно предоставили из своего личного архива С.Г. Шиятов, Л.Д. Долгушин, Н.П. Архипова (супруга П.Л. Горчаковского). Несколько снимков нами были отсканированы из монографии «Приполярный Урал», сделанных в 1934 г. А.Н. Алешковым (Алешков, 1937). Фотоизображения были сняты в различных районах Приполярного Урала (долины рек Народа, Хобе-Ю, Кобыла-Ю, Лунвож-Сыня и Седь-Ю, а также окрестности оз. Торговое) (рис. 3).

Для повторного фотографирования находилось точное место, с которого было сделано фотографирование, после чего производилась повторная съемка. Обязательными условиями для данных работ явля-

лись: ясная погода и соответствие времени года старого и повторного фотографирования. К сожалению, на некоторых объектах прежней фотосъемки уже произрастал сомкнувшийся древостой, поэтому осуществить повторное фотографирование не представлялось возможным.

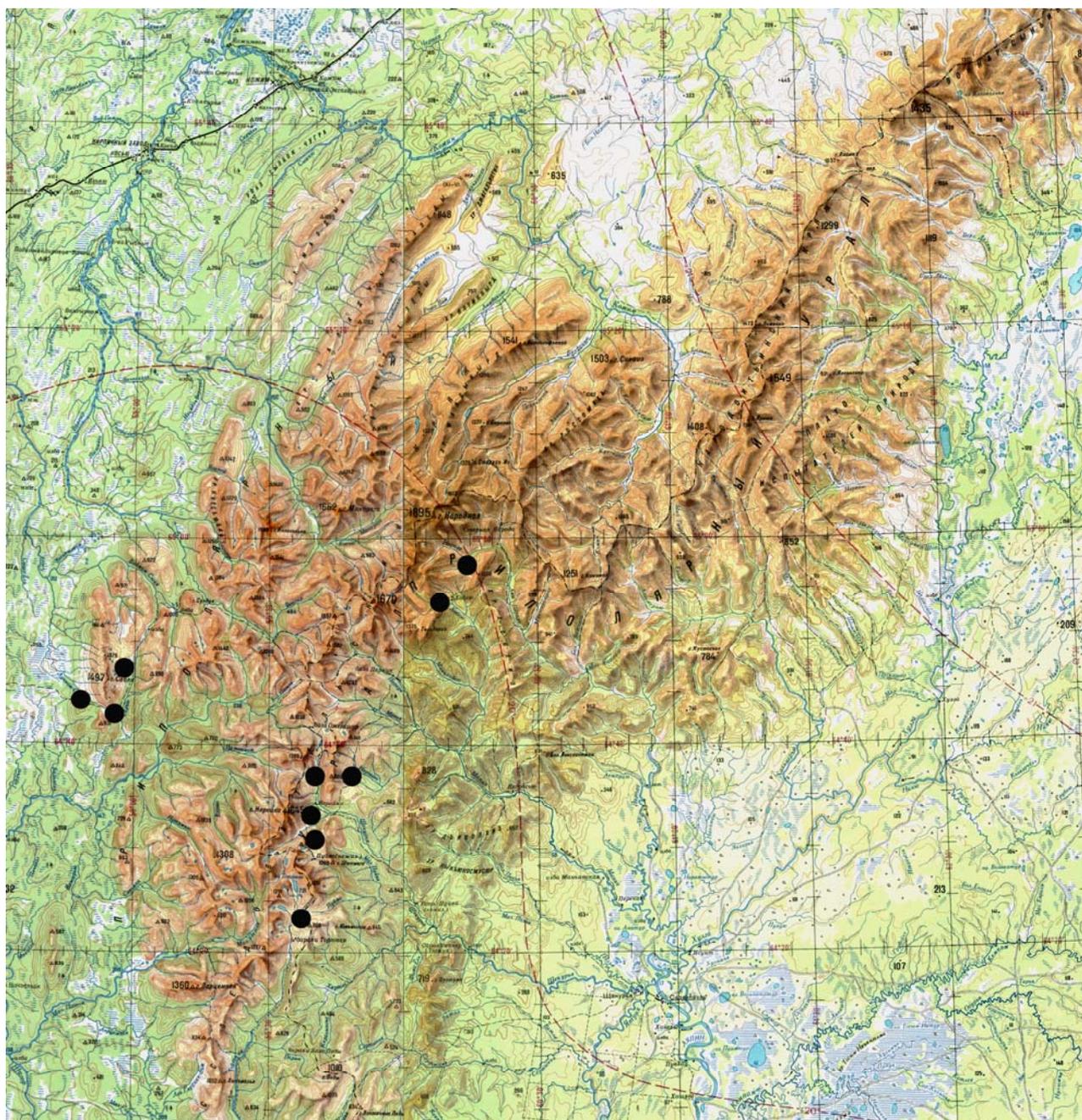


Рис. 3. Районы мест прежних фотосъемок, на которых было проведено повторное фотографирование

2.2.5. Оценка локальных условий местопроизрастания и изменений климатических факторов

В настоящих исследованиях использовались данные метеостанций Троицко-Печорское ($62^{\circ},70'$ с.ш., $56^{\circ},20'$ в.д. – 135 м н.у.м.), Печора ($65^{\circ},10'$ с.ш., $57^{\circ},10'$ в.д. – 56 м н.у.м.), Саранпауль ($64^{\circ},28'$ с.ш., $60^{\circ},88'$ в.д. – 28 м н.у.м.), Усть-Щугер ($64^{\circ},27'$ с.ш., $57^{\circ},62'$ в.д. – 73 м н.у.м.) и Усть – Цильма ($65^{\circ},45'$ с.ш., $56^{\circ},17'$ в.д. – 70 м н.у.м.). Все данные метеорологических наблюдений были взяты на международном сайте the Royal Netherlands Meteorological Institute с учетом поправок.

Для изучения снегонакопления в конце марта 2010 г. на пробных площадях и прилегающих к ним участках измерялись мощности снежного покрова путем покраски стволов деревьев на уровне снега и последующего измерения их высоты до окрашенного уровня в летнее время.

2.3. Объем выполненных работ

В 2007 г. нами были заложены три высотных профиля: два на северо-восточном склоне г. Хусь-Ойка (№ 1 – березовый и № 2 – лиственничный) и один на юго-восточном склоне г. Нер-Ойка (№ 3). На профиле № 2 было срублено и обмерено 30 модельных деревьев в различных частях ЭВГДР. В 2009 г. был заложен профиль на северном склоне г. Сале-Пасне-Нер на участках, подверженных экстремальным ветровым нагрузкам (высотное положение которых соответствует уровням профилей г. Хусь-Ойка и г. Нер-Ойка), и на сопке высотой 619 м н.у.м. (рис. 4).

Объем выполненных работ представлен в табл. 1. В целом, на заложенных профилях были определены таксационные показатели 2019 деревьев и учтено 2138 единиц подроста на общей площади 6,56 га и взято около 2300 образцов древесины, из которых у 1500 определен возраст.

В ходе повторного фотографирования было снято около 40 снимков в различных районах Приполярного Урала. Проанализированы данные пяти метеостанций.

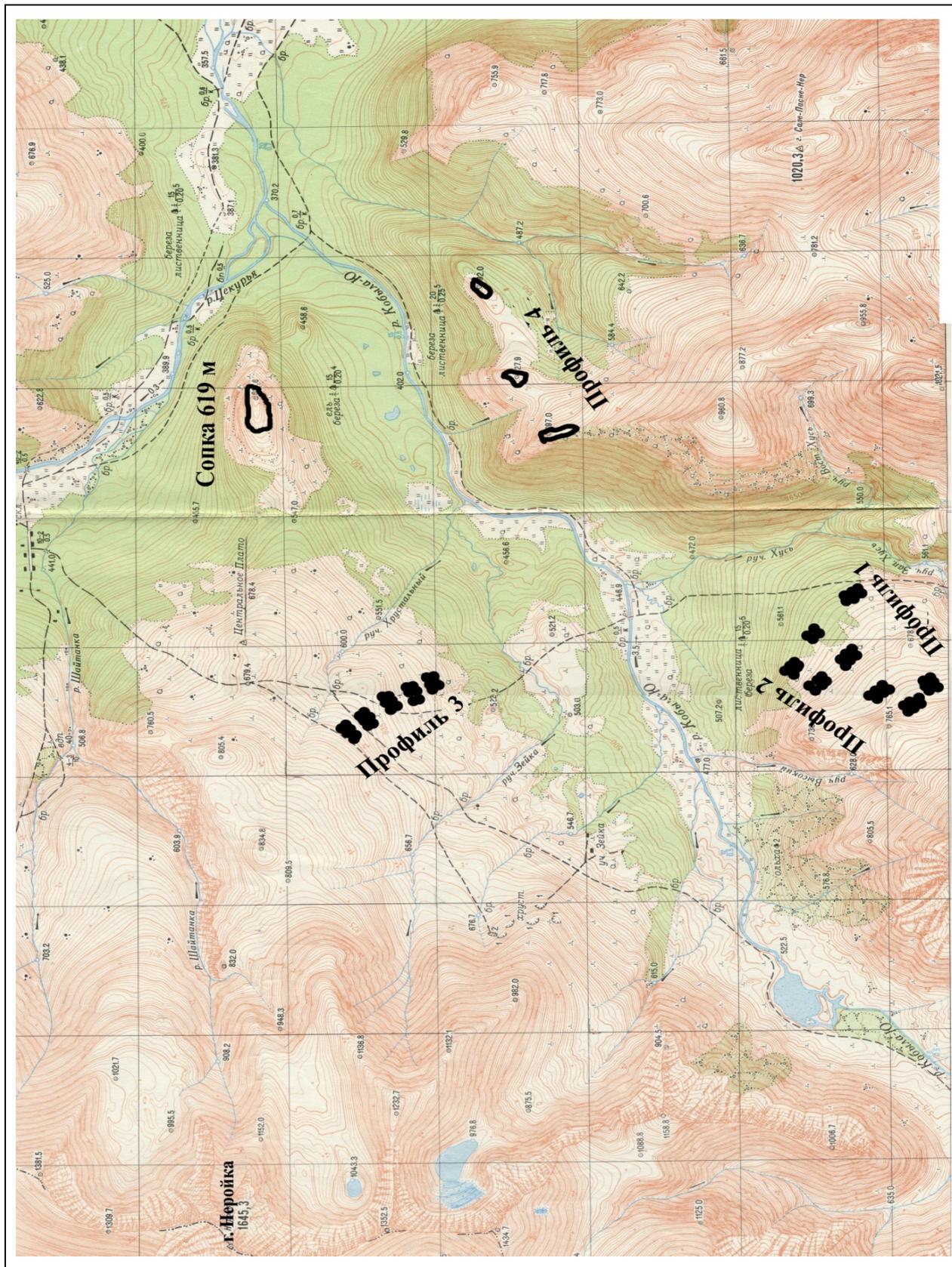


Рис. 4. Размещение высотных профилей в районе исследований:
 1 – первый профиль г. Хусь-Ойка; 2 – второй профиль г. Хусь-Ойка;
 3 – профиль г. Нер-Ойка; 4 – профиль г. Сале-Пасне-Нер

Таблица 1

Объем выполненных работ

Переделы работ	Высотные профили			
	Хусь-Ойка № 1	Хусь-Ойка № 2	Нер-Ойка	Сале-Пасне- Нер
Обследованная площадь, га	0,66	2,2	1,28	2,42
Количество измеренных деревьев, шт.	430	1059	350	188
Количество учтенных особей подраста, шт.	121	1231	476	310
Количество определений возраста деревьев, шт.	318	785	241	152
Количество срубленных модельных деревьев, шт.	-	30	-	-
Количество взятых образцов древесины (шайб), шт.	-	170	-	-
Количество взятых навесок ветвей, шт.	-	30	-	-
Количество взятых навесок хвои, шт.	-	30	-	-

Математико-статистическая обработка экспериментальных данных проводилась с помощью компьютерных программ «Excel 2003, 2007», «Statgraphics Plus», «Adobe. Photoshop».

Результаты камеральной обработки материалов, статистико-математических расчетов, анализа разновременных фотоизображений приводятся в соответствующих главах и приложениях настоящей работы.

3. ОЦЕНКА ЛОКАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ МЕСТОПРОИЗРАСТАНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ УСЛОВИЙ СРЕДЫ НА СТАЦИОНАРНЫХ ВЫСОТНЫХ ПРОФИЛЯХ

3.1 Проблема изменения климата

В последние десятилетия мировое сообщество проявляет особый интерес к проблеме современного потепления климата. Так, в 1979 и 1990 гг. прошли Всемирные конференции по климату, в 1980 г. организован ряд международных научных семинаров по Программе ООН окружающей среды (ЮНЕП) и Всемирной метеорологической организации (ВМО). В 1992 г. была принята Рамочная Конвенция ООН об изменении климата (Рио-де-Жанейро). В 1997 г. представителями 84-х стран мира подписан Киотский протокол, направленный на решение данной проблемы. С 1988 г. началась деятельность Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК). Результаты многолетних исследований данной организации не раз освещались в литературе (Оценки ..., 1992, 1993; Изменение климата..., 2001; Изменение климата..., 2007).

В последних докладах МГЭИК (Изменение климата..., 2001; Изменение климата..., 2007) указывается, что средняя годовая температура в течение XX в. увеличилась на 0,6 – 0,2 °С, а одиннадцать из двенадцати лет периода с 1995 по 2006 г. попали в число двенадцати самых теплых лет по результатам инструментальных измерений глобальной приземной температуры с 1850 г. Рост температуры наблюдается по всему земному шару, причем он более значительный в высоких северных широтах. Также в течение XX в., увеличилось количество выпадающих осадков, особенно в средних и высоких широтах северного полушария. На изменение (потепление) климата в XX в. указывают и другие исследователи: Борзенкова, (1999); Будыко, Ефи-

мова, Строкина, (1999); Ваганов, Шиятов, Мазепа, (1996); Груза, Ранькова, (2004); Ефимова и др., (2004); Израэль, (2005); Кокорин, Грицевич, Сафонов, (2004); Хапаев, (1976); Briffa и др., (1995).

На фоне меняющихся климатических условий наблюдается увеличение глобального и среднего уровня моря (в среднем ежегодно на 1-2 мм), повсеместное отступление неполярных ледников, подтаивание в некоторых частях полярных, субполярных и горных районах вечной мерзлоты, сдвиги в сторону полюса и вверх по высоте над уровнем моря границ произрастания растений и животных и т.д. (Изменение климата ..., 2007).

Эти же авторы считают что, весьма вероятно, наблюдаемое с середины XX столетия повышение глобальных средних температур большей частью вызвано наблюдаемым повышением концентраций антропогенных парниковых газов. Так, атмосферная концентрация углекислого газа увеличилась на $31 \pm 4 \%$ (с 280 млн^{-1} за период с 1000 по 1750 г. до 368 млн^{-1} в 2000 г.), метана – $151 \pm 25 \%$ (с 700 млрд^{-1} до 1750 млрд^{-1}) и озона на $17 \pm 5 \%$ (с 270 млрд^{-1} до 316 млрд^{-1}) (Изменение климата..., 2001).

Помимо прямых (инструментальных) методов наблюдений за климатом, которые ведутся в различных регионах мира в среднем с 1850 г., существуют и косвенные. Они включают исторические сведения, годовые кольца деревьев, озерные отложения, споро-пыльцевой спектр, палеопочвы и др. В рассматриваемом аспекте наиболее информативным источником с достаточно высоким разрешением являются древесно-кольцевые серии (Шиятов, 1986). С использованием данного метода были выявлены изменения в климате (как потепление, так и похолодание) и в прошлом, причем не только в нашей стране (Адаменко, 1986; Шиятов, 1986; Наурызбаев, Ваганов, 1996; Ваганов, Шиятов, 1998; Шиятов, Мазепа, 2007; Хантемиров, 2009), но и за рубежом (Jacoby et al., 1985; Briffa et al., 1992). Тем не менее, наблюдаемое в XX в. изменение климата значительно превышает предполагаемые естественные тренды.

Согласно ряду сценариев выбросов на последующие два десятилетия, проекция потепления составляет почти $0,2 \text{ }^\circ\text{C}$ за десятилетие. Даже если бы концентрации всех парниковых газов и аэрозолей остались постоянными на уровнях 2000 г., произошло бы, как ожидается, дальнейшее потепление около $0,1 \text{ }^\circ\text{C}$ за десятилетие (Изменение климата..., 2007).

Вполне очевидно, что прогнозируемое изменение климата планеты в будущем будет закономерно усиливать наблюдаемые в XX в. изменения в природных процессах и экосистемах мира. Поэтому человечеству необходимо изучать не только климат прошлого, но и его влияние на природные экосистемы (их отдельные компоненты) для прогнозирования и осуществления рационального и эффективного природопользования в будущем.

3.2. Анализ изменения климата по данным инструментальных наблюдений

На прилегающих к району исследований территориях (север Северного Урала, Приполярный Урал и южная часть Полярного Урала) расположено 18 метеостанций. Однако на большинстве из них наблюдения за климатом начались только в 30, 40-е гг. XX в. Такие данные в наших исследованиях большой ценности не представляют. Наиболее продолжительные и полные метеонаблюдения проводились на станциях Салехард и Березово. Однако, на наш взгляд, их данные не в полной мере отражают климатическую ситуацию в районе исследований, так как первая станция расположена в зоне сильного воздействия арктических воздушных масс Северного Ледовитого океана, а вторая – в очень разветвленной дельте р. Сев. Сосьва и окружена заболоченными территориями Западно-Сибирской низменности.

Исследования динамики средней месячной температуры воздуха были проведены по данным трех метеостанций: Троицко-Печорское, Печора и Саранпауль. Все они находятся в предгорьях Уральского хребта: первые две – на западном макросклоне, а третья – на восточном. Имеющиеся на этих станциях ряды метеоданных представлены с 1888 г. Отсутствующие метеоданные на станциях Саранпауль и Печора были восстановлены расчетным путем по данным метеостанции Троицко-Печорское. Причем, корректность расчетов обеспечивается тем, что между ходом температур на этих трех станциях наблюдается очень тесная связь: коэффициент детерминации (R^2) по различным месяцам варьирует от 72 до 94 %.

Для получения информации об изменении температурного режима были рассчитаны средние летние, зимние и годовые температуры для трех периодов стационарных метеонаблюдений: с 1888 по 1920, с 1921 по 1960 и с 1961 по 2000 гг. Для летнего и зимнего сезонов были

установлены периоды: с июня по август и с ноября по март, соответственно. Значения средних месячных температур по периодам наблюдений приведены в табл. 2, 3.

Таблица 2

Изменение приземной температуры воздуха по данным метеостанции Троицко-Печорское за период с 1888 по 2000 г., °С

Месяц	Периоды метеонаблюдений			Различия
	(1888-1920)	(1921-1960)	(1961-2000)	
Январь	-18,9	-16,6	-18,3	0,6
Февраль	-15,9	-15,9	-15,6	0,3
Март	-9,6	-10,1	-7,3	2,3
Апрель	-0,5	-0,3	-0,5	0,0
Май	5,7	5,8	6,0	0,3
Июнь	12,8	13,3	12,9	0,1
Июль	16,0	15,7	16,3	0,3
Август	12,8	13,5	12,3	-0,5
Сентябрь	6,8	6,9	6,7	-0,1
Октябрь	-1,6	-0,3	-0,8	1,6
Ноябрь	-10,5	-8,0	-9,3	1,2
Декабрь	-16,7	-15,0	-14,7	2,0
Летний сезон (июнь-август)	13,9	14,2	13,9	0,0
Зимний сезон (ноябрь-март)	-14,3	-13,1	-13,0	1,3
Средняя годовая	-1,6	-0,9	-1,0	0,6

На основании данных, представленных в табл. 2, можно отметить, что среднегодовая температура воздуха на метеостанции Троицко-Печорское за исследуемый временной интервал увеличилась на 0,6 °С. Наиболее значительное потепление климата произошло в зимние месяцы (на 1,3 °С). Заметных изменений температуры воздуха в летние месяцы не обнаруживается. Существенно увеличились среднемесячные температуры марта и декабря (2,3 и 2,0 °С, соответственно). Показатели остальных месяцев изменились в меньшей степени. При этом, температура воздуха в августе и сентябре понизилась.

Анализ метеорологических данных станции Печора также свидетельствует о серьезных изменениях климата в данном регионе (табл. 3). Так, средняя годовая температура с 1888 по 2000 г. повысилась на 0,8 °С, а в зимние месяцы – на 1,2 °С. Наблюдается изменение температурного режима и в летние месяцы, но оно незначительное (0,1 °С). Также как и на метеостанции Троицко-Печорское, наибольшее увеличение среднемесячных температур зафиксировано в декабре (2,1 °С) и марте (3,2 °С). Выявляется незначительное уменьшение температуры в августе (-0,4 °С).

Таблица 3

Изменение приземной температуры воздуха по данным метеостанции Печора за период с 1888 по 2000 г., °С

Месяц	Периоды метеонаблюдений			Различия
	(1888-1920)	(1921-1960)	(1961-2000)	
Январь	-20,3	-17,9	-19,7	0,6
Февраль	-17,6	-17,6	-17,0	0,6
Март	-12,3	-13,2	-9,1	3,2
Апрель	-3,3	-3,1	-3,3	0,0
Май	3,2	3,3	3,5	0,3
Июнь	11,3	11,7	11,7	0,4
Июль	15,6	15,2	16,0	0,4
Август	12,3	13,0	11,9	-0,4
Сентябрь	6,3	6,3	6,3	0,0
Октябрь	-2,5	-1,0	-1,6	0,9
Ноябрь	-12,0	-9,2	-10,6	1,4
Декабрь	-18,0	-16,3	-15,9	2,1
Летний период (июнь-август)	13,1	13,3	13,2	0,1
Зимний период (ноябрь-март)	-15,8	-14,9	-14,5	1,3
Средняя годовая	-3,1	-2,4	-2,3	0,8

Аналогичные тенденции в изменении температуры воздуха просматриваются и при анализе метеоданных станции Саранпауль (табл. 4).

Приземная температура воздуха за исследуемый период повысилась на 0,6 °С. Наиболее существенно это произошло в зимний пери-

од (1,3 °С). Практически без изменений остался ход температур в летние месяцы (0,1 °С). Наибольшее увеличение среднемесячной температуры зафиксировано в марте (2,9 °С) и обнаружено незначительное ее понижение в апреле, августе и сентябре (-0,2; -0,4 и -0,1 °С, соответственно).

Таблица 4

Изменение приземной температуры воздуха по данным метеостанции Саранпауль за период с 1888 по 2000 г., °С

Месяц	Периоды метеонаблюдений			Различия
	(1888-1920)	(1921-1960)	(1961-2000)	
Январь	-24,0	-22,0	-23,4	0,6
Февраль	-20,8	-20,7	-20,6	0,2
Март	-13,8	-14,5	-10,9	2,9
Апрель	-3,5	-3,0	-3,7	-0,2
Май	3,8	4,0	3,9	0,1
Июнь	12,0	12,4	12,1	0,1
Июль	16,1	15,9	16,3	0,2
Август	12,6	13,2	12,3	-0,4
Сентябрь	6,2	6,3	6,1	-0,1
Октябрь	-3,7	-2,0	-2,9	0,8
Ноябрь	-15,6	-12,5	-14,4	1,2
Декабрь	-21,8	-20,4	-20,4	1,4
Летний период (июнь-август)	13,6	13,8	13,5	0,1
Зимний период (ноябрь-март)	-19,2	-18,0	-17,9	1,3
Средняя годовая	-4,4	-3,6	-3,8	0,6

Наглядно временная динамика средних температур воздуха по данным метеорологических наблюдений на анализируемых станциях представлена на рис. 5 – 7.

Наиболее отчетливо просматривается тенденция увеличения температуры воздуха в холодный период года. Диапазон изменчивости зимних температур выше, чем летних. Средняя годовая температура также повысилась, но в меньшей степени. Увеличение температуры воздуха в летние месяцы не обнаруживается.

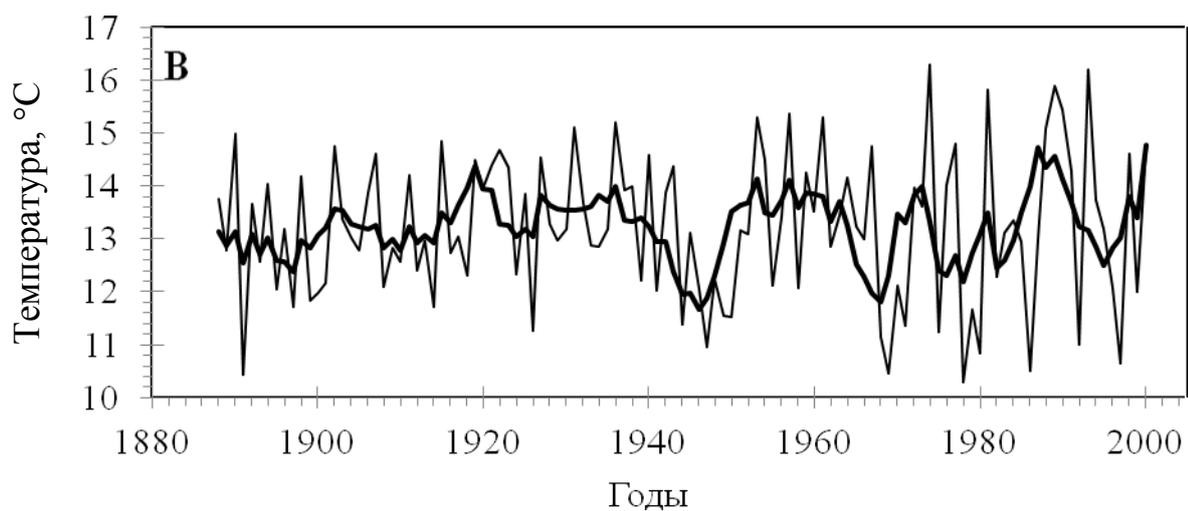
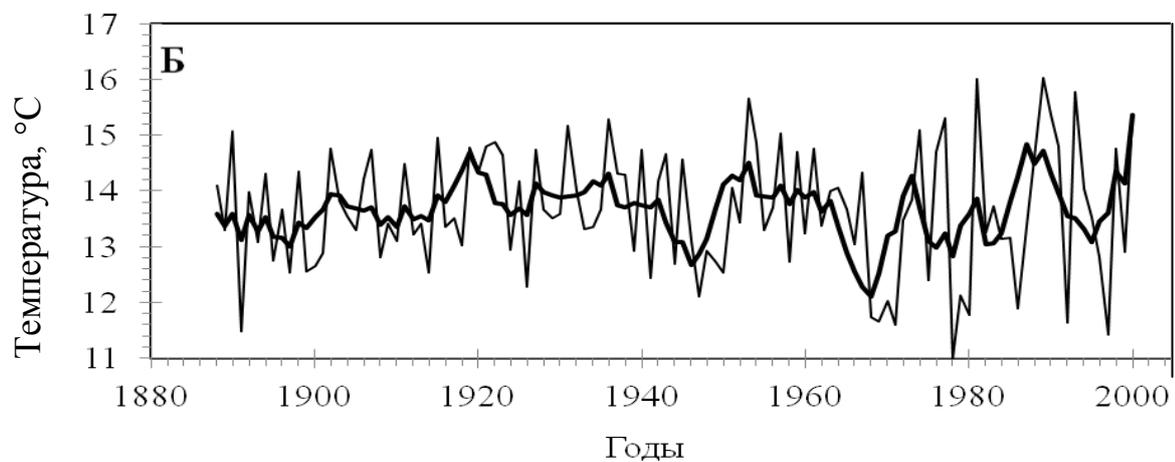
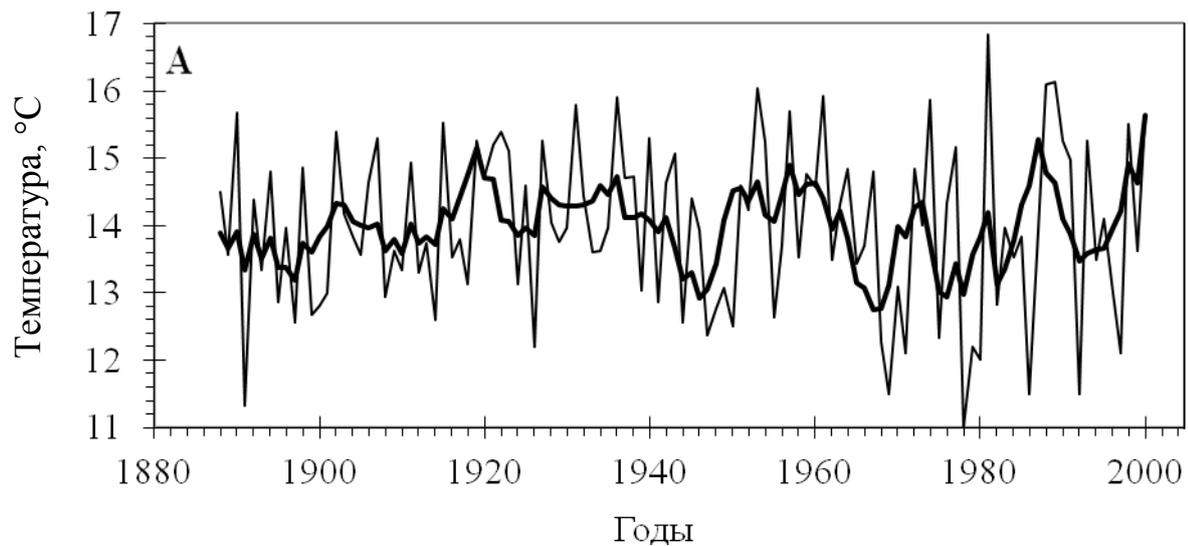


Рис. 5. Динамика средней температуры воздуха теплых месяцев за период с 1888 по 2000 г. по данным метеостанции:
 А – Троицко-Печорское; Б – Саранпауль; В – Печора

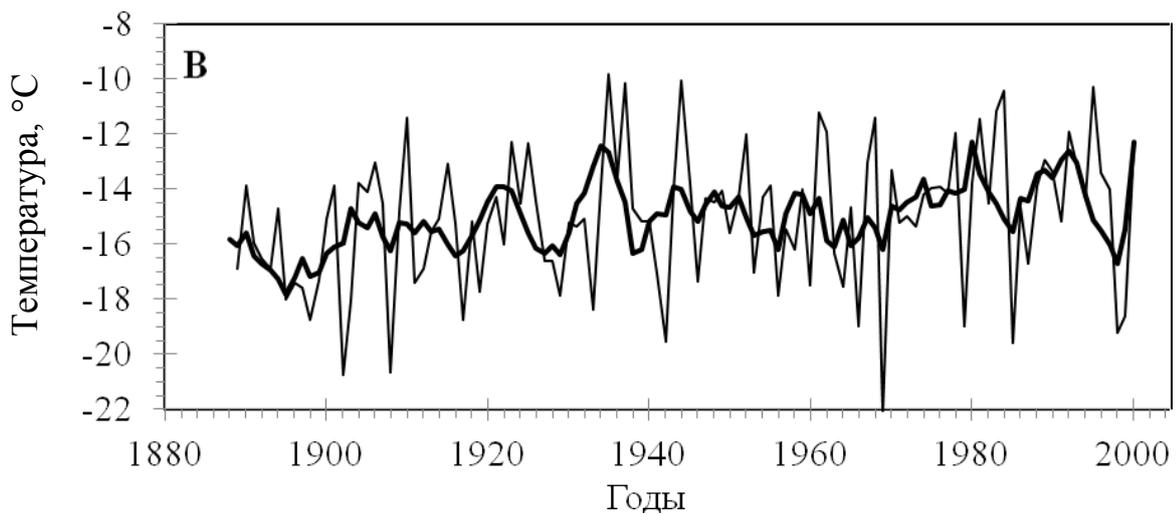
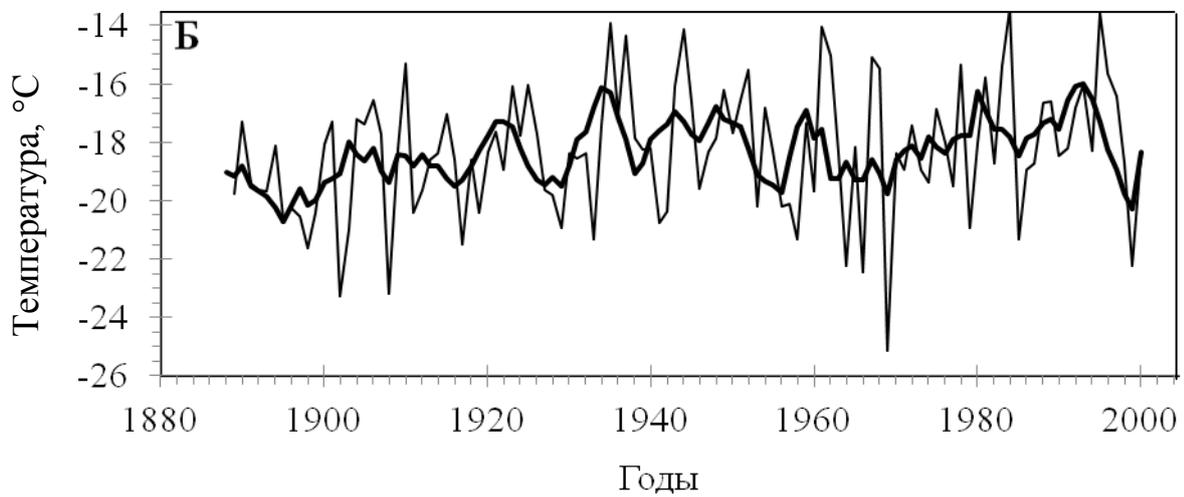
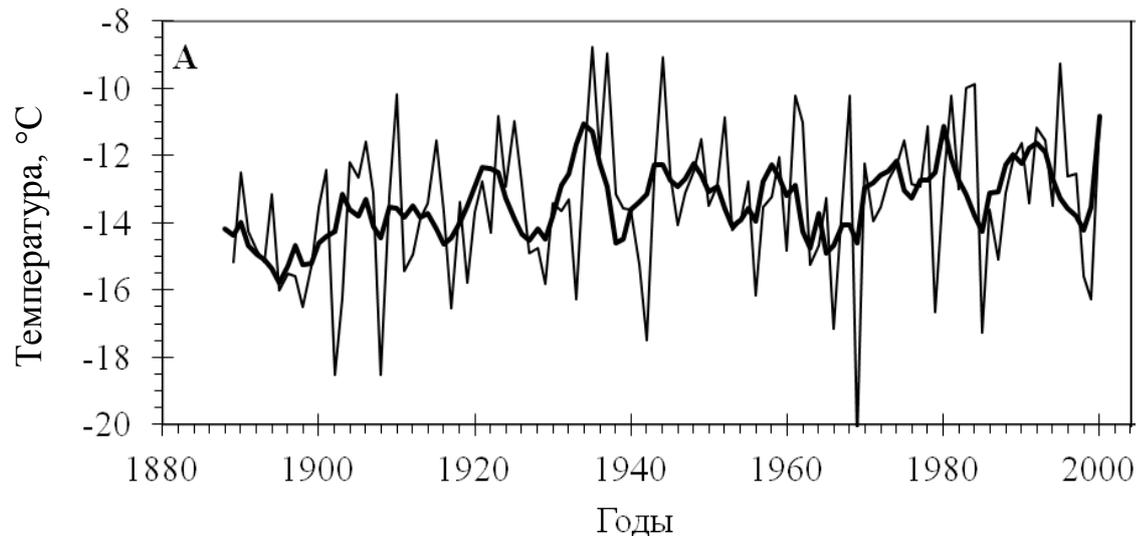


Рис. 6. Динамика средней температуры воздуха холодных месяцев за период с 1888 по 2000 г. по данным метеостанции:
 А – Троицко-Печорское; Б – Саранпауль; В – Печора

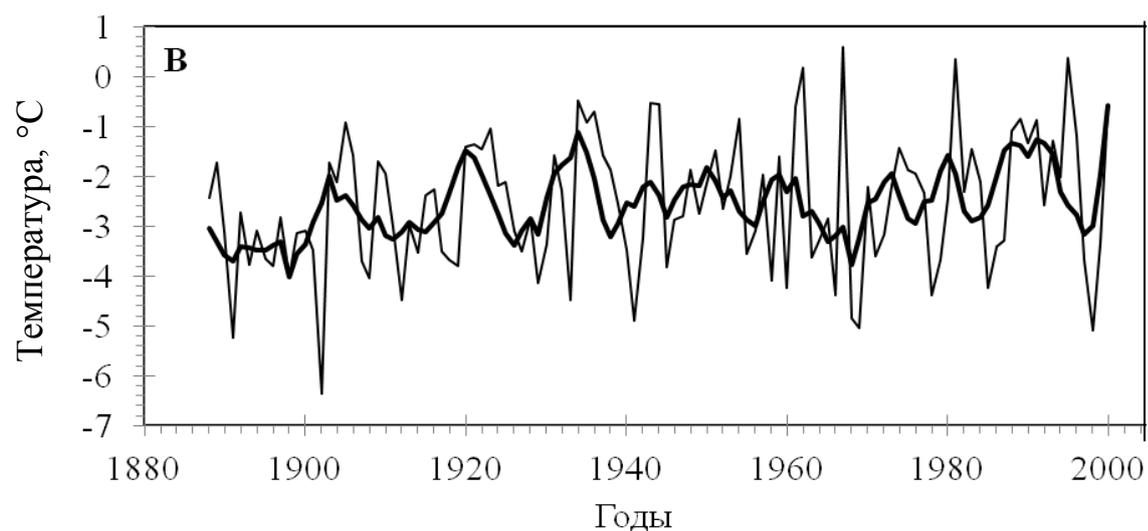
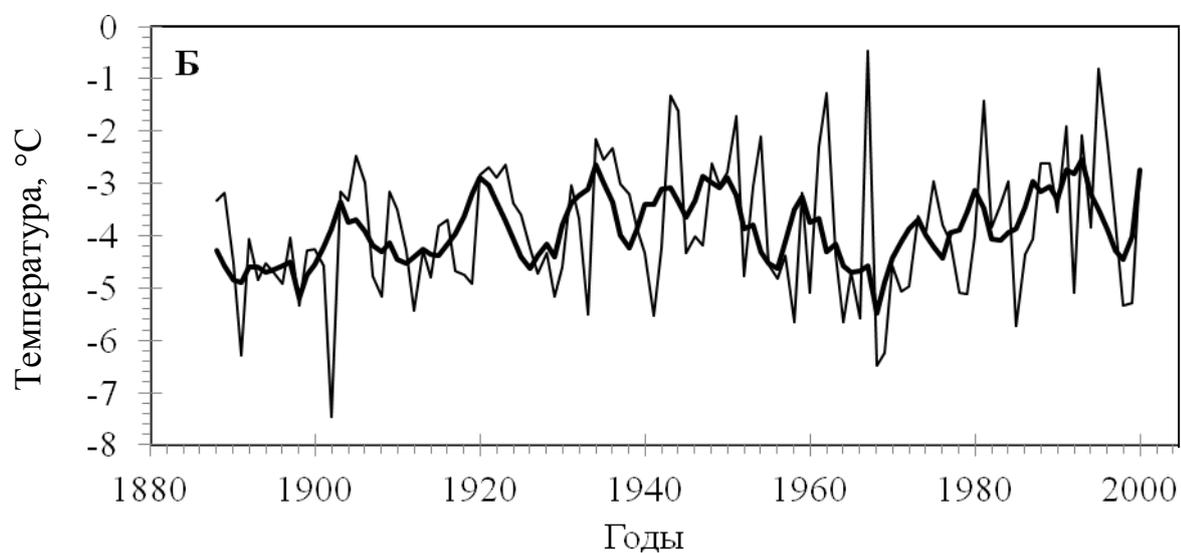
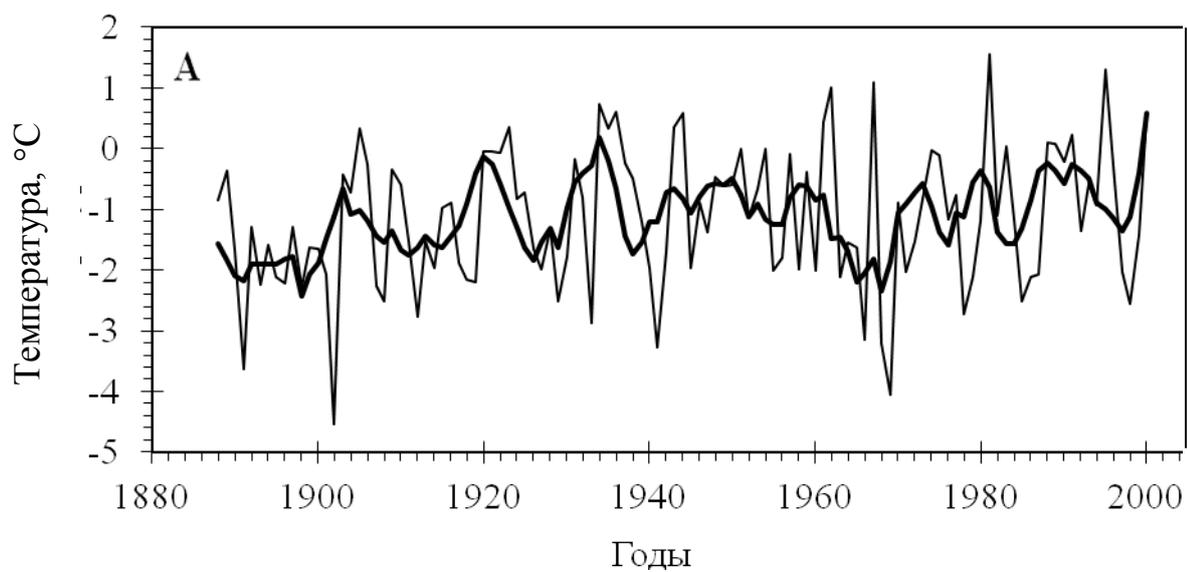


Рис. 7. Динамика средней годовой температуры воздуха за период с 1888 по 2000 г. по данным метеостанции:
 А – Троицко-Печорское; Б – Саранпауль; В – Печора

Изменения в режиме атмосферных осадков нами анализировались по данным метеорологических наблюдений трех метеостанций: Троицко-Печорское, Усть-Щугор и Усть-Цильма. Все они имеют наиболее полные и продолжительные ряды метеонаблюдений (имеющиеся ряды метеоданных представлены с 1890 г.) и расположены на западном макросклоне. На наш взгляд, географическое расположение метеостанций позволяет объективно выявить изменения в режиме атмосферных осадков, так как на Уральские горы существенное влияние оказывают Атлантические воздушные массы с запада.

Анализ был проведен для трех периодов стационарных наблюдений (с 1888 по 1920, с 1921 по 1960 и с 1961 по 2000 г.) по трем показателям: количество осадков за год, теплого (с июня по август) и холодного (с ноября по март) периодов. Результаты соответствующих расчетов представлены в табл. 5 – 7.

Таблица 5

Изменение количества атмосферных осадков по данным метеостанции Троицко-Печорское за период с 1890 по 2000 г., мм

Месяц	Периоды метеонаблюдений			Различия
	(1890-1920)	(1921-1960)	(1961-2000)	
Январь	26	24	43	17
Февраль	17	16	33	15
Март	19	19	30	11
Апрель	24	23	37	13
Май	45	42	52	7
Июнь	56	59	63	7
Июль	63	64	71	8
Август	69	57	77	8
Сентябрь	59	62	61	2
Октябрь	45	47	67	22
Ноябрь	33	30	54	21
Декабрь	30	26	48	19
Летний период (июнь-август)	190	181	211	22
Зимний период (ноябрь-март)	126	114	209	82
Среднее годовое	493	469	636	144

Как показывают данные табл. 5, на метеостанции Троицко-Печорское выпадение осадков наиболее существенно повысилось в январе (17 мм), октябре (22 мм), ноябре (21 мм) и декабре (19 мм).

Это отразилось на существенном увеличении их количества в зимний период (82 мм или 63 %). Количество осадков в летний период выросло всего на 22 мм (10 %). В целом среднее годовое количество осадков за исследуемый временной интервал увеличилось на 144 мм (29 %).

Таблица 6

Изменение количества атмосферных осадков по данным метеостанции Усть-Щугор за период с 1890 по 2000 г., мм

Месяц	Периоды метеонаблюдений			Различия
	(1890-1920)	(1921-1960)	(1961-2000)	
Январь	32	34	44	12
Февраль	24	30	33	9
Март	25	32	31	6
Апрель	22	41	41	19
Май	40	52	46	7
Июнь	59	69	66	7
Июль	74	64	78	4
Август	84	61	79	-5
Сентябрь	63	80	75	12
Октябрь	62	70	67	5
Ноябрь	51	50	61	11
Декабрь	39	38	52	13
Летний период (июнь-август)	209	194	222	13
Зимний период (ноябрь-март)	171	183	222	51
Среднее годовое	562	618	672	110

Закономерные изменения в режиме осадконакопления за период с 1890 по 2000 г. просматривается и по данным метеостанции Усть-Щугор (табл. 6). Так, заметное повышение количества осадков произошло в январе (12 мм), апреле (19 мм), сентябре (12 мм) и декабре (13 мм). Выпадение осадков в августе несколько уменьшилось (на 5 мм). В целом количество осадков и в летний и зимний периоды увеличилось. Однако наиболее существенно это произошло в зимние месяцы (на 51 мм или 30 %). Среднегодовой уровень осадков повысился на 110 мм (20 %).

В табл. 7 приведены данные по количеству атмосферных осадков, полученные на метеостанции Усть-Цильма. Они также свидетельствуют об увеличении количества осадков за исследуемый временной

период. Особенно заметны изменения в выпадении осадков в холодное время года (38 мм). В целом среднее годовое количество осадков повысилось на 92 мм.

Таблица 7

Изменение количества атмосферных осадков по данным метеостанции Усть-Цильма за период с 1890 по 2000 г., мм

Месяц	Периоды метеонаблюдений			Различия
	(1890-1920)	(1921-1960)	(1961-2000)	
Январь	26	29	35	9
Февраль	21	22	27	6
Март	22	26	29	7
Апрель	21	29	32	11
Май	37	42	43	6
Июнь	55	55	55	0
Июль	69	63	63	-6
Август	65	65	70	5
Сентябрь	56	67	59	3
Октябрь	44	56	63	19
Ноябрь	38	42	44	6
Декабрь	28	34	41	13
Летний период (июнь-август)	182	183	187	6
Зимний период (ноябрь-март)	137	154	176	38
Среднее годовое	466	531	558	92

На рис. 8 – 10 приведены графики, показывающие динамику средних летних, зимних и годовых атмосферных осадков на анализируемых метеостанциях. На них хорошо заметно, что за исследуемый временной интервал годовое количество осадков повышалось, особенно в зимний период. Это повышение более явно выражено по данным метеостанций Троицко-Печорское и Усть-Шугор. Существенного повышения осадков в летний период не наблюдалось.

В целом можно констатировать, что климат в данном регионе стал более теплым и влажным. Причем наиболее существенное повышение приземной температуры воздуха и количества выпадающих осадков произошло за счет зимних месяцев.

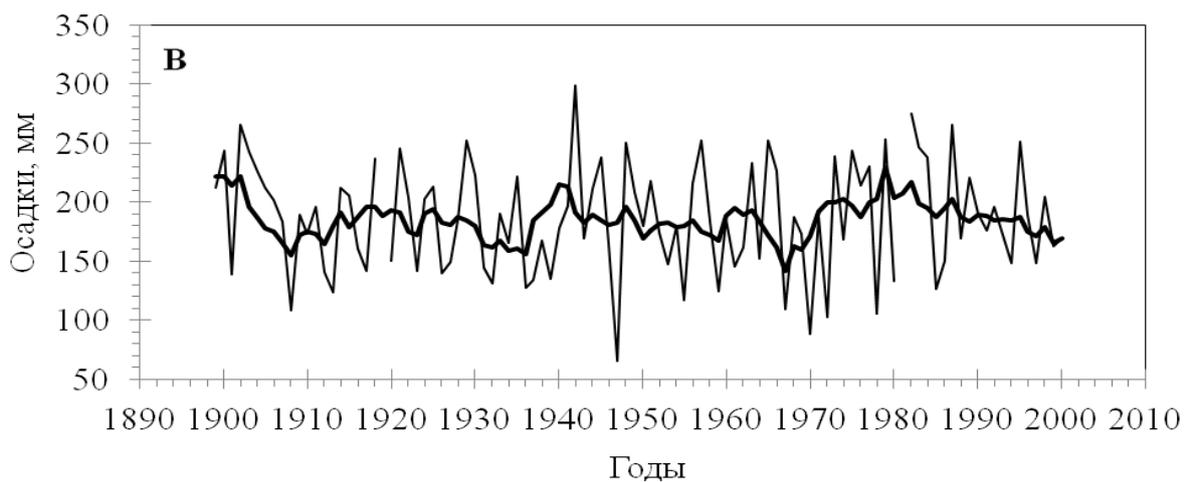
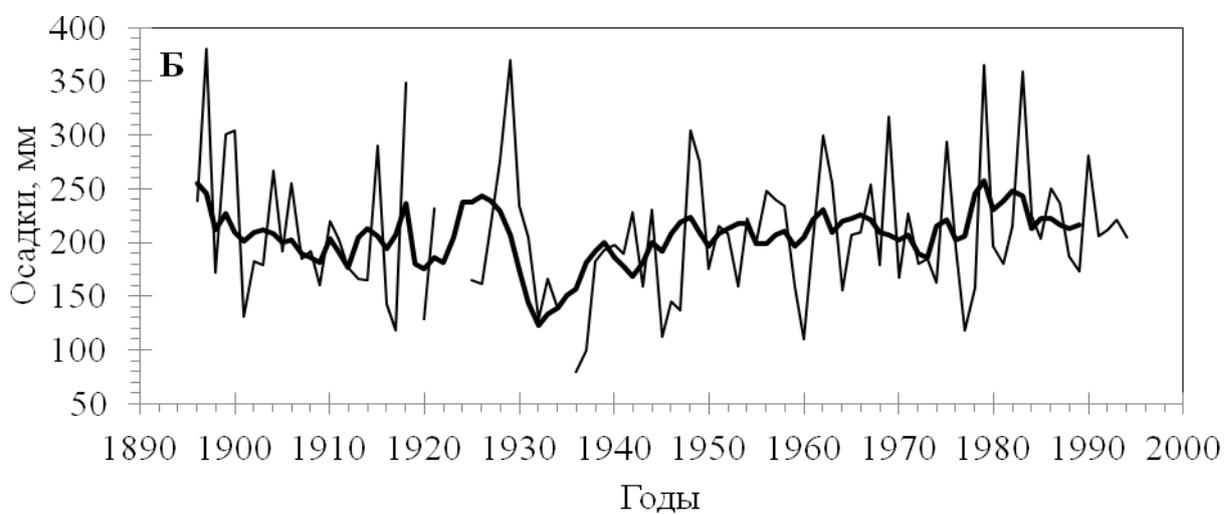
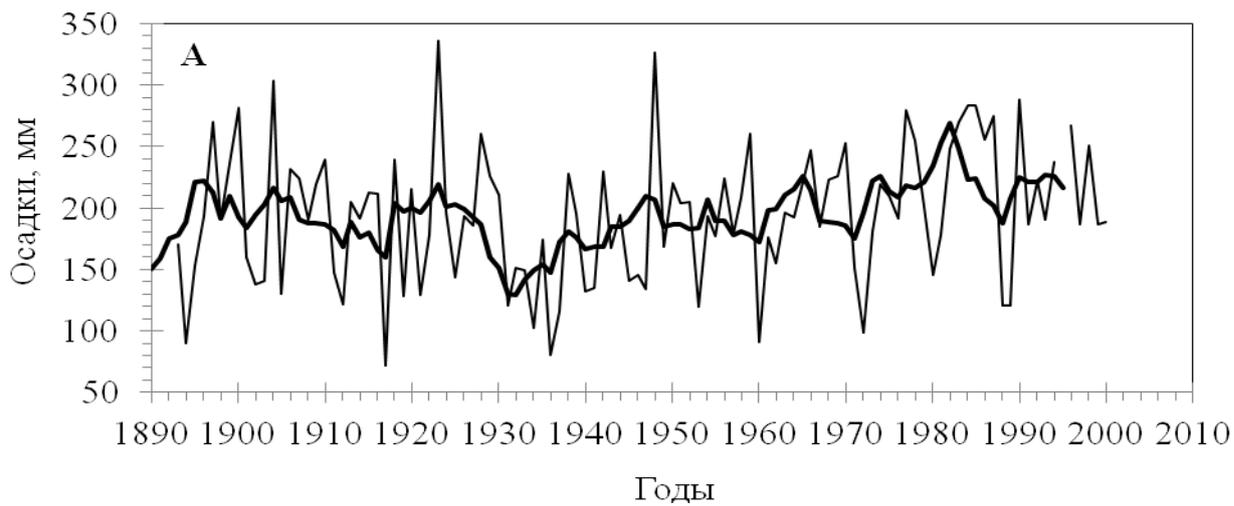


Рис. 8. Изменение количества атмосферных осадков теплых месяцев за период с 1890 по 2000 г. по данным метеостанции:
 А – Троицко-Печорское; Б – Усть-Щугор; В – Усть-Цильма

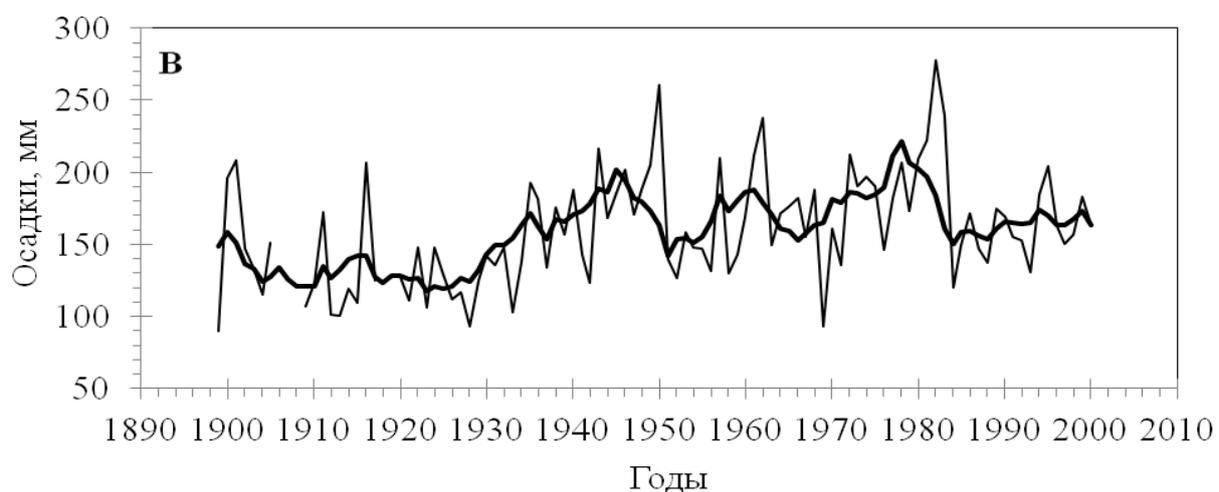
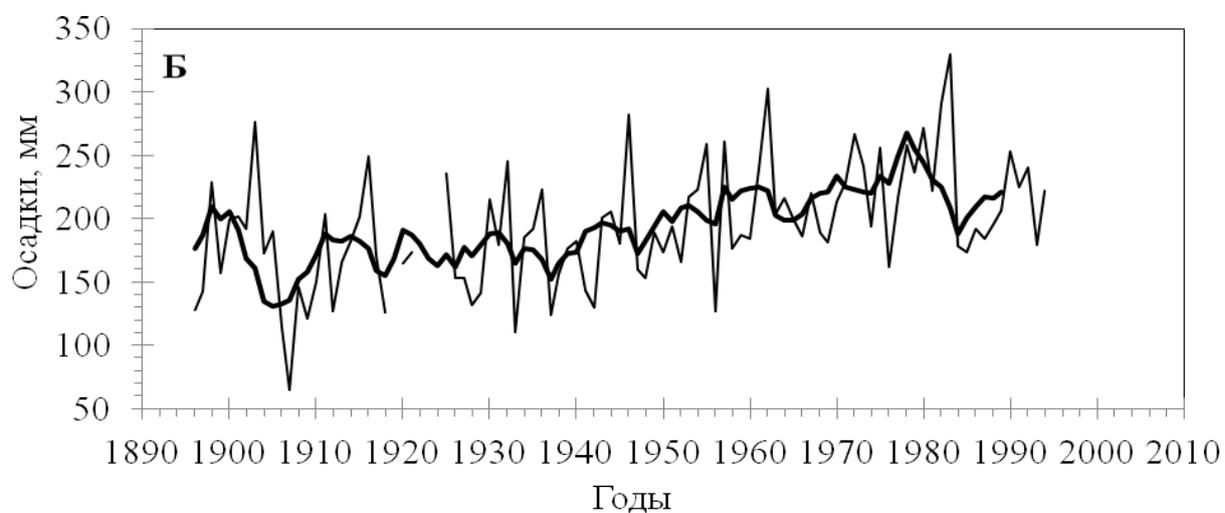
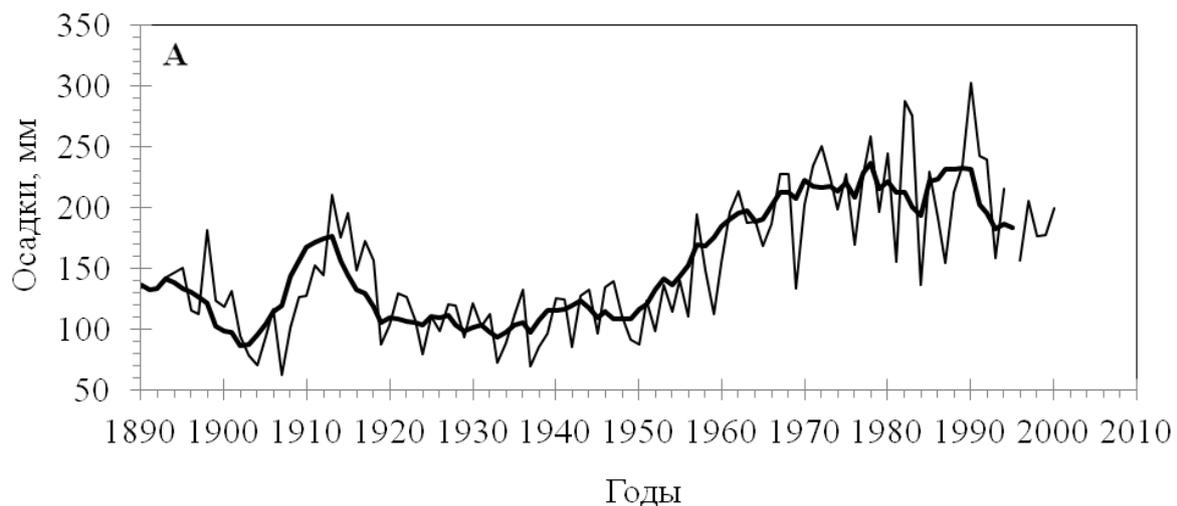


Рис. 9. Изменение количества атмосферных осадков холодных месяцев за период с 1890 по 2000 г. по данным метеостанции:
 А – Троицко-Печорское; Б – Усть-Шугор; В – Усть-Цильма

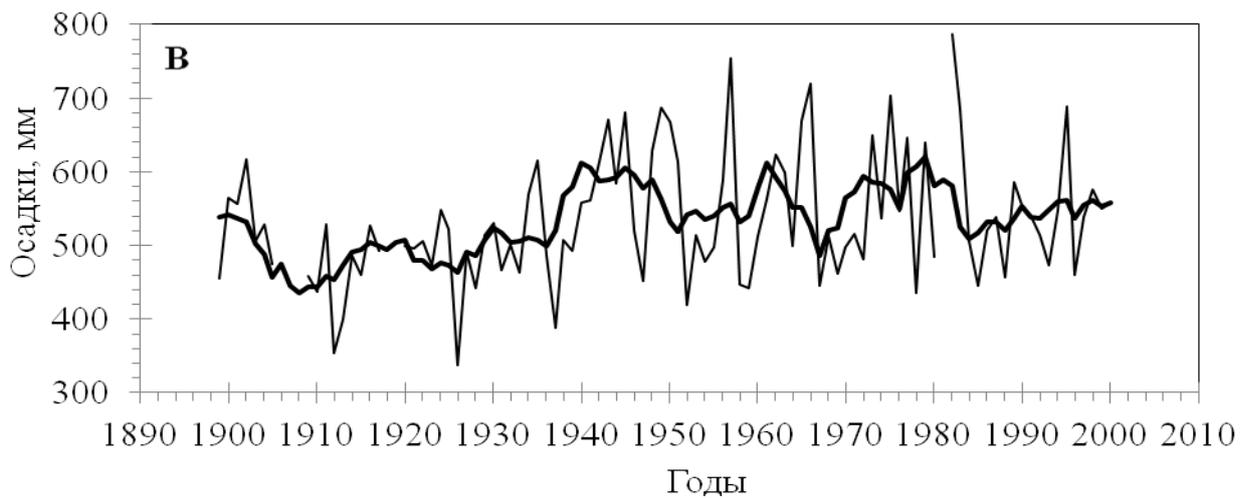
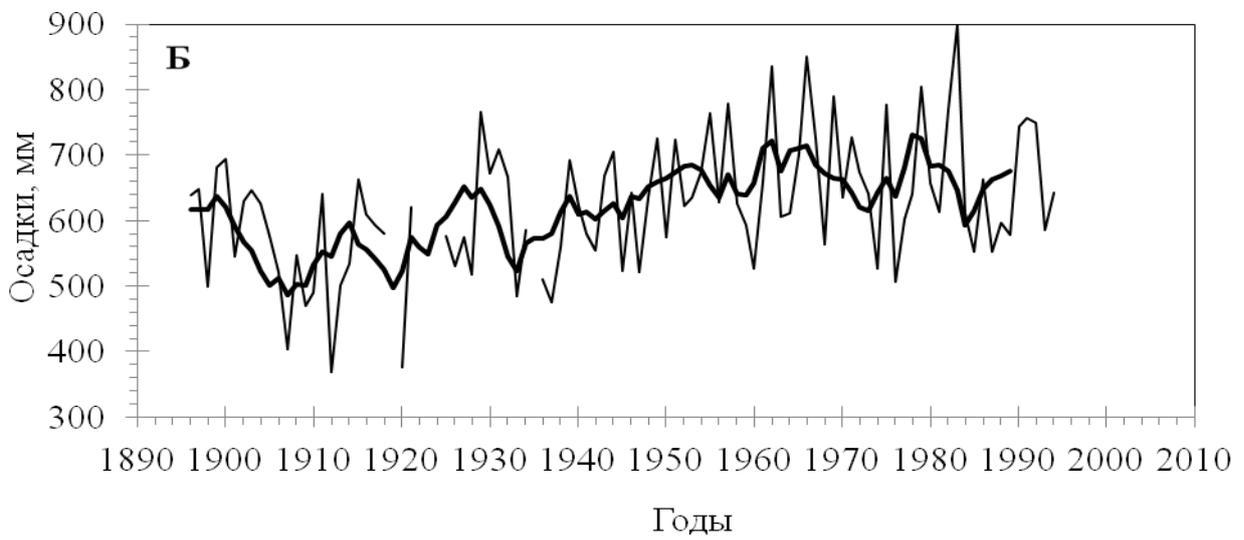
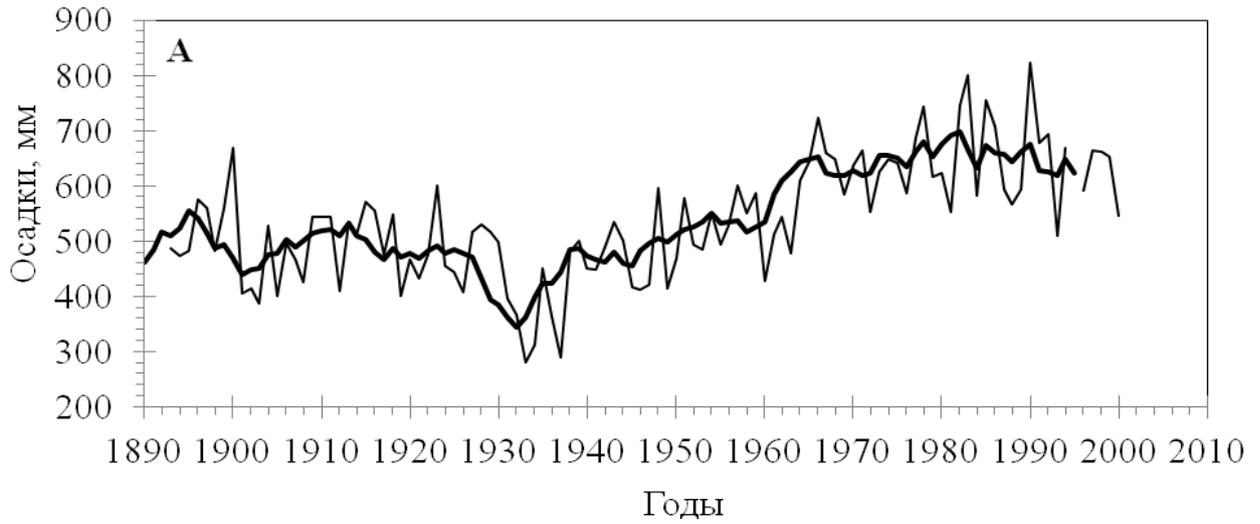


Рис. 10. Изменение количества годовых атмосферных осадков за период с 1890 по 2000 г. по данным метеостанции:
 А – Троицко-Печорское; Б – Усть-Шугор; В – Усть-Цильма

Полученные результаты хорошо согласуются с материалами подобных исследований в других районах Урала (Shiyatov, 1995, 2003; Ваганов, Шиятов, Мазепа, 1996; Shiyatov S.G. et al, 2001; Shiyatov S., Tchekhlov O., 2001; Мазепа, 2001, 2002; Шиятов, 2000; Шиятов и др., 2002 (а); Шиятов и др., 2002 (б); М.А. Gurskaya, S.G. Shiyatov, 2002; Moiseev P.A., Shiyatov S.G., 2003; Моисеев и др., 2004; Бабенко, 2006; Капралов, 2007; Капралов и др., 2007; Бартыш, 2008; Дэви, 2008; Фомин, 2008; Мазепа, Шиятов, 2009; Шалаумова и др., 2010).

3.3. Характеристика локальных условий местопроизрастания на заложенных высотных профилях

Оценка условий местопроизрастания древостоев на заложенных высотных профилях проводилась по пяти показателям: высота над уровнем моря, экспозиция и крутизна склонов, степень увлажнения почвы и мощность снежного покрова на конец зимы. Указанные показатели в разрезе высотных уровней приведены в табл. 8 – 10.

Анализируя табличные данные необходимо отметить следующее. Существенных различий по высоте над уровнем моря между исследуемыми профилями нет. Это объясняется методической установкой, которая предполагала исследование древостоев на одних и тех же высотных отметках, но в различных типах условий местопроизрастания.

Таблица 8

Характеристика условий местопроизрастания на ветрообдуваемых участках г. Сале-Пасне-Нер

Показатели	Верхний уровень	Средний уровень	Нижний уровень	Сопка
Высота над уровнем моря, м	700	625	570	619
Экспозиция склона	Перевал	Перевал	Перевал	Перевал
Крутизна склона, град.	5-10	0-5	0-5	0-5
Степень увлажнения почвы	Временно сухие	Временно сухие	Временно сухие	Сухие
Мощность снежного покрова на 17 марта, см	20	35	50	20

Участки, подверженные экстремальным ветровым нагрузкам г. Сале-Пасне-Нер, расположены на северном склоне и приурочены к

перевалам (табл. 8). По крутизне склонов существенных различий между участками не обнаруживается. Только на верхнем участке она несколько выше (5 – 10 °С).

Степень увлажнения почвы на всех участках г. Сале-Пасне-Нер оценивается как временно сухая и не связана с высотой над уровнем моря. На вершине сопки почвы сухие. Изучение глубины снежного покрова показало, что на г. Сале-Пасне-Нер она увеличивается по мере уменьшения высоты над уровнем моря. Однако снег здесь накапливается в небольших количествах (20-50 см) из-за сильного воздействия ветров. Аналогичные тенденции в режиме снегонакопления обнаружил А.А. Бартыш (2008) в горах Северного Урала (Тылайско-Конжаковско-Серебрянский горный массив).

Характеристика условий местопроизрастания лиственничников, произрастающих на профиле г. Нер-Ойка, представлена в табл. 9.

Таблица 9

Характеристика условий местопроизрастания
на профиле г. Нер-Ойка

Показатели	Верхний уровень	Средний уровень	Нижний уровень
Высота над уровнем моря, м	700	650	600
Экспозиция склона	ЮВ		
Крутизна склона, град.	15-25	15-20	10-15
Степень увлажнения почвы	Свежие	Свежие	Свежие
Мощность снежного покрова на 17 марта, см	162	148	105
Максимальная мощность снежного покрова, см	-	290	300
Средняя мощность снежного покрова, см	-	219	202

Данный склон имеет юго-восточную экспозицию, и по мере продвижения от нижнего уровня к верхнему крутизна его увеличивается (с 10° до 25 °С). Причем, существует положительная зависимость мощности снежного покрова от высоты над уровнем моря. Данный профиль находится на склоне водораздельного хребта, и в зимнее время через расположенный выше перевал с запада перемещается большое количество снега, который в большей степени задерживается древостоями верхнего уровня.

Профили г. Хусь-Ойка расположены на склоне северо-западной экспозиции (табл. 10).

Таблица 10

Характеристика локальных условий местопроизрастания
на профилях г. Хусь-Ойка

Показатели	Березовый профиль (I)			Лиственничный профиль (II)		
	Верхний уровень	Средний уровень	Нижний уровень	Верхний уровень	Средний уровень	Нижний уровень
Высота н.у.м., м	600	650	705	600	650	705
Экспозиция склона	С-3					
Крутизна склона, град	10-15	-	10-15	10	5-10	10-15
Степень увлажнения почвы	Свежие	-	Свежие	Свежие	Свежие	Свежие
Средняя мощность снежного покрова, см	104	-	141	50	150	115
Максимальная мощность снежного покрова, см	-	-	330	-	290	295

Существенных различий по крутизне склона между профилями не обнаруживается (от 5 до 15 °С). Степень увлажнения почвы везде оценивается как свежая и не зависит от высоты над уровнем моря. Мощность снежного покрова в березовом профиле закономерно увеличивается по мере продвижения от верхнего уровня к нижнему (от 104 до 141 см). Это связано с тем, что в нижней части профиля густота и сомкнутость древостоев значительно выше и снега там задерживается больше, чем в его верхней части. На лиственничном профиле наблюдается иное распределение снежных масс по склону. Максимальное количество снега сосредоточено на среднем уровне (150 см). На верхнем уровне его в три раза меньше (50 см), а на нижний уровень по мощности снега занимает промежуточное положение между верхним и средним уровнями (115 см). По-видимому, на режим снегонакопления на данных участках склона влияют не только густота и сомкнутость древостоев, но и особенности мезорельефа, для выявления которых требуются дополнительные исследования.

В целом можно отметить, что изучаемые объекты расположены на склонах различной экспозиции и крутизны. По степени увлажнения почвы существенно отличаются от остальных профилей только ветробойные участки. Каждый профиль имеет свои отличительные особенности в изменении мощности снежного покрова по мере продвижения от верхнего уровня к нижнему.

Обобщая все выше изложенное, можно сделать следующие выводы:

1. Климат в районе исследований за анализируемый период стал более теплым (на 0,6 – 0,8 °С) и влажным (среднегодовое количество осадков повысилось почти на 30 %).

2. Наиболее существенное повышение приземной температуры воздуха и количества осадков произошло в зимние месяцы. Температурный режим и режим осадконакопления летних месяцев изменился в меньшей степени.

3. Высотные уровни исследуемых профилей (не смотря на примерно одинаковые значения высоты над уровнем моря) отличаются по условиям местопроизрастания растительности.

4. Расположение профилей относительно элементов рельефа позволяет изучать формирование древостоев в ЭВГДР с учетом локальных условий местопроизрастания на фоне глобальных изменений климата.

4. ДИНАМИКА ВЕРХНЕЙ ГРАНИЦЫ ДРЕВЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ

4.1. Состояние вопроса

Наиболее перспективными для исследования реакции экосистем на изменение климата являются экосистемы высокогорных и высокоширотных районов. Данные природные объекты как правило не подвержены влиянию антропогенных факторов и поэтому, изучая их можно получить наиболее надежные и достоверные результаты (Шиятов, 1964).

Верхние и полярные пределы распространения древесной растительности и происходящие в них динамические процессы не случайно в последние десятилетия привлекают внимание исследователей всего мира: Gorchakowsky и Shiyatov, 1978; Denton and Karlen, 1977; Dunwiddie, 1977; Kullman, 1979, 1981, 1986, 1997, 2001, 2003, 2007; Payette and Lajeunesse, 1980; Vale, 1981; Houstone, 1982; Kearney, 1982; Ågren et al., 1983; Шиятов, 1983, 2009 (а); Payette, Gargon, 1979; Scott, et al., 1987; Scuderi, 1987; Wardle, Coleman, 1992; Jakubos, Romme, 1993; Shiyatov, 1995; Little et al., 1994; Weisberg, Baker, 1995; Taylor, 1995; Woodward et al., 1995; Lloyd, 2003; Lloyd and Graumlich, 1997; Kullman, Engelmark, 1997; Körner, 1998, 2003; Моисеев и др., 2004; Holtmeier, Broll, 2005, 2007; Харук и др., 2008; Kullman, Öberg, 2009.

Общеизвестно, что верхняя граница леса – важный биогеографический рубеж в горах, чутко, реагирующий на изменение условий среды, и поэтому имеет индикаторное значение (Горчаковский, Шиятов, 1985). В XX в. увеличение сомкнутости лесов и смещение по высотному градиенту их верхней границы распространения отмечено в России (Шиятов, 1964, 1983, 2000, 2009 (б); Шиятов, Мазепа, 2007; Моисеев и др., 2004, 2008, 2010; Бартыш, 2008; Капралов, 2006), в США (Hessl, Baker, 1997; Agee и Smith, 1984; Rochefort и Peterson, 1996; Woodward et al., 1995; Franklin et al., 1971; Taylor, 1995; Lloyd, 2003 и др.), в Канаде (Scott et al., 1987; Brink, 1959; Kearney, 1982; Payette, Filion, 1985 и др.), в Швеции (Kullman, Engelmark, 1997; Kullman

1979, 1997, 2009; Kullman, Öberg 2009), в Новой Зеландии (Wardle, Coleman, 1992) и т.д.

Анализ литературных источников показал, что мнения исследователей о факторах, положительно влияющих на динамику верхней границы древесной растительности, весьма неоднозначны. Так, часть исследователей (Dunwiddie, 1977; Kearney, 1982; Hessler, Baker, 1997; Jacobos and Romme, 1993; Taylor, 1995; Woodward et al., 1995, Körner, 1998, 2003) считает, что экспансии леса благоприятствует изменение средних, минимальных температур и количество осадков в летний период, так как от этих показателей зависит интенсивность физиологических процессов у древесных видов в наиболее важный период их жизненного цикла, другие авторы (Little, Peterson, 1994) – теплая весна и влажное лето, и увеличение количества осадков (Agee и Smith, 1984).

По мнению группы исследователей (Lavoie, Payette, 1992; Weisberg, Baker, 1995; Kullman, Engelmark, 1997), форма роста (стланиковая, многоствольная, одноствольная) и выживание древесных пород на своих верхних и полярных пределах распространения во многом зависят от условий, складывающихся в холодное время года (мощность снежного покрова, температура воздуха и скорость ветра), определяющих термический режим почв и степень повреждения снежной абразией частей растений, находящихся выше уровня снега.

Ряд авторов (Harsch et al., 2009) провели анализ 166 публикаций, посвященных изучению динамических процессов на верхних пределах распространения древесных видов в различных высокогорных регионах мира. По их данным в большинстве литературных источников наиболее существенные изменения в растительности наблюдались в тех регионах, где в последнем столетии отмечалось более значительное увеличение температур холодного периода года.

Л. Куллман и Л. Оберг (Kullman, Öberg, 2009), повторно обследовав описанные в начале XX в. древостои в высокогорьях Скандинавии, установили, что верхняя граница групп деревьев высотой более 2 м выходит на самые высокие позиции в более многоснежных районах. Причем с 1915 г. продвижение наблюдалось в наибольшей степени на вогнутых и защищенных от ветров участках склонов.

В нашей стране одним из наиболее перспективных объектов для изучения пространственных сдвигов верхних пределов древесной растительности является Уральский хребет (Урал). Это объясняется относительной доступностью объектов изучения и значительной протяженностью Уральских гор с севера на юг, что позволяет наблюдать

динамику растительных сообществ в различных климатических зонах (Шиятов, 1964).

Началом изучения природы высокогорий Урала условно можно считать середину XIX в. В это время в литературе появляются первые и достаточно эпизодичные упоминания о растительности верхних рубежей древесной растительности (Ковальский, 1853; Гофман, 1856; Семенов, 1865). Так, один из участников экспедиции, снаряженной императорским географическим обществом 1847, 1848 и 1850 гг. М. Ковальский (1853) писал: «На всем протяжении Уральских гор, от 61 градуса широты до берегов моря, то есть на том пространстве, которое было исследовано экспедицией, леса не представляют большого разнообразия. В южной части покрыты преимущественно хвойным лесом; ель, пихта и лиственница наиболее встречаются; реже кедр и сосна. Лиственница поднимается наивыше на склонах гор. Из других родов деревьев попадают только березовые рощи, и то редко. Приближаясь к северу, разнообразие хвойных лесов быстро уменьшается и, наконец, остается только одна лиственница». Также автор в своей работе приводит данные о высотном расположении верхней границы леса в некоторых районах Урала.

Начиная с появления первых упоминаний и описаний границы леса, вплоть до середины XX в. в литературе в основном приводятся факты снижения верхнего предела лесов относительно уровня моря (отмирание отдельных деревьев или целых лесных массивов) на Южном Урале (Тюлина, 1931), Северном (Федоров, Иванов, 1886; Шенников, 1923; Корчагин, 1940), Приполярном (Городков, 1926; Сочава, 1930) и Полярном (Ковальский, 1853; Шутов, 1914; Сукачев, 1922; Игошина, 1931; Андреев и др., 1935). Так, например, М. Ковальский пишет: «На широте $66^{\circ}40'$, на западной стороне Урала, в тех местах, где уже на голой тундре не видно никакого дерева, даже порядочного кустарника, экспедиция нашла довольно большое пространство, покрытое остатками, погибшего березового леса. Эти остатки, почти сгнившие, не давали уже никакой надежды на его возрождение». Большинство из вышперечисленных авторов наблюдаемые явления в растительности связывали непосредственно с ухудшением климатических условий.

С появлением работ Б.А. Тихомирова (1941), В.С. Говорухина (1947), В.Б. Куваева (1952) и др. сложившееся мнение многих исследователей о снижении верхней границы леса на Урале приобретает достаточно неопределенный характер.

Б.А. Тихомиров (1941), проанализировав по отдельным пятилетиям прироста по высоте и диаметру у взятых 60 модельных деревьев в высокогорьях Южного Урала, сделал вывод о том, что с 1930 по 1940 г. процессы роста несколько активизировались. По мнению автора, увеличенный прирост деревьев свидетельствует об улучшении климатических условий.

В.С. Говорухиным (1947) подмечено наличие благонадежного подроста в редколесьях тундры, обильное плодоношение крайних северных деревьев, продвижение кедра и пихты в область северных хвойных лесов, а также тайги в лесотундру и редколесий в тундру. Автор отмечает, что на границе горных лесов он встречал 300 – 400-летние деревья ели, далеко расположенные относительно друг друга, между которыми обильно появляется молодое поколение извилистых берез и елей.

На основе проведенных исследований в горах Приполярного Урала В.Б. Куваев (1952) констатирует продвижение древесной растительности вверх по склонам.

Большой вклад, в том числе методологический, в изучение верхней границы леса и ее динамики внесли П.Л. Горчаковский и С.Г. Шиятов.

П.Л. Горчаковский (1954) указывает, что наиболее надежные выводы о смещении верхних пределов лесов можно сделать на основе изучения естественного возобновления в подгольцовых древостоях и выше границы леса и состояния древесных пород (прироста, конкретных причин отмирания).

Этот же автор (Горчаковский, 1954) отмечает продвижение верхней границы леса по высотному градиенту на Южном и Северном Урале. Такой вывод он делает на основе обнаружения им хорошего возобновления на верхней границе леса и выше ее на 100 – 150 м на тех участках склонов, где сформировался мелкоземистый субстрат. В качестве доминирующих древесных пород в этом процессе автор указывает березу извилистую, лиственницу Сукачева и ель сибирскую. Продвижение растительности в горы П.Л. Горчаковский связывает непосредственно с потеплением климата.

С.Г. Шиятов (1962) указывает на наличие под пологом изреженных древостоев молодого поколения лиственницы, возраст которого не превышает 40 – 45 лет на Полярном Урале. По мнению автора, поднятие отдельных участков лесных массивов вверх по склонам началось в 20-х гг. XX в.

Этот же автор (Шиятов, 1962) отмечал, что наиболее ярко климатические смены выражены и хорошо прослеживаются в местах, где те или другие растительные сообщества находятся в условиях, крайних для их существования. Где даже незначительные изменения комплекса климатических факторов (или даже одного ведущего) вызывает заметное изменение в направлении динамики растительного покрова. Растительные сообщества, произрастающие на своих верхних пределах, не подвержены существенному антропогенному влиянию и дают возможность проследить закономерности формирования древостоев в их естественном виде (Шиятов, 1964).

С.Г. Шиятов (1964) указывает, что за последние 450 лет происходило неуклонное улучшение климатических условий и поднятие границы леса в горы (в 1630 – 1690 гг., 1780 – 1850 гг., 1920 – 1940 гг.), не смотря на отдельные периоды ее снижения. Продолжительность одного цикла, оказывающего наиболее сильное влияние на возрастную структуру древостоев, составляет примерно 140 – 160 лет. В состав цикла входят как периоды потепления (60 – 70 лет), так и похолодания (70 – 80 лет).

П.Л. Горчаковский впервые для Урала рассчитал изменение высоты верхней границы леса в зависимости от географической широты местности. Он установил, что в Южной части Северного Урала более низкое положение верхней границы леса наблюдается на западных склонах, по сравнению с восточными, при этом разница составляет 80 – 100 м. По его мнению, это связано с тем, что западные склоны более увлажненные, там позднее сходит снеговой покров, и они подвергаются воздействию более сильных ветров. Поэтому, на западном макросклоне преобладают березовые и еловые мелколесья, местами пихтовые, на восточном – лиственничные и кедровые (Шиятов, 2010).

Особое внимание П.Л. Горчаковский и С.Г. Шиятов (1985) уделяют вопросам фитоиндикации условий среды и природным процессам в высокогорьях (снежный покров, ветровая ситуация и др.). В данной работе авторы указывают, что широко используемое специалистами понятие «верхняя граница леса» строгого и общепринятого определения до сих пор не имеет. В некоторых исследованиях полностью отсутствует указание на границу, о которой идет речь, и на основе каких признаков проводилось ее выделение. Основываясь на опыте собственной работы и анализе литературных источников, авторы предлагают собственное определение: «Верхняя граница леса представляет собой границу между элементарными территориальными

ми единицами растительности, то есть между лесными и нелесными фитоценозами. Используя приведенные выше понятия «экотон» и «граница», верхнюю границу леса можно определить как совокупность границ между самыми верхними лесными и примыкающими к ним нелесными фитоценозами. Соответственно, экотон верхней границы леса – это совокупность фронтальных экотонов между самыми верхними лесными и примыкающими к ним нелесными фитоценозами».

П.Л. Горчаковский и С.Г. Шиятов (1985) указывают, что целесообразно различать несколько категорий верхних пределов древесной растительности (верхняя граница отдельных деревьев, верхняя граница групп деревьев, верхняя граница островных мелколесий и верхняя граница сплошных лесов), экологических (термический, ветровой и эдафический) и физиономических (устанавливаются в зависимости от состава и структуры лесных сообществ на их верхнем пределе) типов верхней границы леса.

Исследованиями последних лет выявлены значительные изменения в составе, структуре и высотном положении верхней границы древесной растительности в высокогорьях Урала (Шиятов, 2000, 2009(а), 2009(б); Шиятов и др., 2001, 2005, 2007; Shiyatov, Moiseev, Tschelov, 2001; Shiyatov, Tschelov, 2001; Шиятов, Мазепа, Чехлов, 2002; Шиятов, Мазепа, 2007; Мазепа, 2001, 2002; Kharuk et al., 2002; Shiyatov, 2003; Moiseev, Shiyatov, 2003; Капралов и др., 2006, 2007; Шиятов, Фомин, 2007; Капралов, 2007; Мазепа, Дэви, 2007; Нагимов и др., 2008; Моисеев и др., 2008, 2010; Кошкина, 2008; Бартыш, 2008; Горяева, 2008; Дэви, 2008; Devi et al, 2008; Фомин, 2008; Мазепа, Шиятов, 2009; Галако, Касимов, 2009). Причем, все вышеперечисленные авторы работ наблюдаемые изменения в растительности связывают непосредственно с улучшением климатических условий.

С.Г. Шиятов (1982) в 1976 г., сопоставив современную лесную растительность на верхнем пределе ее произрастания с растительностью, изображенной на видовых снимках (15 шт.), сделанных Л.Н. Тюлиной в 1927 – 1930 гг. в различных точках массива Ирмель (Южный Урал), сделал вывод, что на отдельных участках склонов верхняя граница мелколесий продвинулась выше в горы до 60 м по вертикали и до 600 м по склону.

С.Г. Шиятов и др., (2001) с использованием описанного выше метода установили, что в течение последних 100 лет в пределах подгольцового и нижней части горно-тундрового поясов национального

парка «Таганай» (Южный Урал) происходило энергичное возобновление древесной растительности (особенно ели сибирской) под пологом редколесий и парковых лесов, а также ее расселение на территориях, которые раньше были заняты луговыми и тундровыми сообществами. На пологих склонах, где имеется мелкозем или почвенный покров, верхняя граница мелколесий продвинулась выше в горы до 80 м по вертикали и до 600 м по склону. По мнению авторов, при продолжении столь быстрого продвижения верхней границы леса в горы в ближайшие 50 лет горно-тундровые сообщества могут практически полностью исчезнуть на территории парка.

П.А. Моисеев и др. (2004) сопоставили изменение климата и количество деревьев ели сибирской, появившихся в подгольцовых древостоях Южного Урала (г. Дальний Таганай и м. Иремель) в последние 200 лет. Наиболее многочисленные поколения ели появились в 1809–1816, 1821–1827, 1839–1845, 1850–1867, 1875–1887, 1891–1896, 1900–1904, 1911–1918, 1923–1932, 1944–1952, 1958–1966, 1975–1995-х гг. Показано, что формирование этих поколений было связано с периодом улучшений термических условий теплового периода года в течение 5 – 7 лет до и после появления деревьев и холодного периода в год их появления, а также с периодами увеличения мощности снежного покрова на конец апреля 27 – 32 годов роста.

Д.С. Капралов (2007) с использованием картографических и фотографических материалов, полученных в ходе полевых работ 1973 (С.Г. Шиятов) и 2006 гг. (Д.С. Капралов), установил значительное продвижение участков лесной растительности выше в горные тундры массива Иремель. По данным автора, за исследуемый период (33 года) еловые и березовые редколесья поднялись вверх по склонам района исследований на 21 м, а горизонтальное смещение границы в целом по массиву составило 60 м. В результате произошедших изменений протяженность верхней границы леса сократилась с 32,66 до 31,93 км.

Капралов и др. (2006) провели оценку качественных и количественных изменений в составе, структуре и высотном положении мелколесий на верхнем пределе их произрастания на Тылайско-Конжаковско-Серебрянском массиве (Северный Урал) с использованием описательных, фотографических и картографических материалов, полученных в 1956 и 2005 гг. Было установлено, что за 50 лет протяженность верхней границы леса в целом по массиву сократилась на 1,2 км (с 70,99 до 69,79 км). Произошло поднятие верхней границы мелколесий с доминированием всех видов деревьев в среднем на 41 м,

а величина горизонтального сдвига составила 113 м. Показано, что наиболее активно расселялась береза извилистая.

В.А. Галако и А.К. Касимов (2009) провели сравнительное изучение возрастной и морфологической структуры дендроценозов ели сибирской вдоль высотного градиента в пределах подгольцового пояса на северо-западном склоне Тылайского Камня (Северный Урал). Сделан вывод о том, что молодые поколения деревьев ели в верхней части зоны верхней границы леса появились преимущественно в теплый период климата 1940 – 1970 гг.

П.А. Моисеев и др. (2010) на этом же горном массиве (что и приведены выше авторы) на основе анализа состава и возрастной структуры древостоев верхней границы леса установили, что с середины XIX столетия произошло существенное (около 100 м высоты) поднятие верхнего предела произрастания древостоев различной сомкнутости, хотя их формирование началось еще в конце XVIII в. Безлесные пространства в восточной части массива в конце XVIII – начале XIX вв. стала заселять *Larix sibirica*, в западной – в середине XIX в. *Picea obovata*, в южной – в конце XIX в. *Betula tortuosa*. Кроме того, сделан вывод, что благоприятные изменения, обуславливающие экспансию леса, произошли как в летний (удлинение вегетационного периода), так и в зимний (увеличение температуры воздуха и количества осадков) периоды. Наиболее вероятным объяснением выявленных различий в составе древостоев и особенностях их динамики между изученными участками этого горного массива авторы считают неодинаковую требовательность древесных видов к мощности снежного покрова и степени промерзания почвы.

С.Г. Шиятов и В.С. Мазепа (2007) приводят обобщенные результаты многолетних исследований, начатых еще в 1960-х гг. и продолжающихся до настоящего времени, влияния изменения климата на состав, структуру, продуктивность и пространственное распределение лесотундровых сообществ, произрастающих в экотоне верхней границы древесной растительности на восточном макросклоне Полярного Урала (бассейн р. Соби). Авторы установили, что на заложенных ими постоянных высотных профилях за последние 40 лет фитомасса, густота и полнота древостоев на большинстве выделов увеличились в 2 – 5 раз, а на отдельных выделах, почти безлесных в 1960-х гг., эти показатели увеличились еще больше. На многих склонах произошло продвижение верхней границы распространения редин, редколесий и сомкнутых лесов выше в горы. Верхняя граница редколесий поднялась в среднем на 26 м, а сомкнутых лесов – на 35 м. Горизонтальный сдвиг этих границ составил в среднем 290 и 520 м, соответственно.

С.Г. Шиятов (2009, б) качественно и количественно оценил пространственно-временные изменения в составе, структуре и распределении лесотундровых, лесных и кустарниковых сообществ, произрастающих в экотоне верхней границы древесной растительности на территории от р. Бол. Ханмей на севере до р. Макара-Рузь на юге и от железнодорожной станции Собь на западе до пос. Харп на востоке (Полярный Урал), методом сравнения изображений на исторических и современных ландшафтных фотографиях, сделанных с одних и тех же точек. Общее количество пар разновременных фотоизображений, представленных в данной работе, составило 217.

В настоящее время сотрудниками лаборатории дендрохронологии ИЭРиЖ УрО РАН для Полярного Урала создана Интернет-ориентированная база данных ландшафтных фотоснимков, сделанных с одних и тех же точек в разное время, включающая 3643 снимка. Сайт базы находится по адресу <http://ulp.ipae.uran.ru/>. При дальнейшей эксплуатации Интернет-ориентированная база будет пополняться фотоснимками по всем высокогорным провинциям Урала.

Харук и др. (Kharuk et al., 2002) при сравнении космоснимков 1963 и 1999 гг. рассчитали, что на Полярном Урале за исследуемый временной интервал верхняя граница леса смещалась на 4 м за каждые 10 лет.

Нами обнаружено всего две работы по данной тематике (Шиятов, 1974, 1981) по Приполярному Уралу, которые в основном имеют описательный характер.

В первой работе (Шиятов, 1974) автор приводит сведения о начальных этапах деградации древесной растительности на верхней границе леса в районах г. Неройки и г. Народной (угнетение и отмирание подроста, слабое семеношение и снижение годичного прироста древесины у взрослых деревьев). Подмечено, что до 1950 – 1960-х гг. древесная растительность активно наступала на горные тундры Приполярного Урала, особенно на многоснежных местопроизрастаниях. Свидетельством этого явилось появление молодого (60 лет) поколения деревьев как на ранее безлесных участках, так и под пологом редколесий и криволесий.

Во второй работе С.Г. Шиятов (1981) приводит конституционную и экологическую характеристику верхней границы леса в районе г. Неройки общей протяженностью 31,56 км. По данным автора, по протяженности преобладает лиственничный экотон (19,39 км, или 61,3 %), затем следует березовый (8,59 км, или 27,2 %) и на последнем месте – кедровый (3,64 км, или 11,5 %).

Несмотря на столь масштабные (особенно в последние годы) исследования динамики верхней границы леса на Урале, район Приполярного Урала в этом плане до настоящего времени остается слабоизученным.

4.2. Оценка динамики верхней границы древесной растительности на основе сравнения пар разновременных фотоизображений

При оценке изменений верхней границы древесной растительности в горах очень перспективно использование фотоснимков, сделанных с одних и тех же точек в разное время. Однако, данный метод применяется достаточно редко (особенно в России), что связано с плохой сохранностью старых снимков, трудностью нахождения прежних точек и определения времени съемки, особенно после ухода автора из жизни (Шиятов, 2009 (б)). В высокогорных районах использование этого способа значительно облегчается, так как можно сравнительно легко определить точку съемки благодаря многоплановости снимков и хорошо заметным ориентирам (Горчаковский, Шиятов, 1985).

С.Г. Шиятов (2009) отмечает следующие достоинства метода:

- 1) наглядность информации, получаемой с поверхности земли;
- 2) получение качественной и количественной информации о составе, структуре и пространственном положении древостоев и сообществ крупных кустарников;
- 3) возможность получения сравнительной информации для больших участков земной поверхности (на удалении до 7 км).

Разновременные ландшафтные фотоснимки являются одним из лучших средств документирования изменений во времени и пространстве достаточно крупных наземных объектов, в частности древесной и кустарниковой растительности (Шиятов, 2009).

Повторное фотографирование производилось в период с 2007 по 2010 г. в июне-августе в различных районах Приполярного Урала (долины рек Народа, Хобе-Ю, Кобыла-Ю, Лунвож-Сыня и Седь-Ю, а также окрестности оз. Торговое). В общей сложности нам удалось получить повторные снимки более чем с 70 точек. Наиболее показательные пары фотоизображений представлены на рис. 11 – 20, остальные приведены в приложении.

Представляется интересным дать анализ снимков отдельно по каждой точке фотографирования.

Точка 1 (рис. 11). Ландшафтные фотографии сделаны на Ара-нецком перевале с правого берега р. Лунвож-Сыня, в 500 метрах от туристической базы национального парка Югыд-Ва. На переднем плане видна ложбина из зарослей травянистой растительности и ивняка, за которой расположен западный склон сопки высотой 464,0 м. Слева на заднем плане – сопка с отметкой 477,0 м, а справа – с отметкой 543,8 м н.у.м.

Сравнение изображений на этих фотоснимках свидетельствует о существенном увеличении площади, занятой лиственничным древостоем. Если в 1954 г. на вершине и склоне сопки высотой 464,0 м. практически отсутствовали деревья (она подвержена воздействию сильных ветров с запада), то к 2010 г. она уже вся была покрыта сомкнувшимся древостоем. Обращает на себя внимание значительное увеличение густоты и высоты деревьев лиственницы у подножья сопки.

Фотоснимок 1954 г. передан автору Н.П. Архиповой из личного архива П.Л. Горчаковского.

Точка 2 (рис. 12). Снимок сделан с моренного увала (высота н.у.м. примерно равна 550 м.) с восточной стороны горного массива Сабля. На заднем плане большим белым пятном выделяется ледник Гофмана, слева – подножие главной вершины (1497,4 м н.у.м.). Снимки сделаны в разные месяцы (в 1954 г. – в июле; в 2010 г. – в июне), поэтому на втором из них снежники занимают большую площадь, чем на первом.

Сопоставление изображений на разновременных фотоснимках показывает, что за 56 лет на переднем плане появились крупные одиночные деревья лиственницы (высотой от 6 до 10 м). Заметно увеличились густота и таксационные показатели древостоев на морене справа. По-видимому, данный участок лучше дренирован, а также защищен от воздействия ветров, и в зимний период здесь отлагается большее количество снега.

Точка 3 (рис. 13). Место съемки расположено на некотором расстоянии от западного подножия хр. Сабля в верховьях р. Лунвож-Сыня. На переднем плане видна ложбина, занятая зарослями ивняка и травянистой растительностью, на заднем плане – западный склон хр. Сабля.



Рис. 11. Разновременные фотоснимки на хр. Сабля,
Арнецкий перевал



Рис. 12. Разновременные фотоснимки с восточной стороны у подножия главной вершины хр. Сабля



Рис. 13. Разновременные фотоснимки на хр. Сабля, верховья р. Лунвож-сыня

Сравнение разновременных фотоизображений показывает, что за 56 лет верхняя граница древесной растительности заметно продвинулась вверх по склону. Увеличились густота и сомкнутость лиственных древостоев, произраставших в 1954 г. у подножия хребта.

Причем экспансия леса произошла на более пологих участках, а места расположения снежников остались не заселенными древесной растительностью.

Фотоснимок 1954 г. передан автору Н.П. Архиповой из личного архива П.Л. Горчаковского.

Точка 4 (рис. 14). Фотосъемка производилась с западного склона г. Малый Чендер (1399 м н.у.м.) в 1,5 км от ручья Близнецы. На переднем плане видны каменные россыпи (курумы), спускающиеся в долину р. Народа. На заднем плане по центру просматривается г. Янченко (1685 м н.у.м.), слева – г. Дидковского (она же Манси-Нер, 1778 м н.у.м.) и справа – высочайшая вершина Урала – г. Народная (1895 м н.у.м.). Несмотря на то, что в нашем распоряжении снимок 1938 г. оказался невысокого качества, все же он позволил оценить произошедшие изменения в размещении лесной растительности.

При сравнении пар фотоизображений выявляется, что в 1938 г. вдоль реки простиралась довольно широкая, практически безлесная полоса. Причем, ширина ее увеличивалась в направлении от истока к устью. Отсутствие деревьев в пределах прибрежной полосы обусловлено воздействием сильных ветров, дующих по долине реки с запада на восток (от истока к устью), особенно в зимнее время. Подобное явление наблюдал С.Г. Шиятов (2009) в горах Полярного Урала. Однако в течение 69 лет в этом районе произошли существенные изменения, которые хорошо заметны, благодаря высокому положению точки съемки. За рассматриваемый временной интервал наиболее интенсивное заселение лиственницы произошло в долине реки. Вследствие этого, существенно увеличились площади, покрытые лесом. Произрастающие на склонах гор Большой и Малый Чендер лиственничные древостои стали значительно гуще и продвинулись вверх по склонам, а на переднем плане появились одиночные деревья лиственницы, образующие верхнюю границу древесной растительности около точки съемки.

Снимок 1938 г. передан автору из личного архива Л.Д. Долгушина.

Точка 5 (рис. 15). Место фотосъемки находится на северном склоне массива Нер-Ойка (1645,3 м) на высоте примерно 550 м н.у.м., несколько ниже участка под названием «Центральное плато». На переднем плане видна сопка высотой 619 м, на которой заложена пробная площадь (см. гл. 3.3.), на заднем справа – северный отрог г. Сале-Пасне-Нер (755,9 м). Вдалеке просматривается безымянный хребет высотой 715,0 м.

При сравнении фотоизображений выявляется, что даже за столь короткий промежуток времени (39 лет), произошли существенные изменения в распространении и структуре древесной растительности.



Рис. 14. Разновременные фотоснимки в долине р. Народа



Рис. 15. Разновременные фотоснимки на массиве Нер-Ойка

Так, на переднем плане увеличились таксационные показатели стоящих слева лиственниц, и поднялась вдоль по склону ближняя для наблюдателя верхняя граница распространения деревьев лиственницы. На перевале у подножия сопки заметно сократилась не покрытая лесом площадь. Заселение деревьями самой сопки затруднено из-за сильных западных ветров и малой мощности снежного покрова в зимнее время. Заметная экспансия леса произошла и на склоне г. Сале-Пасне-Нер. Делать заключение о продвижении древесной растительности на самых дальних склонах будет не совсем корректно из-за плохой видимости для наблюдателя.

Снимок 1970 г. передан автору из личного архива С.Г. Шиятова.

Точка 6 (рис. 16). На наш взгляд, ландшафтный фотоснимок, сделанный с данной точки (северо-западный склон г. Хусь-Ойка), имеет исключительно важное значение. На переднем плане изображены лиственничные древостои третьего уровня, в которых нами были заложены пробные площади. На заднем плане хорошо просматривается северный склон г. Нер-Ойка, за ним по центру – г. Тупая (924,2 м) и южный склон хр. Селенер. Фотографирование производилось в разное время года (первый – в июле; второй – в июне), поэтому снежник переднего плана на прежнем фотоснимке отсутствует.

Анализ данных пар фотоизображений свидетельствует, что за 70 лет на данном участке склона произошли серьезные изменения в структуре растительности. Так, на переднем плане появились одиночные деревья лиственницы. На заднем плане хорошо заметно, что древостои стали значительно гуще и, в целом, граница распространения древостоев продвинулась по высотному градиенту.

Снимок 1934 г. сделан А.Н. Алешковым и отсканирован из монографии «Приполярный Урал».

Точка 7 (рис. 17). Фотографирование произведено с геологоразведочной дороги (у левого берега р. Народа) примерно в 4 км от места впадения р. Сев. Народа в р. Народа. На фотоснимках изображены древостои, произрастающие на восточном склоне г. Большой Чендер (1308 м).

Анализ разновременных изображений показал, что за исследуемый временной интервал произошла заметная экспансия леса вверх по более пологому участку склона (справа). На крутом и каменистом склоне (слева) незначительно увеличились площади, занятые ольховником.

Снимок 1938 г. передан автору из личного архива П.Л. Долгушина.

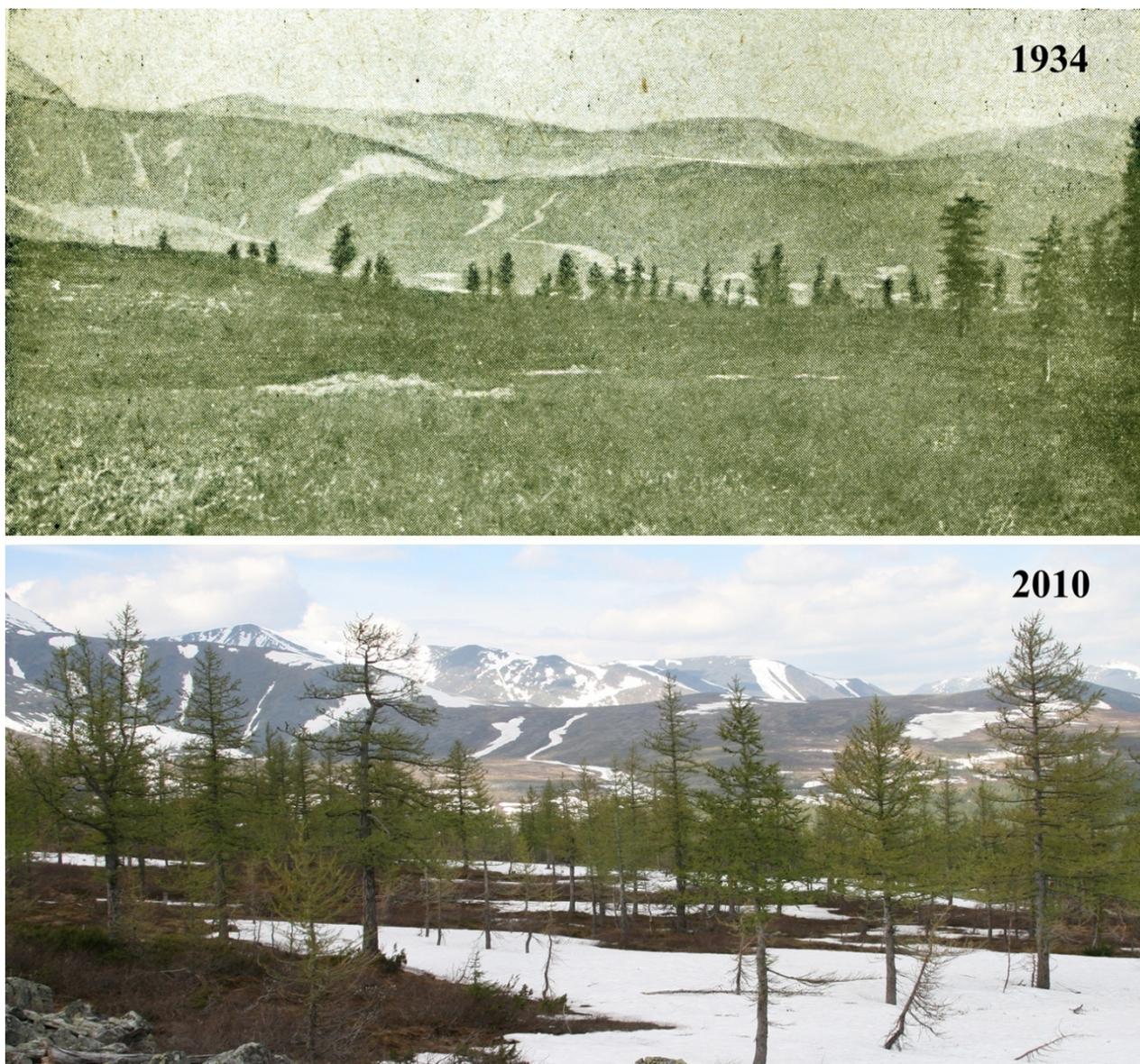


Рис. 16. Разновременные фотоснимки на склоне г. Хусь-Ойка

Точка 8 (рис. 18). Место съемки расположено на северном склоне г. Тупая в 2 км от вахтового поселка Неройка. На переднем плане видны северные склоны гор Тупая и Нер-Ойка, а между ними каньон, на дне которого протекает р. Шайтанка. На заднем плане (по центру) – северный отрог г. Сале-Пасне-Нер и слева – южный склон г. Хусь-Ойка. Приступая к оценке изменений в структуре растительности, произошедших за 39 лет, необходимо отметить, что на г. Тупая ранее (до 1970 г.) была произведена вырубка леса.



Рис. 17. Восточный склон г. Большой Чендер

1970



2009



Рис. 18. Разновременные фотоснимки на склоне г. Тупая

При сравнении фотоизображений выявляется, что за данный промежуток времени существенно увеличились густота и сомкнутость древостоев, произрастающих на северном склоне г. Нер-Ойка. Верхняя граница леса продвинулась только в центральной части склона, но незначительно. В имеющихся безлесных (слева) полянах заселение древесной растительности затруднено из-за отлагающихся там в зимнее время мощных снежников, которые стаивают только к началу июля.

Сам перевал подвержен сильному воздействию ветров с запада и, по-видимому, он еще долгое время будет оставаться не покрытый лесом. Делать заключение о заселении деревьями склонов г. Сале-Пасне-Нер будет не совсем корректно, так как снимок 1970 г. не совсем хорошего качества.

Снимок 1970 г. передан автору из личного архива С.Г. Шиятова.

Точка 9 (рис. 19). Снимок сделан на южном склоне хр. Саленер. На заднем плане видна сопка высотой 619 м, за ней по центру – южный отрог г. Сале-Пасне-Нер и справа вдалеке – северный склон г. Хусь-Ойка.

При сравнении данных фотоизображений выявляется, что за 39 лет существенных изменений на данном участке не произошло. На переднем плане слева появилась лиственница высотой не более 1 м. Также заметно, что вдоль по всему склону заселились небольшие деревья лиственницы. На подобных участках (большая крутизна склона) деревья к концу зимы испытывают негативное воздействие от накопившихся здесь снежных масс. Неподалеку от места съемки нами были обнаружены места схода лавин.

Точка 10 (рис. 20). Фотографирование произведено с южного склона г. Пирамида на перевале, где проходит вездеходная дорога.

На фотоснимке изображена долина р. Хобе-Ю, слева – восточный склон г. Высокая.

Анализ данной пары разновременных изображений свидетельствует, что за 39 лет продвижение верхней границы древесной растительности вверх по склону г. Высокая не произошло в связи сильной каменистостью склона, расположенного выше участка. Лишь незначительно сократилась не покрытая лесом площадь в прибрежной зоне реки (справа внизу). Раньше там располагался вахтовый поселок Пирамида.



Рис. 19. Разновременные фотоснимки на хр. Саленер

1970



2008



Рис. 20. Разновременные фотоснимки г. Пирамида

Таким образом, приведенные выше материалы свидетельствуют о явно выраженной тенденции поднятия верхней границы древесной

растительности и, соответственно, сокращения ранее безлесных территорий в районе исследований за последние десятилетия. Заметно увеличиваются густота и сомкнутость древостоев в ЭВГДР. Однако, как показывают разновременные фотоизображения, на различных участках склонов гор данные процессы протекают с неодинаковой интенсивностью. На наш взгляд, это в первую очередь определяется локальными условиями местопроизрастания (высотой над уровнем моря, экспозицией и крутизной склонов, степенью каменистости и увлажнения почвы склонов, мощностью снежного покрова). Наиболее выраженные изменения в высотном положении верхней границы древесной растительности наблюдаются на относительно пологих, дренированных, менее каменистых склонах с оптимальным количеством снега для произрастания основных лесообразующих пород.

Подобные изменения в высотном положении верхнего предела лесов (с помощью разновременных фотоизображений) выявлены и другими исследователями (Шиятов, 1982, 1983, 2000, 2009, 2010; Shiyatov 2003; Шиятов и др. 2001; Moiseev, Shiyatov, 1999, 2003; Ваганов, Шиятов, 2005; Шиятов, Фомин, 2007; Шиятов, Мазепа, 2007; Капралов, 2007; Фомин, 2008; Devi et al., 2008; Мазепа, Шиятов, 2009; Шалаумова и др., 2010), и не только в горах Урала, но и в различных горных районах мира (Kullman, 1979, 1988, 1997; Klassner, Farge, 2002; Munroe, 2003).

4.3. Особенности формирования древостоев верхней границы леса

Наш экспериментальный материал позволяет изучать особенности заселения древесной растительностью ранее безлесных территорий (в данном случае выше расположенных горно-тундровых) на различных участках склонов, отличающихся по экспозиции, крутизне, степени увлажнения почвы и мощности снежного покрова. С этой целью проводился анализ состава и густоты древостоев и подростов, а также возрастной структуры насаждений. Установлено, что лиственница обильно плодоносит через определенные интервалы времени (3 – 6 лет). Как правило, формирование поколений происходит лишь после урожайных лет, а особи, появившиеся в интервале между ними, не участвуют в сложении древостоев. Они из-за малого их количества

погибают полностью, не достигнув генеративного возраста (Кошкина и др., 2008).

В наших исследованиях на точность определения возраста деревьев влияют следующие основные факторы: эксцентричная форма поперечного сечения ствола, различия во времени достижения подростом высоты отбора образцов (5 – 25 см), ошибки в определении расстояния от гипокотеля до высоты бурения (положение гипокотеля относительно микроэлементов рельефа с увеличением возраста дерева меняется). Поэтому нет оснований считать, что возраст деревьев определен с точностью до 1 года. Вследствие этого, для получения более надежных результатов все деревья лиственницы на пробных площадях были объединены в 5-летние возрастные группы. Таким образом, было известно общее количество деревьев, появившихся в то или иное 5-летие в течение последних столетий. Есть мнение, что береза извилистая практически всегда имеет многоствольную форму роста, и большинство стволов начинает формироваться значительно позже времени появления самого дерева. В связи, с этим возникают трудности при определении ее реального возраста. Однако, при формировании лесных сообществ средообразующая роль деревьев становится наиболее заметной после разрастания основной части крон (Моисеев и др., 2010). Поэтому, для обеспечения возможности сравнения периодов заселения ранее безлесных территорий древостоями лиственницы и березы стволы березы также были объединены в 5-летние группы. Подобный подход в своих исследованиях применяли и другие исследователи (Моисеев и др., 2010). Таким образом, были построены ряды распределения деревьев лиственницы и березы по календарным годам их появления. Состав древостоев определялся по соотношению количества деревьев древесных пород (по густоте) и сумм площадей их сечений (по полноте). Сравнение состава древостоев по высотным уровням позволяет оценить участие пород в образовании древостоев пород при смещении верхней границы леса, а подроста – возможные изменения в будущем, вплоть до смены пород (Бартыш, 2008).

К подросту относили деревца высотой до 1,5 м. Подобный подход применяли при изучении древостоев ЭВГДР А.А. Бартыш (2008) на Северном Урале и Т.С. Бабенко (2006) на Южном Урале.

По результатам снегомерных работ все исследуемые участки склонов были разделены условно на многоснежные (фоновая мощ-

ность снежного покрова на конец зимы от 1,0 до 2,0 м) и малоснежные (до 0,5 м).

Для выявления особенностей формирования древостоев верхней границы леса в связи с локальными условиями их местопроизрастания нами детально изучены состав, густота и возрастная структура древостоев и подроста на заложенных профилях, отличающихся мощностью снежного покрова.

4.3.1. Многоснежные участки первого профиля г. Хусь-Ойка

В результате проведенных нами исследований было обнаружено, что на заложенном профиле произрастают следующие виды древесных растений: лиственница сибирская, береза пушистая и сосна сибирская*.

Долевое участие указанных древесных пород в древостое приведено в табл. 11.

Таблица 11

Состав и густота древостоев и подроста на многоснежных участках первого профиля г. Хусь-Ойка

Древесная порода	Древостой			Подрост	
	Доля в составе, %		Густота, шт/га	Доля в составе, %	Густота, шт/га
	по сумме площадей сечений	по количеству стволов			
<i>Верхний уровень</i>					
Лиственница	42	20	38	22	20
Береза	58	80	154	57	52
Кедр	0	0	0	21	20
<i>Всего</i>	100	100	192	100	92
<i>Нижний уровень</i>					
Лиственница	47	16	319	48	150
Береза	53	84	1669	44	138
Кедр	0	0	0	8	25
<i>Всего</i>	100	100	1988	100	313

* Латинские названия: лиственница сибирская – *Larix sibirica* Ledeb; береза пушистая – *Betula pubescens* Ehrh; сосна сибирская – *Pinus sibirica* (Rupr.) Mayr.

Данные табл. 11 свидетельствуют, что на обоих высотных уровнях (на среднем уровне таких лесных участков не было найдено) в составе, рассчитанном и через сумму площадей сечений, и через количество стволов, преобладает береза. По мере увеличения высоты над уровнем моря ее доля в составе древостоев изменяется незначительно – по полноте с 53 до 58 %, по густоте с 84 до 80 %. На данных участках заметное место занимает лиственница, особенно по показателю полноты: на нижнем уровне – 47 % и верхнем – 42 %. Это связано с тем, что данная древесная порода представлена более крупными деревьями, чем береза. Кедр в формировании древостоев здесь не участвует.

Состав подроста резко отличается от состава древостоя. Если на верхнем уровне доминирует береза (57 %), то на нижнем – лиственница (48 %), также заметна роль в возобновлении кедра (8 и 21 %, соответственно). По-видимому для подростка лиственницы на нижнем уровне складываются более благоприятные условия, и в будущем она может занять доминирующее положение в составе древостоя. По мере продвижения от нижнего уровня к верхнему густота древостоев значительно уменьшается: лиственницы – в 8 раз, березы в 10 раз. Причем, количество деревьев березы на нижнем уровне достаточно велико (1669 шт/га). Количество подростка березы и лиственницы закономерно увеличивается по мере уменьшения высоты над уровнем моря (с 52 до 138 и с 20 до 150 шт/га, соответственно). Диапазон изменчивости густоты подростка лиственницы более широкий.

Наглядную картину об истории формирования древостоев верхней границы леса можно получить, изучая распределение количества деревьев по периодам их появления на различных высотных уровнях исследуемых профилей. Такие исследования нами проводились по деревьям лиственницы и березы отдельно для каждого профиля.

Анализ данных, приведенных на рис. 21 и 22, свидетельствует о наличии существенных различий между высотными уровнями в распределении деревьев лиственницы и березы по периодам их появления.

Заселение данного участка склона лиственницей началось с середины XIX в., когда в период с 1855 по 1860 г. появилось 11 % ныне растущих деревьев. Наиболее активно этот процесс протекал с 1875 по 1920 г. (появилось 40 % ныне существующих деревьев) и с 1920 по 1965 г. (43 %).

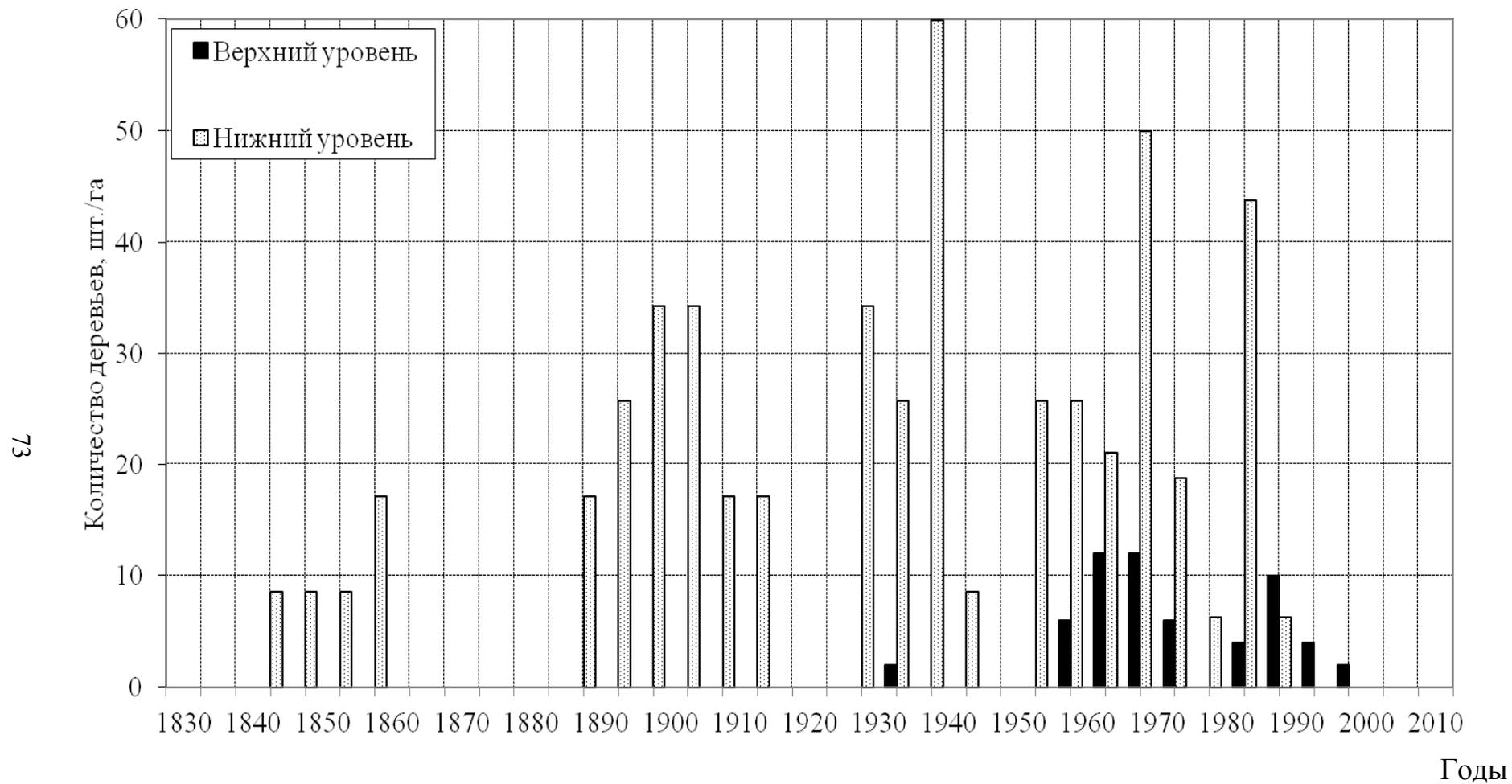


Рис. 21. Распределение количества деревьев лиственницы по периодам их появления на различных высотных уровнях первого профиля г. Хусь-Ойка

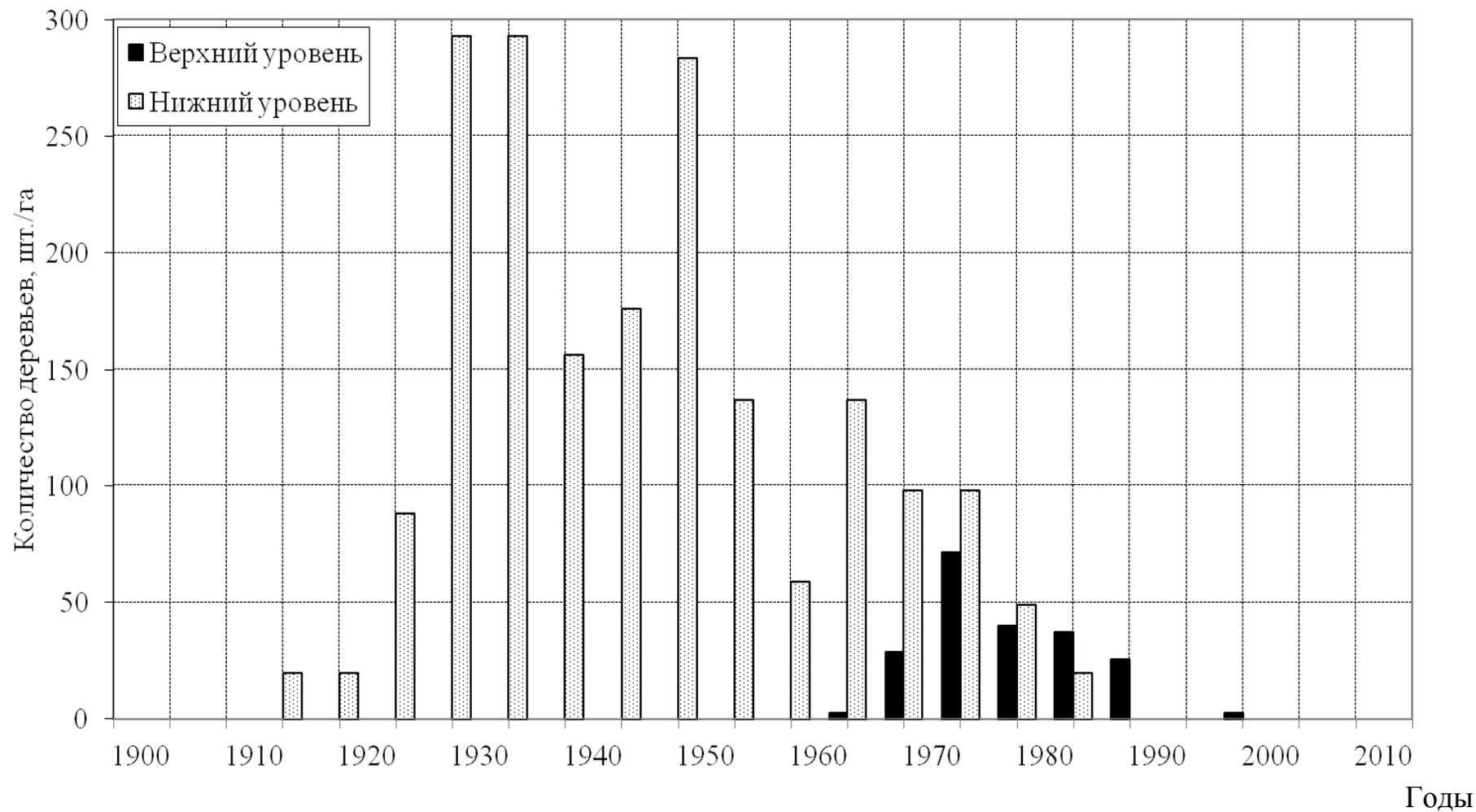


Рис. 22. Распределение количества деревьев березы по периодам их появления на различных высотных уровнях первого профиля г. Хусь-Ойка

На верхнем уровне появление первых деревьев началось во второй четверти XX в. Заселение данного уровня активно продолжается по настоящее время: в период с 1920 по 1965 г. заселилось – 53 % ныне растущих деревьев, с 1965 по 2000 г. – 47 %.

Период массового возобновления березы на нижнем уровне приходится на 1920 – 1965 г., когда появилось 75 % деревьев, произрастающих здесь в настоящее время.

На территорию верхнего уровня береза начала внедряться только во второй половине XX в. (с 1965 по 2000 г. появилось 98 % ныне растущих деревьев). Хотя она и отставала от лиственницы по времени массового появления на этих участках, но также как и на нижнем уровне в несколько раз превышает сейчас лиственницу по густоте.

Анализируя результаты приведенных выше исследований можно отметить следующие закономерности в формировании древостоев на данном профиле. Наибольшее участие в сложении древостоев принимает береза, лиственница выступает здесь сопутствующей породой. Густота древостоев и подроста закономерно увеличивается с уменьшением высоты над уровнем моря. Появление первых деревьев на данных территориях началось еще во второй половине XVIII в, а активная экспансия леса началась с конца XIX в. Пионерной породой выступала лиственница. Береза начала появляться здесь только с начала XX в., но в последующем значительно укрепила свои позиции и сейчас превосходит лиственницу как по сумме площадей сечений, так и по количеству стволов.

4.3.2. Многоснежные участки второго профиля г. Хусь-Ойка

На заложенном профиле присутствуют следующие виды древесных растений: лиственница сибирская, береза пушистая и сосна сибирская. Долевое участие данных древесных пород в древостоях приведено в табл. 12.

Выявляется, что на всем профиле в составе древостоев, рассчитанному и через сумму площадей сечений, и через количество стволов, доминирует лиственница. Причем, и по полноте и по густоте наиболее значительна ее доля на среднем уровне. С уменьшением и

увеличением высоты над уровнем моря ее присутствие несколько снижается. Значительное присутствие березы (по густоте) заметно лишь на нижнем уровне (49 %). Кедр в формировании древостоев участия не принимает.

Таблица 12

Состав и густота древостоев и подроста на многоснежных участках второго профиля г. Хусь-Ойка

Древесная порода	Древостой			Подрост	
	Доля в составе, %		Густота, шт/га	Доля в составе, %	Густота, шт/га
	по сумме площадей сечений	по количеству стволов			
<i>Верхний уровень</i>					
Лиственница	97	73	51	45	24
Береза	3	27	19	55	29
Кедр	0	0	0	0	0
<i>Всего</i>	100	100	70	100	53
<i>Средний уровень</i>					
Лиственница	99	89	444	89	1322
Береза	1	11	54	1	13
Кедр	0	0	0	10	158
<i>Всего</i>	100	100	498	100	1493
<i>Нижний уровень</i>					
Лиственница	89	51	625	57	223
Береза	11	49	598	26	100
Кедр	0	0	0	17	67
<i>Всего</i>	100	100	1223	100	390

В составе подроста на верхнем уровне доминирует береза (55 %), заметное место занимает лиственница (45 %). На среднем и нижнем уровнях роль лиственницы в возобновлении более значительна (89 и 57 %, соответственно), заметное место занимает кедр (10 и 17 %).

Количество деревьев лиственницы закономерно увеличивается с уменьшением высоты над уровнем моря с 51 до 625 шт/га. Четких закономерностей в изменении густоты подроста с изменением высоты над уровнем моря не обнаруживается. Необходимо отметить значительную роль лиственницы в возобновлении на среднем уровне –

1322 шт/га. По мнению А.В. Горяевой (2008), исследовавшей естественное возобновление лиственницы на данном участке склона, меньшее количество подроста на нижнем (223 шт/га) обусловлено густым травяным покровом, задернением почвы и плотной подушкой зеленых мхов.

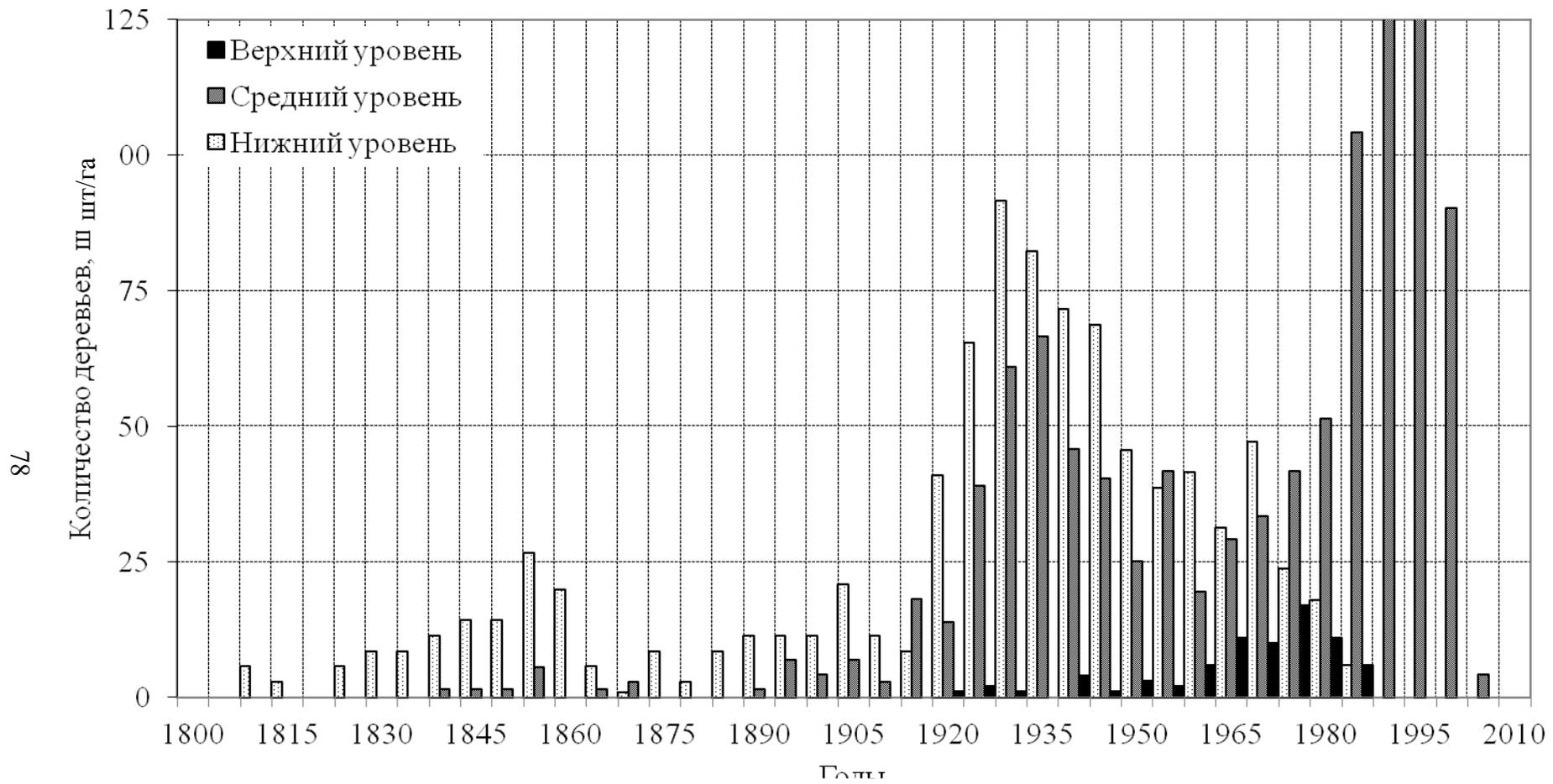
Анализируя графики распределения количества деревьев лиственницы и березы по периодам их появления (рис. 23 и 24), можно отметить следующие закономерности в заселении вышерасположенных, ранее безлесных территорий.

Появление наиболее старой лиственницы из числа ныне растущих на данном склоне датируется 1767 г. В последующем, вплоть до начала второй четверти XX в., деревья заселялись равномерно и в небольших количествах. С 1920 по 1965 г. наблюдается период активной экспансии леса, когда появилось 65 % ныне существующих деревьев. Начало заселения склона березой датируется началом XX в. До настоящего времени этот процесс можно считать активным: в периоды с 1920 по 1965 г. и с 1965 по 2000 г. заселилось 42 и 56 % ныне растущих деревьев, соответственно.

В заселении деревьями среднего уровня наблюдаются иные тенденции. Несмотря на то, что самое старое дерево лиственницы высотного профиля произрастает на данном уровне (1717 г.), заселение его лиственницей с начала XIX в. шло не очень активно. Активный всплеск появления деревьев (53 %) наблюдается только в период с 1920 по 1965 г. Массовое заселение березы произошло во второй половине XX в., когда появилось 75 % ныне существующих деревьев.

На верхнем уровне массовое распространение деревьев лиственницы выражено только одним временным отрезком – с 1965 по 2000 г. (88 %). Заселение этого уровня началось относительно недавно (появление самого старого дерева датируется 1923 г.). Береза на данном участке начала появляться только в конце XX в.

Анализируя все вышеизложенное, можно отметить следующее. В составе древостоев на всех высотных уровнях преобладает лиственница. Ее густота закономерно уменьшается с повышением высоты над уровнем моря. Четких закономерностей в изменении густоты подроста с высотой над уровнем моря не обнаружено. Однако следует отметить значительное участие лиственницы в возобновлении. Повидимому и в будущем она сохранит здесь свои позиции.



Годы

Рис. 23. Распределение количества деревьев лиственницы по периодам их появления на различных высотных уровнях второго профиля г. Хусь-Ойка

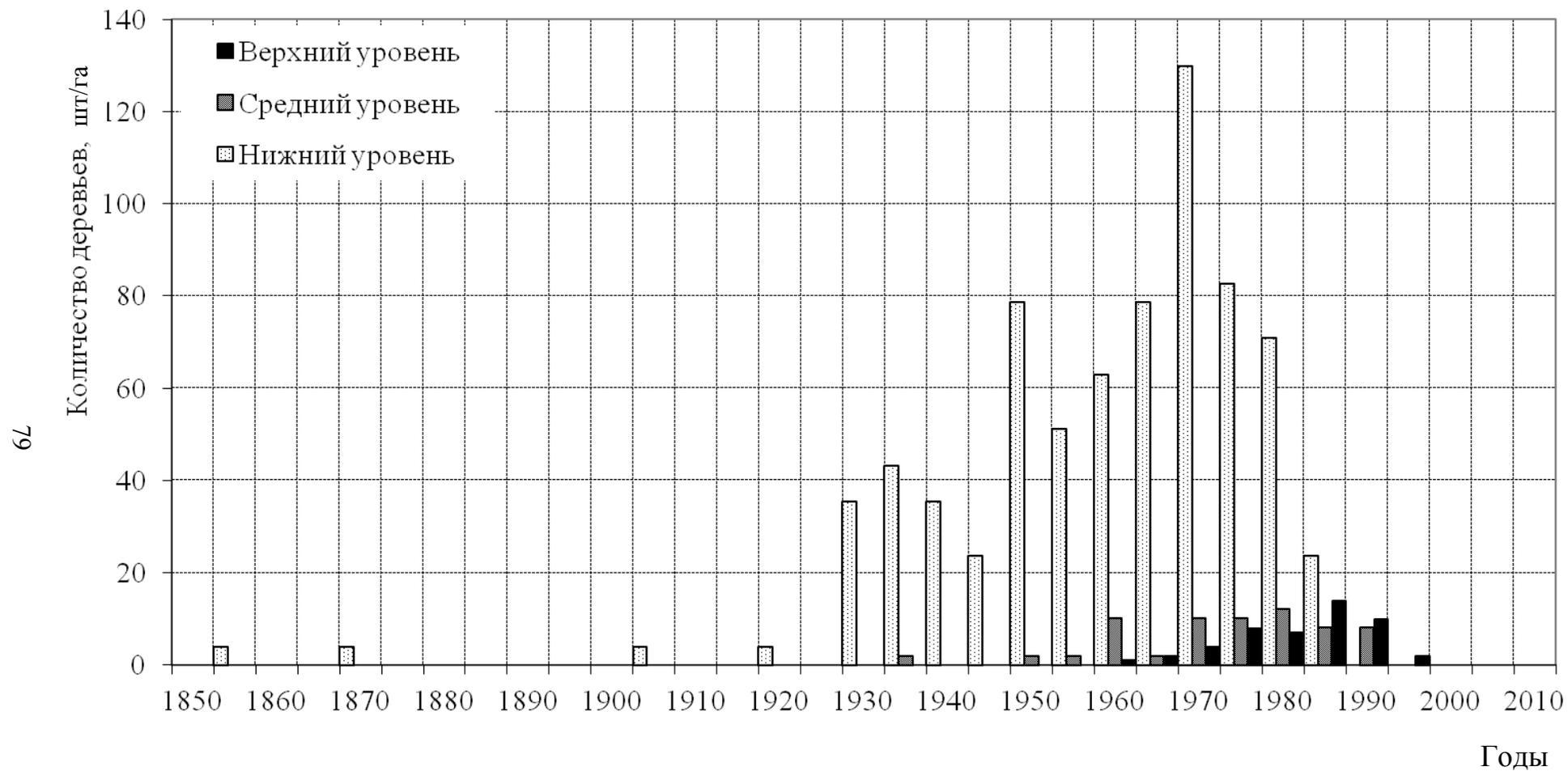


Рис. 24. Распределение количества деревьев березы по периодам их появления на различных высотных уровнях второго профиля г. Хусь-Ойка

4.3.3. Многоснежные участки профиля г. Нер-Ойка

На заложенном профиле присутствуют следующие виды древесных растений: лиственница сибирская, береза пушистая и сосна сибирская. Долевое участие данных древесных пород в составе древостоев приведено в табл. 13.

Таблица 13

Состав и густота древостоев и подроста на среднеснежных участках профиля г. Нер-Ойка

Древесная порода	Древостой			Подрост	
	Доля в составе, %		Густота, шт/га	Доля в составе, %	Густота, шт/га
	по сумме площадей сечений	по количеству стволов			
<i>Верхний уровень</i>					
Лиственница	94	38	48	65	77
Береза	6	62	77	28	33
Кедр	0	0	0	7	8
<i>Всего</i>	100	100	125	100	118
<i>Средний уровень</i>					
Лиственница	100	100	279	43	139
Береза	0	0	0	0	0
Кедр	0	0	0	57	182
<i>Всего</i>	100	100	279	100	321
<i>Нижний уровень</i>					
Лиственница	94	73	408	10	17
Береза	2	17	96	0	0
Кедр	4	10	54	90	150
<i>Всего</i>	100	100	558	100	167

Анализируя данные табл. 13, можно отметить, что по составу, рассчитанному через сумму площадей сечений на трех высотных уровнях, доминирует лиственница (94, 100, 94 %, соответственно). Причем на среднем уровне это единственная порода, участвующая в сложении древостоя. По количеству стволов ее доля также значительна, за исключением верхнего уровня. Здесь заметное место занимает береза (62 %). Кедр входит в состав древостоев только на нижнем

уровне (4 %). Густота древостоев лиственницы закономерно уменьшается с высотой над уровнем моря (с 408 до 77 шт/га). Это, в свою очередь, обуславливает уменьшение общей густоты (с 588 до 125 шт/га).

Соотношение пород в подросте иное: на нижнем и среднем уровнях преобладает кедр (90 и 57 %, соответственно), на верхнем – лиственница (65 %).

На рис. 25 и 26 представлены графики, на которых показано распределение деревьев лиственницы и березы по периодам их появления на различных высотных уровнях.

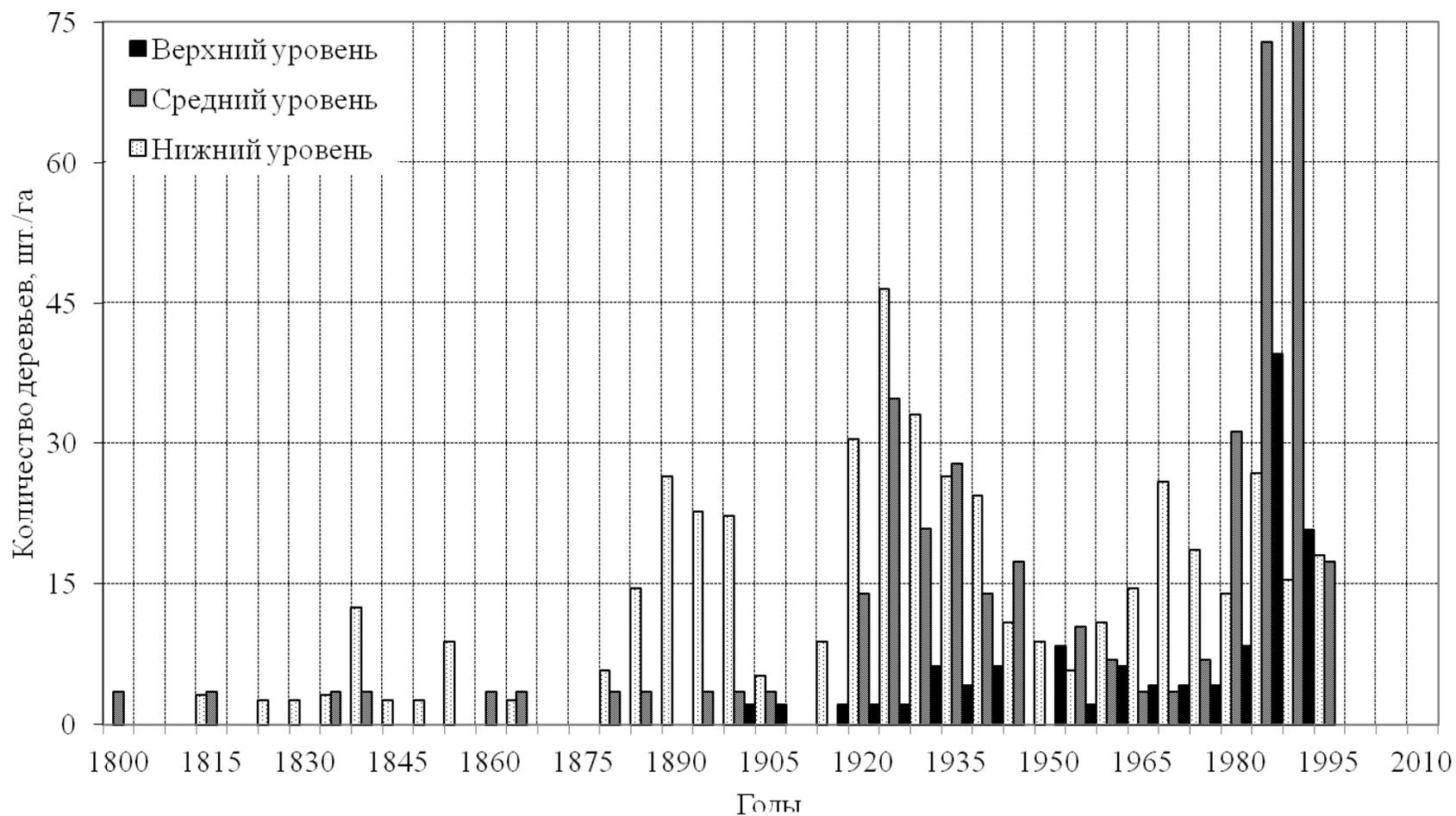
На нижнем уровне произрастает самая старая лиственница высотного профиля, появление которой датируется 1665 г. С начала XIX в. лиственница синхронно со вторым профилем г. Хусь-Ойка заселяла данные территории, но всплеск ее численности приходится на 1920 – 1965 г., когда появилось 42 % ныне растущих деревьев. Появление березы здесь началось в начале XX в., причем достаточно активно: в период с 1920 по 1965 г. заселилось 67 % ныне произрастающих здесь деревьев.

На среднем уровне самые старые деревья (из ныне произрастающих деревьев лиственницы) появились в начале XIX в. Однако массовое заселение уровня происходило в периоды с 1920 по 1965 (39 %) и с 1965 по 2000 г. (43%). Береза на данном участке склона отсутствует. По-видимому это связано с особенностями выборки.

На верхнем уровне лиственница стала заселяться в начале XX в. Этот процесс значительно усилился в период с 1965 по 2000 г. (65 %). В это же время наблюдалось активное наступление березы (появилось 97 % ныне произрастающих деревьев).

4.3.4. Малоснежные участки профиля г. Сале-Пасне-Нер

Результаты исследований показали, что на исследованных ветробойных участках г. Сале-Пасне-Нер присутствуют следующие виды древесных растений: лиственница сибирская, береза пушистая и сосна сибирская. Долевое участие указанных древесных пород в составе древостоев по высотным уровням приведено в табл. 14.



Годы

Рис. 25. Распределение количества деревьев лиственницы по периодам их появления на различных высотных уровнях профиля г. Нер-Ойка

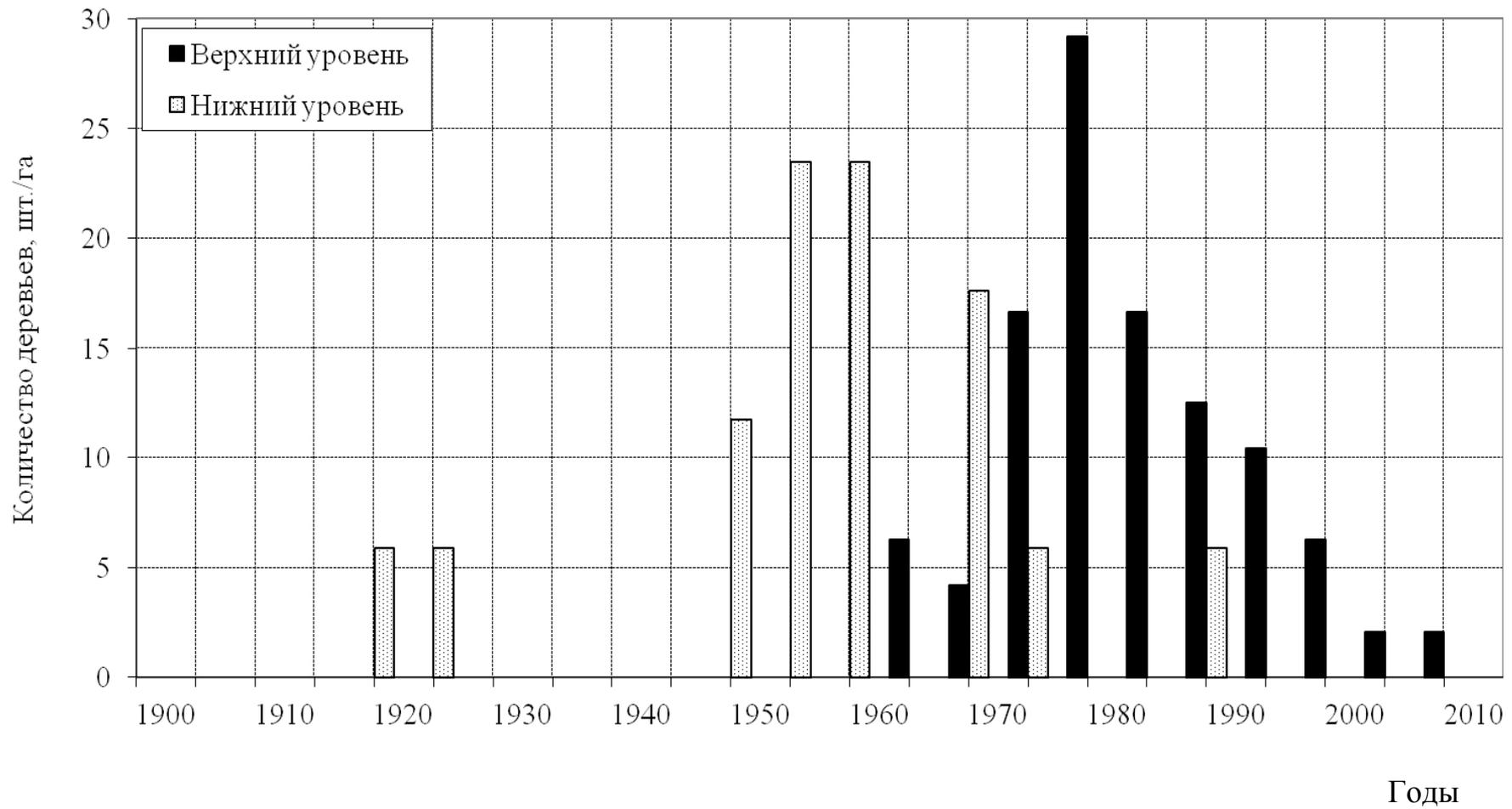


Рис. 26. Распределение количества деревьев березы по периодам их появления на различных высотных уровнях профиля г. Нер-Ойка

Таблица 14

Состав и густота древостоев и подроста
на малоснежных участках профиля г. Сале-Пасне-Нер

Древесная порода	Древостой			Подрост	
	Доля в составе, %		Густота, шт/га	Доля в составе, %	Густота, шт/га
	по сумме площадей сечений	по количеству стволов			
<i>Верхний уровень</i>					
Лиственница	100	100	28	0	6
Береза	0	0	0	0	0
Кедр	0	0	0	100	25600
<i>Всего</i>	100	100	28	100	25606
<i>Средний уровень</i>					
Лиственница	100	100	49	0	23
Береза	0	0	0	0	0
Кедр	0	0	0	100	15200
<i>Всего</i>	100	100	49	100	15223
<i>Нижний уровень</i>					
Лиственница	82	70	196	0	221
Береза	0	0	0	0	150
Кедр	18	30	86	100	17200
<i>Всего</i>	100	100	282	100	17571

На основании данных табл. 14 можно отметить, что на всех высотных уровнях в составе древостоев доминирует лиственница. Причем на среднем и верхнем уровнях это единственная порода, участвующая в сложении древостоев. На нижнем уровне заметно присутствие кедра, но его доля значительна только по количеству деревьев (30 %). Береза в сложении древостоев на данных участках не присутствует.

В изменении состава подроста просматриваются иные тенденции. На всех изученных участках произрастает значительное количество подроста кедра – от 15200 до 25600 шт/га.

Некоторые исследователи в экотоне лесотундры Западного Саяна наблюдали численность самосева и подроста кедра до 70000 шт/га, а также его продвижение по градиенту высоты в течение последних трех десятилетий (Харук и др., 2008). Однако в нашем случае его роль в формировании древостоев заметна только на нижнем уровне. В целом он представлен сильно угнетенным и усыхающим стлаником. В

1970 г. в этом же районе (г. Нер-Ойка) на малоснежных и ветрообдуваемых участках склонов С.Г. Шиятов (1974) наблюдал свыше 50 % отмершего кедрового подроста. В типичных условиях местопроизрастания кедр может формировать вертикальные стволы только в случае улучшения климатических условий или увеличения мощности снежного покрова (Капралов и др. 2006).

Наибольшее количество подроста лиственницы наблюдается на нижнем уровне (221 шт/га), на среднем и верхнем уровнях его мало (23 и 6 шт/га, соответственно). Береза в составе подроста присутствует только на нижнем уровне (150 шт/га). По-видимому только здесь для нее складываются относительно благоприятные условия для произрастания.

Густота деревьев и подроста лиственницы закономерно увеличивается с уменьшением высоты над уровнем моря (с 28 до 196 и с 6 до 221 шт/га, соответственно). Причем при переходе от среднего уровня к нижнему значения данного показателя увеличиваются на значительно большую величину, чем при переходе от верхнего к среднему.

Четких закономерностей (связанных с высотой над уровнем моря) в распределении подроста кедра по уровням не наблюдается. На наш взгляд, это связано с заносом его семян в горные тундры кедровкой. Известно, что благодаря кедровке появление подроста кедра возможно в радиусе 1 – 2 км от источников семян. Следует отметить не только ведущую роль кедровки в расселении кедра, но и ее избирательность: при выборе кладок кедровых орешков она предпочитает условия, благоприятствующие их прорастанию и укоренению сеянцев кедра. Это объясняется тесной эволюционной взаимосвязью обоих видов (Харук и др. 2008 г.).

Данные рис. 27 свидетельствуют, что на всех высотных уровнях первые лиственницы появились лишь в начале XX в. В настоящее время даже на нижнем уровне количество стволов многоствольных деревьев лиственницы не превышает 200 шт/га, а их таксационные показатели в 2 – 4 раз ниже, чем в других условиях местопроизрастания.

В пределах ветрообдуваемой сопки высотой 619 м н.у.м. северного отрога г. Нер-Ойка на площади 1,2 га было обнаружено всего 25 деревьев лиственницы, из которых самое старое датируется 1929 г.

Данная территория – пример весьма экстремальных условий местопроизрастания, где из-за отсутствия в зимнее время года снежного покрова не выживает даже подрост кедра.

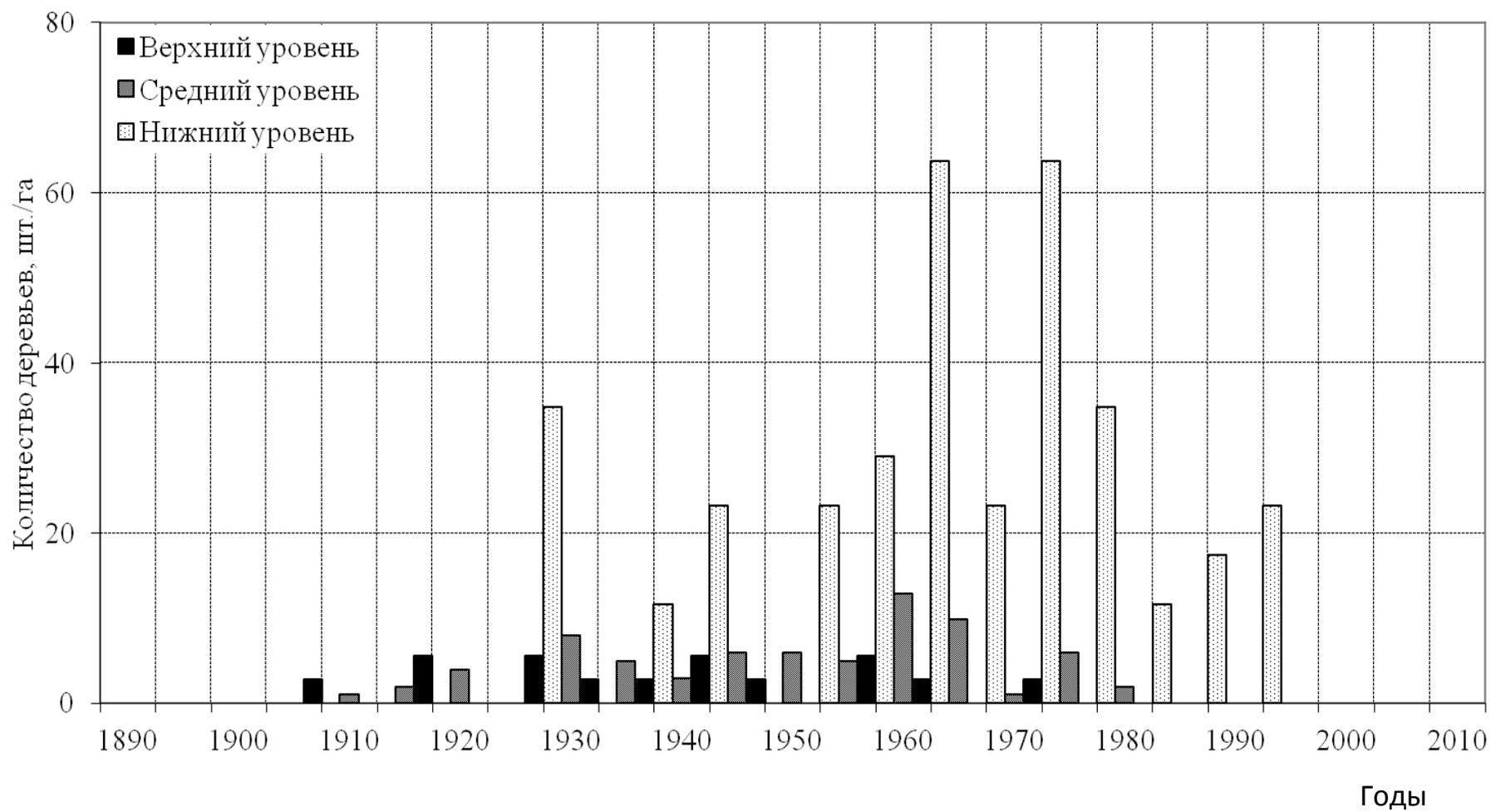


Рис. 27. Распределение количества деревьев лиственницы по периодам их появления на различных высотных уровнях профиля г. Сале-Пасне-Нер

Обобщая все вышеизложенное, можно отметить следующие особенности в формировании древостоев на малоснежных участках. Вследствие неблагоприятных условий для произрастания древесной растительности на данных участках доминирует более неприхотливая порода – лиственница. Кедр формирует древостой только на нижнем уровне, а береза из-за суровых условий местопроизрастания здесь не выживает.

В составе подроста отмечается значительное преобладание кедра.

С уменьшением высоты над уровнем моря усложняется состав древостоя и подроста и закономерно увеличивается их густота. Отмечается появление березы в составе подроста на нижнем уровне. Заселение исследованных территорий началось только в начале XX в., пионерной породой выступала лиственница. Участие других пород в формировании древостоев незначительно.

Наглядно распределение количества деревьев лиственницы и березы на различных высотных уровнях исследованных профилей приведено на рис. 28 и 29. В качестве примера приведена карта-схема (рис. 30) смещения верхней границы древесной растительности на профиле г. Нер-Ойка.

В целом результаты наших исследований показывают, что на рубеже XVIII – XIX в. на Приполярном Урале имело место повышение (относительно высоты над уровнем моря) верхнего предела произрастания древесной растительности. Причем этот процесс наблюдался повсеместно и в основном был связан с изменением климата, в частности с увеличением температуры и количеством осадков в холодный период года. Проведенные выше материалы свидетельствует, что состав и густота древостоев и подроста, а также скорость и характер заселения ранее безлесных территорий в значительной степени определяются локальными условиями местопроизрастания, в частности мощностью снежного покрова.

Так, поднятие верхней границы леса началось на многоснежных участках г. Хусь-Ойка и г. Нер-Ойка, и первой стала заселять ранее безлесные территории лиственница. Заселение деревьями малоснежных участков г. Сале-Пасне-Нер началось значительно позднее (на 100 лет).

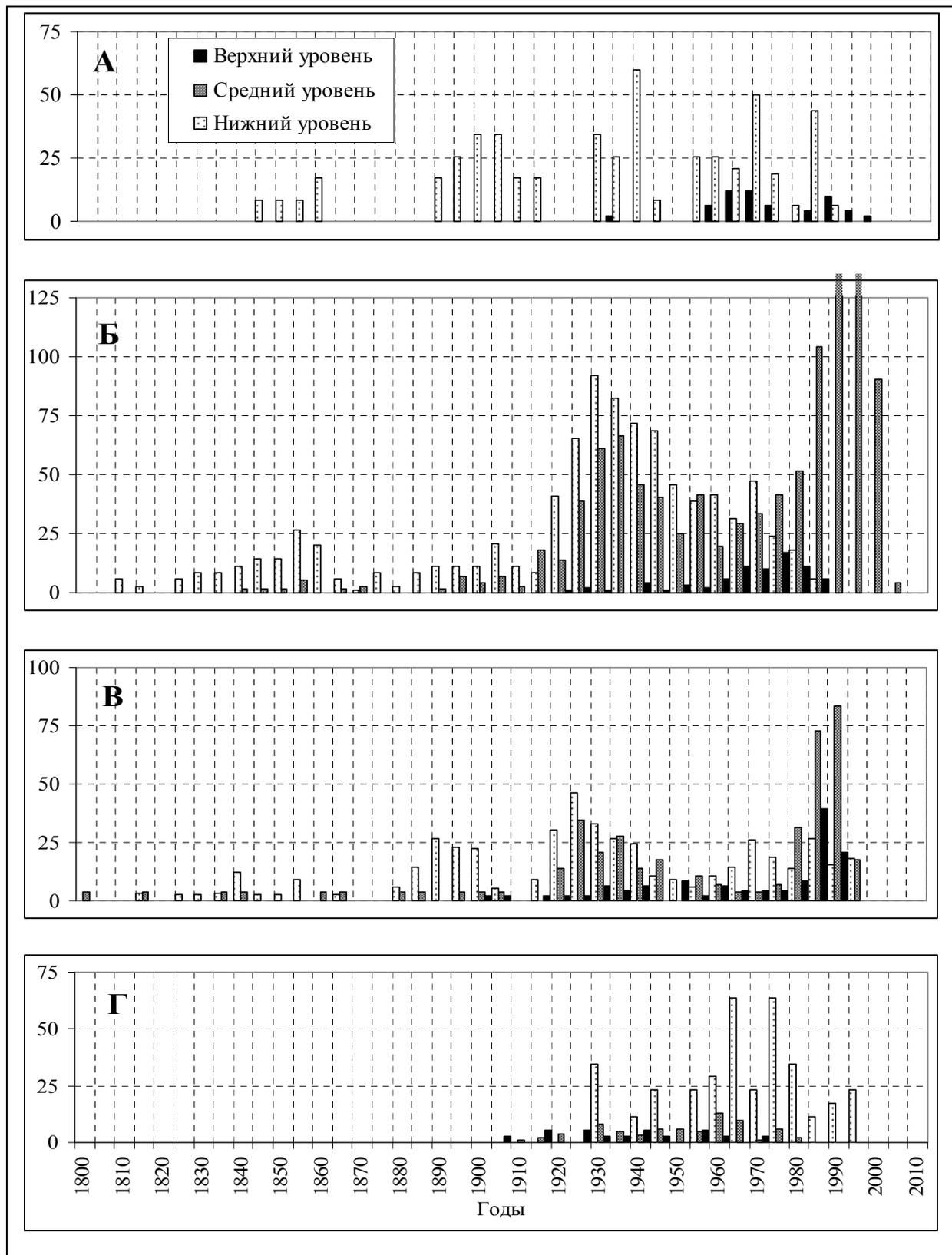


Рис. 28. Распределение количества деревьев лиственницы по периодам их появления на различных высотных уровнях исследуемых профилей:
 А) профиль I на г. Хусь-Ойка; Б) профиль II на г. Хусь-Ойка;
 В) профиль на г. Нер-Ойка; Г) профиль на г. Сале-Пасне-Нер

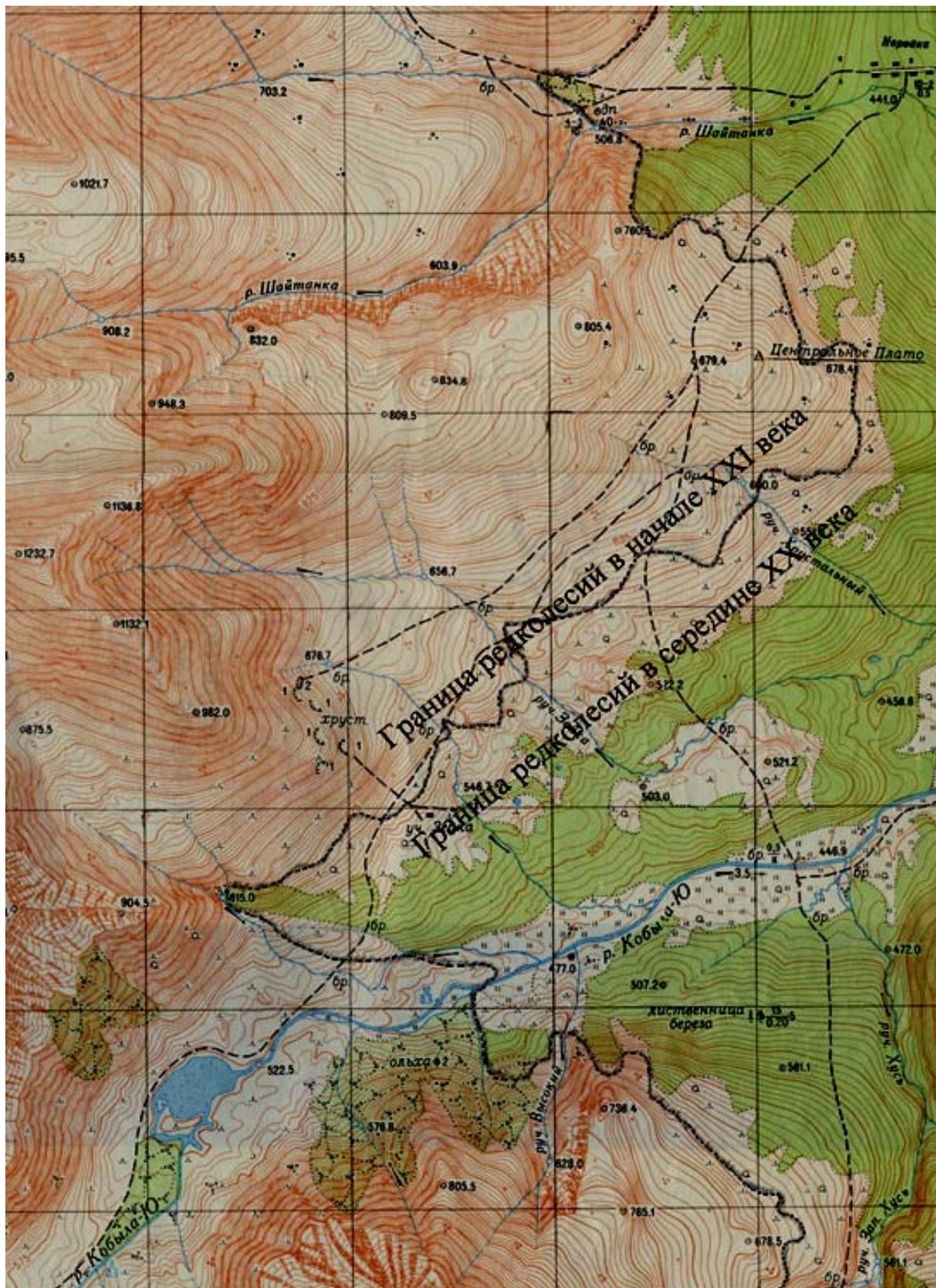


Рис. 30. Карта-схема восточных склонов массива Нер-Ойки с границами редколесий в середине XX (серия точек со сплошной заливкой) и начале XXI века (мелкий пунктир)

Различия в интенсивности заселения ранее безлесных территорий в значительной степени обусловлены неодинаковой требовательностью древесных пород к мощности снежного покрова, а значит и к степени промерзания почвы. Это объясняется тем, что в условиях высокогорий создаются экстремальные условия для выживания и роста подроста – самого уязвимого звена в процессе формирования древостоев. Он подвергается морозному выжиманию, повреждению холодным воздухом, снежной абразии, морозному иссушению. Поэтому подросту необходима защита снежного покрова. Как показали исследования А.В. Горяевой (2008), в ЭВГДР одним из факторов, благоприятно влияющих на появление и выживание всходов (самосева), является большая глубина снежного покрова.

Снегонакопление в лесу зависит от состава, сомкнутости и высоты древесно-кустарникового и травяно-кустарничкового ярусов, рельефа. Сроки промерзания и оттаивания почвы, глубина промерзания влияют на температурный режим и лимитируют начало вегетации (Шиятов, 1969; Корепанов и др., 1989). По данным некоторых исследований на покрытых снегом местообитаниях на уровне почвы, где размещаются зимующие и покоящиеся почки, а также на небольшой высоте от поверхности почв в снежной толще, где находятся надземные части травянистых растений, ход температуры, влажности и освещения иной, чем на бесснежных участках (Шереметов и др., 2005). Поэтому размещение растительных сообществ в ряде случаев определяется режимом и физическими свойствами снежного покрова. В горных тундрах растения с деревянистыми стеблями тесно связаны в своей жизни со снежным покровом, защищающим от зимних холодов и иссушающего влияния ветра. У этих растений почки возобновления на побегах, превышающих средний уровень снежного покрова, зимой обычно отмирают, в то время как побеги, защищенные снегом, сохраняют жизнеспособность и затем успешно развиваются и многократно ветвятся, образуя стланиковую форму роста (Горчаковский, 1970). Учитывая важную роль мощности снежного покрова в формировании растительности гольцового пояса П.Л. Горчаковский положил (1955) данный признак вместе с характером рельефа и механическим составом почвы в основу эколого-фитоценотической классификации горных тундр Урала. В местах наибольшего скопления снежных масс таяние снега сильно задерживается, что приводит к сокращению вегетационного периода и большему увлажнению почвы. Соответственно позднее наступают и протекают

начальные фазы растений (Горчаковский, Шиятов, 1971). При малой глубине снега происходит замерзание воды, подтянутой к фронту промерзания в процессе ее миграции, происходит образование крупных кристаллов льда, которые при своем росте механически перемещают почвенные частицы, вследствие чего происходит увеличение объема замерзшей почвы или так называемое морозное пучение (Совершаев, 1965). Отмечено (А.А. Молчанов, 1950), что наряду со снеговым покровом лесная подстилка также очень сильно предохраняет почву от промерзания. На ветробойных участках г. Сале-Пасне-Нер живой напочвенный покров отсутствует. Понижение температуры почвы ниже 4 °С и ее промерзание до 25 – 30 см приводят к увеличению с 14 до 28 % доли отмерших мелких корней и нарушению симбиотических взаимоотношений с микоризными грибами, что значительно уменьшает количество всасываемых из почвы азота и фосфора (Tierney et al., 2001). Установлено, что на участках склонов с малой и средней мощностью снега из-за глубокого промерзания почвы возрастают сроки отогревания почв после зимы, что обуславливает более низкие температуры почв в летние месяцы и, как следствие, понижение бактериальной активности и замедление кругооборота минеральных веществ (Kammer et al, 2009). Связывание воды в кристаллы льда при сильном понижении температуры почвы снижает зимнюю активность криофильных бактерий и замедляет высвобождение дополнительных к летним порций минеральных веществ. Все это (потери части ассимиляционного аппарата и фракций мелких корней, ухудшение минерального питания) оказывает существенное воздействие на нетто-фотосинтез, запасание питательных веществ и в итоге – на рост и семеношение деревьев (Mikan et al., 2002).

Таким образом, снежный покров оказывает значительное влияние на распространение древостоев верхней границы леса. Как показали наши исследования наиболее благоприятные условия для произрастания древостоев лиственницы складываются на первом профиле г. Хусь-Ойка и на профиле г. Нер-Ойка, где они занимают доминирующее положение в насаждениях (по полноте и густоте) и активно поднимаются в гору. Причем количество деревьев данной породы на втором профиле г. Хусь-Ойка значительно больше, чем на г. Нер-Ойка (второй склон более крутой и ветрообдуваемый). На втором профиле г. Хусь-Ойка лиственница начала заселяться позже (на 40 лет). Здесь в продвижении верхней границы леса возрастает роль березы. Специальные исследования С.Г. Шиятова (1969) на Полярном

Урале показали, что на многоснежных местообитаниях стволы от основания до высоты снежного покрова очищены от более или менее крупных сучьев. Крона у них развита лишь в верхней части, выше уровня снега, и по бессучковой зоне можно довольно легко определить мощность снежного покрова. Им также установлено, что на таких участках после 10 – 15-летнего возраста подрост лиственницы испытывает угнетение из-за краткости вегетационного периода (рис. 31).



Рис. 31. Деградация подроста лиственницы

Наши исследования показали, что глубина снега, определенная по высоте бессучковой части, на первом профиле г. Хусь-Ойка в среднем превышает 3 м. По-видимому ранее в зимнее время здесь отлагалось значительно большее количество снега (по мере продвижения верхней границы леса вдоль по склону мощность снежного покрова изменяется).

Древесные породы неодинаково требовательны к количеству снега. Так, для березы благоприятны влажные и слабопромерзающие почвы на многоснежных участках с укороченным периодом вегетации (Kullman, 2001).

В.Н. Сапунов ([http: / www geogr.msu.ru](http://www.geogr.msu.ru)) отмечал, что в Хибинском горном массиве увеличение мощности снежного покрова характерно также для склонов, покрытых березовым криволесьем. Изучая пространственно-временную динамику верхней границы леса на Северном Урале, Д.С. Капралов (2007) установил, что для березы

извилистой особенно благоприятны участки с обильным снегонакоплением, где в силу различных причин (укороченный вегетационный период, избыточное давление снежной массы, механическое воздействие снега на ствол и побеги) другие древесные виды теряют свою конкурентоспособность. Более того, береза извилистая обладает рядом эколого-биологических свойств (светолюбие, высокая семенная и порослевая продуктивность, хороший перенос семян, адаптация к укороченному вегетационному периоду, нетребовательность к почвенным условиям), которые позволяет ей успешно выживать в суровых условиях высокогорий (рис. 32).



Рис. 32. Адаптация березы к экстремальным условиям местопроизрастания

В целом наблюдается возрастание роли березы в формировании древостоев верхней границы леса с начала XX в. Так А.А. Бартыш (2008) отмечает, что начиная с конца XIX в. увеличение количества осадков в зимний период на Тылайско-Конжаковско-Серебрянском (Северный Урал) горном массиве способствовало укреплению позиций березы. На изученных участках г. Сале-Пасне-Нер складываются особо неблагоприятные условия для развития и роста древостоев (малая мощность снежного покрова, воздействие сильных ветров, недостаточное увлажнение почвы). Результаты наших исследований показали, что в этих условиях может выживать только лиственница. Как отмечают некоторые исследователи (Шиятов и др., 2000), лиственница способна произрастать на холодных почвах, переносить низкие зимние температуры, изменять форму роста и образовывать дополнительную корневую систему.

Необходимо отметить, что по мере увеличения высоты над уровнем моря на всех высотных профилях уменьшаются средние значения таксационных показателей древостоев, их густота и сомкнутость крон. Это свидетельствует об ухудшении условий местопроизрастания деревьев, что неблагоприятно влияет на их репродуктивные функции.

В результате проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

1. В связи с изменением климатической обстановки (увеличение температуры и количество осадков) в горах Приполярного Урала имеет место увеличение густоты, сомкнутости древостоев верхней границы древесной растительности и ее продвижение по высотному градиенту. Данные процессы происходят повсеместно во всем районе исследований. Подтверждением этого являются различия в растительности на ландшафтных фотоснимках, сделанных с одних и тех же точек в разное время, и уменьшение диаметра, высоты, густоты и возраста древостоев ЭВГДР по мере увеличения высоты над уровнем моря.

2. На различных участках продвижение древесной растительности в горы протекает с неодинаковой интенсивностью, что определяется локальными условиями местопроизрастания (высота над уровнем моря, экспозиция и крутизна склонов, степень каменистости и увлажнения почвы склонов, мощность снежного покрова). Наиболее выраженные изменения в высотном положении верхней границы древес-

ной растительности наблюдаются на относительно пологих, дренированных, менее каменистых склонах с оптимальным количеством снега для произрастания основных лесобразующих пород.

3. Различия в интенсивности заселения деревьями ранее безлесных территорий в значительной степени обусловлены неодинаковой требовательностью древесных пород к мощности снежного покрова и к степени промерзания почвы. Поднятие верхней границы леса началось на многоснежных участках (в конце XVIII в.), и пионерной породой выступала лиственница. Заселение ею малоснежных участков началось только в XX в. Береза стала заселяться позднее (начало XX в.) и активно укрепляет свои позиции по настоящее время.

4. На рост и развитие древостоев, произрастающих на своих верхних пределах, влияет большая совокупность факторов (температурный и ветровой режимы, интенсивность выпадения атмосферных осадков, урожайные годы и др.). Только при определенном (оптимальном) сочетании этих факторов возможно выживание и успешный рост подроста. Этим фактом объясняется цикличность в заселении ранее безлесных территорий.

5. СОВРЕМЕННАЯ СТРУКТУРА ДРЕВОСТОЕВ ЭВГДР

В настоящее время древостои ЭВГДР остаются слабоизученными в таксационном отношении. Определенный вклад в решение этой проблемы внесли Т.С. Бабенко (2006) и А.А. Бартыш (2008), проводившие исследования в высокогорьях Южного и Северного Урала, соответственно. По результатам их исследований установлено, что структура древостоев верхней границы леса в значительной степени определяется высотой их произрастания относительно уровня моря. Древостои, произрастающие на 40–50 м высоты относительно уровня моря, следует относить к разным статистическим совокупностям.

Поднятие верхней границы леса в горах свидетельствует о расширении площадей насаждений, обеспечивающих длительное консервирование углерода.

В последние годы появились работы по оценке надземной фитомассы деревьев и древостоев и углерододепонирующей способности насаждений ЭВГДР (Фастовец и др., 2003; Рахманов и др., 2006; Нагимов и др., 2007, 2008; Богословская, 2005; Дэви, 2008).

Однако этих материалов явно не достаточно для обобщающих выводов, а Приполярный Урал в этом отношении остается неизученным.

5.1. Таксационная характеристика древостоев на исследуемых профилях

Полученные на исследуемых высотных профилях материалы позволили нам рассчитать основные таксационные показатели отдельно для древостоев лиственницы и березы с учетом их произрастания относительно уровня моря (табл. 14).

Таблица 14

Средние таксационные показатели древостоев лиственницы и березы на различных высотных уровнях исследуемых профилей

Высотные уровни	Диаметр, см	Высота, м	Возраст, лет	Густота, шт/га	Сумма проекций крон, м ² /га
Лиственничные древостои					
<i>Условно многоснежные участки г. Хусь-Ойка (профиль I)</i>					
Нижний	14,6±1,2	7,7±0,5	99±6	319	2495
Верхний	6,0±0,6	3,4±0,2	44±2	38	134
<i>Условно многоснежные участки г. Хусь-Ойка (профиль II)</i>					
Нижний	13,3±0,5	7,4±0,2	90±2	625	3830
Средний	13,0±0,4	6,6±0,2	71±2	456	3347
Верхний	3,7±0,3	2,8±0,1	42±2	51	134
<i>Условно многоснежные участки г. Нер-Ойка</i>					
Нижний	18,4±1,1	10,2±0,5	94±5	413	5184
Средний	16,3±0,7	8,2±0,3	83±3	279	3423
Верхний	12,2±1,4	5,3±0,5	58±4	48	451
<i>Условно малоснежные участки г. Сале-Пасне-Нер</i>					
Нижний	2,8±0,3	2,5±0,1	45±2	196	365
Средний	3,9±0,3	2,8±0,1	57±2	49	127
Верхний	3,4±0,5	2,7±0,3	79±5	28	66
Березовые древостои					
<i>Условно многоснежные участки г. Хусь-Ойка (профиль I)</i>					
Нижний	6,3±0,29	4,8±0,16	58±1,1	1669	6578
Верхний	3,2±0,21	2,8±0,09	30±0,8	154	462
<i>Условно многоснежные участки г. Хусь-Ойка (профиль II)</i>					
Нижний	4,5±0,24	4,1±0,12	45±1,4	598	1629
Средний	4,5±0,49	3,4±0,22	34±2,3	54	139
Верхний	1,2±0,21	2,0±0,10	29±2,0	19	23
<i>Условно многоснежные участки г. Нер-Ойка</i>					
Нижний	6,9±0,73	6,1±0,77	49±3,6	96	451
Верхний	2,6±0,26	2,5±0,13	30±1,4	77	118

Приступая к анализу данных, приведенных в табл. 14, следует отметить, что вычисленные средние значения диаметра, высоты и возраста деревьев всех древостоев достоверны ($t_{0,05} > 3$).

И для лиственничных, и для березовых древостоев характерно закономерное уменьшение густоты и сумм проекций крон по мере продвижения в гору. Этот факт не требует разъяснений. В этом же направлении (за исключением профиля на г. Сале-Пасне-Нер) наблюдается уменьшение средних значений диаметра, высоты и возраста

деревьев обеих пород. На малоснежных участках г. Сале-Пасне-Нер диаметр и высота древостоев лиственницы максимальных значений достигают на среднем уровне, а их возраст – на верхнем.

Закономерное уменьшение среднего возраста древостоев по мере увеличения высоты над уровнем моря свидетельствует о постепенном поднятии верхней границы леса в изучаемом районе. Более низкие значения таксационных показателей древостоев лиственницы и березы на верхних уровнях по сравнению со средним и нижним объясняются более поздним началом их заселения древесной растительностью (более низким возрастом древостоев в настоящее время) и более суровыми лесорастительными условиями.

5.2. Особенности распределения деревьев лиственницы по таксационным показателям

Вопросам строения древостоев, произрастающих на своем верхнем пределе, до последнего времени не уделялось достаточного внимания, хотя значение их имеет большое научное (познание природы древостоев верхней границы леса, закономерностей их формирования, роста и развития) и практическое значение (разработка стратегий ведения хозяйства в них). Как отмечает П.Л. Горчаковский (1970), высокогорные леса выполняют важную водорегулирующую роль и заслуживают особого внимания по ведению хозяйства.

В специальной литературе имеется еще очень мало публикаций с результатами изучения строения насаждений в высокогорных и высокоширотных районах. В высокогорьях Урала подобные исследования проводились только Т.С. Бабенко (2006) на Южном и А.А. Бартышем (2008) на Северном Урале. Есть мнение, что характер изменчивости таксационных показателей деревьев в лесу и их сочетание, хотя и имеют в каждом отдельном случае свои особенности, но в то же время подчиняются определенным общим закономерностям (Никитин, 1966). В этой связи представляются интересными исследования по выявлению особенностей строения исследуемых лиственничников и оценке наличия общих закономерностей в строении древостоев ЭВГДР на основе анализа материалов, полученных в разных районах Урала.

Строение лиственничных древостоев нами изучалось на экспериментальном материале, собранном на втором профиле г. Хусь-Ойка. Как было показано выше, в настоящее время здесь произрастают наиболее сформировавшиеся насаждения.

При оценке таксационного строения лиственничных насаждений основное внимание уделялось изучению характера и пределов изменчивости таксационных показателей (возраст, диаметр и высота деревьев, линейные размеры крон) в зависимости от расположения древостоев относительно высоты над уровнем моря.

5.2.1. Распределение деревьев лиственницы по возрасту

Есть мнение, что возрастная структура древостоев достаточно полно может быть выявлена только при определении возраста всех деревьев (Шанин, 1967). Как отмечалось ранее, при сборе экспериментального материала нами определялся возраст каждого дерева. Данное обстоятельство позволило нам детально изучить возрастную структуру древостоев в зависимости от их положения относительно высоты над уровнем моря. Результаты статистической обработки экспериментальных материалов сведены в табл. 15. Приступая к их анализу, необходимо отметить, что основные показатели (среднее значение, стандартное отклонение, коэффициент асимметрии и вариации) статистически достоверны ($t > 3$). Точность средних величин находится в пределах 2,7 – 4,7 %. Показатель эксцесса оказался достоверен не на всех высотных уровнях (см. ниже).

Таблица 15

Основные статистические характеристики распределения деревьев лиственницы по возрасту

Показатели	Высотные уровни		
	Верхний	Средний	Нижний
Среднее значение, лет	40±1,9	73±2,0	93±2,6
Стандартное отклонение, лет	15,0±1,33	33,3±1,41	38,7±1,84
Коэффициент эксцесса	1,08±0,617	16,21±0,294	0,48±0,329
Коэффициент асимметрии	1,31±0,309	3,24±0,147	1,15±0,164
Минимальное значение, лет	22	23	38
Максимальное значение, лет	84	290	240
Коэффициент вариации, %	38±3,8	45±2,3	42±2,3
Точность опыта, %	4,7	2,7	2,8

Выявляется, что в исследуемых древостоях по мере увеличения высоты над уровнем моря существенным образом изменяется амплитуда колебания возраста деревьев. Так, на нижнем уровне этот показатель колеблется от 38 до 240 лет, на среднем от 23 до 290 лет и на верхнем от 22 до 84 лет. Таким образом, исследуемые древостои относятся к категории абсолютно разновозрастных (Семечкин, 1970).

По мере продвижения в гору существенно уменьшается средний возраст древостоев: с 93 лет – на нижнем уровне, до 40 лет – на верхнем.

Значения коэффициента варьирования возраста деревьев характеризуются достаточно высокими значениями: на верхнем уровне – 38 %, на среднем – 45 % и нижнем – 42 %. В специальной литературе (Шагин, 1970; Соколов, 1970; Данилин, 1989; Шавнин, 1990; Луганский, Лысов, 1991) изменчивость возраста деревьев в древостоях характеризуется значительно меньшими значениями. Таким образом, дифференциация деревьев по возрасту в высокогорьях значительно выше, чем в равнинных условиях.

Наблюдается тенденция увеличения значений коэффициентов варьирования со снижением высоты над уровнем моря. Это свидетельствует о том, что степень дифференциации деревьев по возрасту увеличивается от верхнего уровня к нижнему.

В исследуемых древостоях величина асимметрии рядов распределения деревьев по возрасту на всех высотных уровнях имеет положительные значения – наблюдается левое смещение кривых распределения относительно нормальной. Причем величина асимметрии на среднем уровне (3,24) значительно выше, чем на нижнем (1,15) и верхнем (1,31).

Распределения деревьев лиственницы на всех высотных уровнях характеризуются островершинными кривыми: численности исследуемых рядов теснятся около среднеарифметической величины в большей степени, чем у кривой нормального распределения. Причем островершинность наиболее выражена на среднем уровне.

5.2.2. Распределение деревьев лиственницы по диаметру

В лесной таксации важное значение имеет ряд распределения деревьев по диаметру. С этим показателем тесно связаны многие другие таксационные показатели древостоя. Он находит широкое применение при составлении лесотаксационных таблиц, таксации лесных мас-

сивов, его учитывают при назначении лесохозяйственных мероприятий (Луганский, Нагимов, 1994). Основные статистические показатели распределения деревьев по диаметру (среднее значение, стандартное отклонение, коэффициент вариации) достоверны (табл. 16). Точность средних величин колеблется от 3,1 до 7,4 %.

Таблица 16

Основные статистические характеристики распределения
деревьев лиственницы по диаметру

Показатели	Высотные уровни		
	Верхний	Средний	Нижний
Среднее значение, см	3,5±0,26	13,4±0,42	14,6±0,50
Стандартное отклонение, см	1,8±0,18	7,3±0,30	8,1±0,36
Коэффициент эксцесса	-0,46±0,715	0,44±0,281	-1,04±0,304
Коэффициент асимметрии	0,52±0,357	0,61±0,140	-0,15±0,152
Минимальное значение, см	0,6	1,6	1,3
Максимальное значение, см	8,0	44,3	33,4
Коэффициент вариации, %	50±6,4	55±2,8	55±3,1
Точность опыта, %	7,4	3,1	3,4

Данные табл. 16 свидетельствуют, что средний диаметр древостоя значительно уменьшается по мере увеличения высоты над уровнем моря. Особенно это заметно при переходе от среднего уровня к верхнему (с 13,4 до 3,5 см). Данное обстоятельство обусловлено уменьшением возраста древостоев и ухудшением условий местопрорастания с увеличением высоты над уровнем моря.

На каждом высотном уровне исследуемые древостои характеризуются достаточно высокой изменчивостью диаметров стволов.

Коэффициент вариации на среднем и нижнем уровнях составляет 55 %, на верхнем – 50 %. Таким образом, отмечается тенденция увеличения изменчивости диаметров по мере снижения высоты над уровнем моря.

Ряды распределения количества деревьев по диаметру в лиственничных древостоях на верхнем и среднем уровнях характеризуются положительной асимметрией, а на нижнем – отрицательной. Причем на нижнем уровне значение показателя асимметрии не достоверно.

Распределение деревьев по диаметру на среднем уровне передается островершинной кривой, а на верхнем и нижнем уровнях – плос-

ковершинной. Абсолютные значения эксцесса свидетельствуют о том, что по крутости эмпирические ряды распределения отличаются от нормальной кривой.

5.2.3. Распределение деревьев лиственницы по высоте

Статистические показатели распределения деревьев по высоте представлены в табл. 17. Из ее данных видно, что изменчивость высот деревьев в исследуемых древостоях существенно ниже, чем их диаметров. Значение коэффициента вариации высот закономерно увеличивается с понижением высоты над уровнем моря. В специальной литературе отмечается, что изменчивость высоты деревьев в одновозрастных насаждениях и однородных частях сложных насаждений характеризуется коэффициентами вариации, изменяющимися от 6 до 10 % (Анучин, 1982). В исследуемых древостоях этот показатель значительно выше.

Таблица 17

Основные статистические характеристики распределения деревьев лиственницы по высоте

Показатели	Высотные уровни		
	Верхний	Средний	Нижний
Среднее значение, м	2,8±0,12	6,7±0,17	7,4±0,22
Стандартное отклонение, м	0,9±0,09	3,0±0,12	3,9±0,16
Коэффициент эксцесса	0,08±0,686	-0,93±0,275	-1,28±0,283
Коэффициент асимметрии	0,64±0,343	-0,06±0,137	-0,15±0,141
Минимальное значение, м	1,5	1,5	1,5
Максимальное значение, м	5,5	15	16
Коэффициент вариации, %	31±3,4	45±2,1	52±2,6
Точность опыта, %	4,3	2,5	3,0

Наблюдается закономерное уменьшение средней высоты древостоя по мере продвижения в гору. Это связано с влиянием тех же факторов, что на рост деревьев по диаметру. Особенно существенно изменение величины средней высоты при переходе от среднего уровня к верхнему (с 6,7 до 2,8 м).

По мере продвижения в гору границы лесонасаждений коэффициент асимметрии с отрицательных значений переходит в положительные. На нижнем и верхнем уровнях кривые распределения высот близки по форме к нормальной (коэффициенты асимметрии не досто-

верны), а на верхнем уровне характеризуются высокой положительной асимметрией.

По косости ряды распределения деревьев по высоте на верхнем уровне близки к нормальной кривой, а на среднем и нижнем уровнях характеризуются плосковершинными кривыми, резко отличающимися от нормальной.

5.2.4. Распределение деревьев лиственницы по диаметру и длине кроны

Ряды распределения числа деревьев по диаметру и длине кроны являются теоретическим фундаментом для составления таблиц по оценке размеров и фитомассы крон (ветвей и хвои). Статистические показатели рядов распределения деревьев по диаметру и длине крон приведены в табл. 18 и 19. Основные показатели, приведенные в таблицах (среднее значение, стандартное отклонение, коэффициент вариации), достоверны.

Таблица 18

Основные статистические характеристики распределения деревьев лиственницы по диаметру крон

Показатели	Высотные уровни		
	Верхний	Средний	Нижний
Среднее значение, м	1,7±0,08	2,8±0,08	2,5±0,08
Стандартное отклонение, м	0,6±0,06	1,4±0,06	1,3±0,05
Коэффициент эксцесса	5,85±0,686	-0,82±0,277	-0,17±0,284
Коэффициент асимметрии	1,58±0,343	0,28±0,139	0,41±0,142
Минимальное значение, м	0,5	0,5	0,3
Максимальное значение, м	4,3	6,6	7,3
Коэффициент вариации, %	35±3,8	50±2,4	53±2,7
Точность опыта, %	4,9	2,8	3,1

Необходимо отметить, что на верхнем уровне возникают сложности в определении длин крон деревьев. Это связано с тем, что здесь у большинства деревьев лиственницы наблюдается отсутствие ветвей в средней части кроны (в зоне метелевого переноса снега), а в нижней части – наличие «юбки» из ветвей, очень близко расположенных к поверхности почвы. Поэтому мы ограничились анализом рядов распределения деревьев по длине кроны только на среднем и нижнем уровнях.

Таблица 19

Основные статистические характеристики распределения
деревьев лиственницы по длине крон

Показатели	Высотный уровень		
	Верхний	Средний	Нижний
Среднее значение, м	-	5,2±0,16	5,5±0,18
Стандартное отклонение, м	-	2,5±0,11	3,2±0,13
Коэффициент эксцесса	-	-0,93±0,319	-1,23±0,284
Коэффициент асимметрии	-	-0,01±0,159	0,03±0,142
Минимальное значение, м	-	0,7	0,5
Максимальное значение, м	-	11,0	12,4
Коэффициент вариации, %	-	48±2,6	58±3,1
Точность опыта, %	-	3,1	3,4

Результаты исследований свидетельствуют, что деревья лиственницы на нижнем и среднем уровнях характеризуются примерно одинаковыми значениями линейных размеров крон. По-видимому, ухудшение лесорастительных условий на среднем уровне для роста крон компенсируется уменьшением густоты произрастания.

Изменчивость размеров крон закономерно уменьшается по мере продвижения в гору: диаметра крон – с 53 до 35 %, длины кроны – с 58 до 48 %. Изменчивость длины кроны несколько выше, чем изменчивость их диаметра. В равнинных условиях по данным многих авторов, наоборот, длина кроны является менее изменчивым показателем (Семечкина, 1978; Луганский, Нагимов, 1994).

Значения коэффициентов асимметрии и эксцесса, приведенных в табл. 18 и 19, свидетельствуют, что ряды распределения деревьев по диаметру и длине крон в большинстве случаев не подчиняются нормальному закону и отличаются в зависимости от высоты произрастания древостоев относительно уровня моря.

5.3. Взаимосвязи таксационных показателей деревьев

Важным моментом при оценке строения древостоев является исследование связей между различными таксационными показателями стволов и крон деревьев. В настоящее время взаимосвязи между так-

сационными показателями деревьев в древостоях верхней границы леса изучены слабо.

5.3.1. Взаимосвязь диаметра и высоты деревьев

По результатам некоторых исследований было установлено, что связь диаметра и высоты деревьев до определенного возраста выражается прямолинейной зависимостью. У различных древесных пород связь между этими показателями приобретает криволинейный характер в различном возрасте. Причем изменение соотношений между диаметром и высотой в основном обуславливается не возрастом древостоя, а уровнем конкуренции, которая способствует увеличению высоты древостоя (Юкнис, 1983; Третьякова, 2006). По данным Р.А. Юкниса (Юкнис, 1983), у одиночно растущих деревьев соотношение диаметра и высоты – величина постоянная. Для выявления характера связи между диаметром и высотой деревьев по соответствующим данным, полученным на втором профиле г. Хусь-Ойка, профилях г. Нер-Ойка и г. Сале-Пасне-Нер, построены графики между этими показателями и проанализированы различные функции для их описания (рис. 33 – 35).

Анализ приведенных графических материалов позволяет отметить, что на всех исследуемых участках между диаметром и высотой деревьев существуют довольно тесные связи (коэффициент детерминации колеблется от 0,73 до 0,92).

На всех высотных уровнях г. Сале-Пасне-Нер и верхних уровнях г. Нер-Ойка и Хусь-Ойка связь высоты от диаметра деревьев лиственницы выражается прямолинейной зависимостью. Это объясняется тем, что лиственничные древостои, произрастающие на данных участках (уровнях), характеризуются незначительной сомкнутостью крон (деревья растут в изолированном состоянии друг от друга). По полноте и сомкнутости крон рассматриваемые участки можно отнести к рединам или даже верхней границе распространения отдельных деревьев.

На средних и нижних уровнях профилей г. Нер-Ойка и г. Хусь-Ойка наблюдается нарушение постоянства в соотношении диаметра и высоты древостоев – связь между рассматриваемыми показателями на данных участках имеет криволинейный характер. Данное обстоятельство обусловлено тем, что со снижением высоты над уровнем моря закономерно увеличиваются густота и сомкнутость крон древостоев, а значит, и конкурентные взаимоотношения между деревьями.

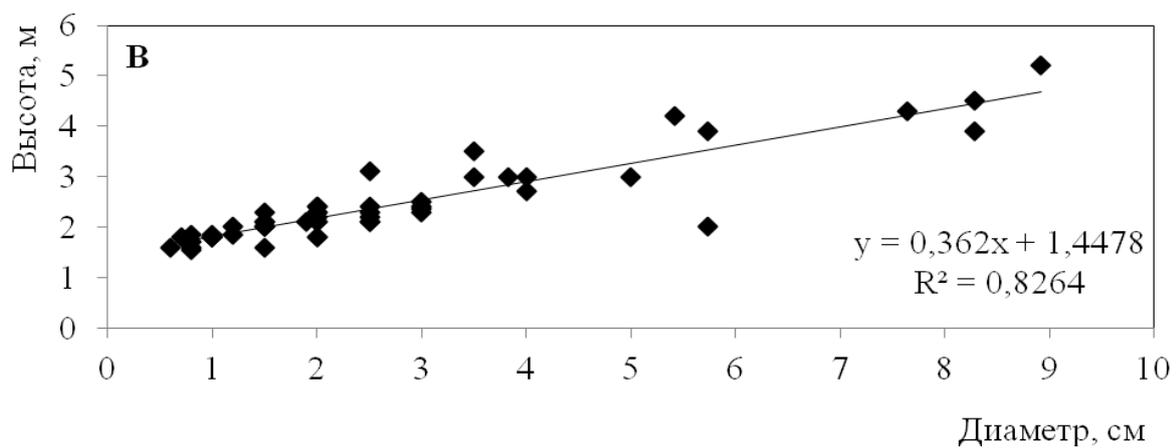
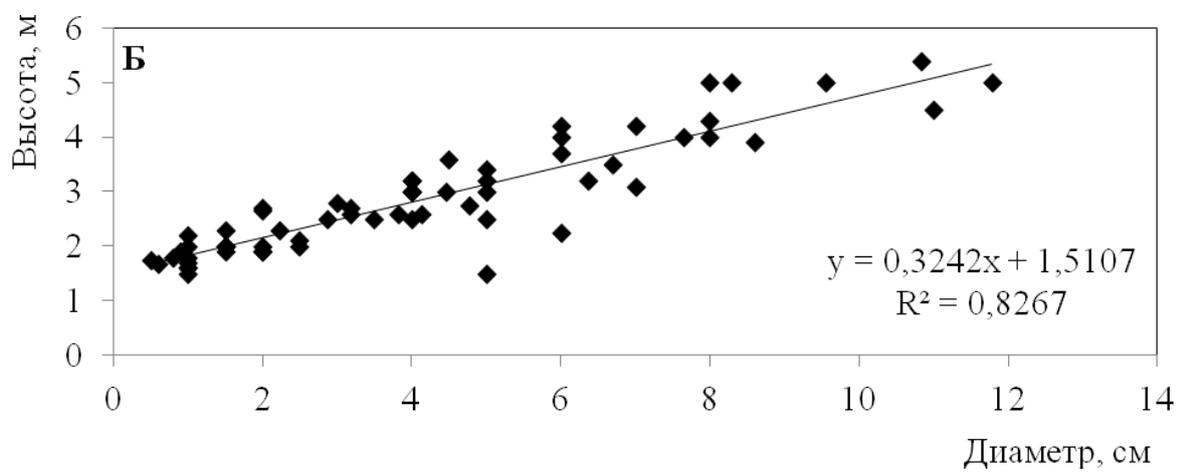
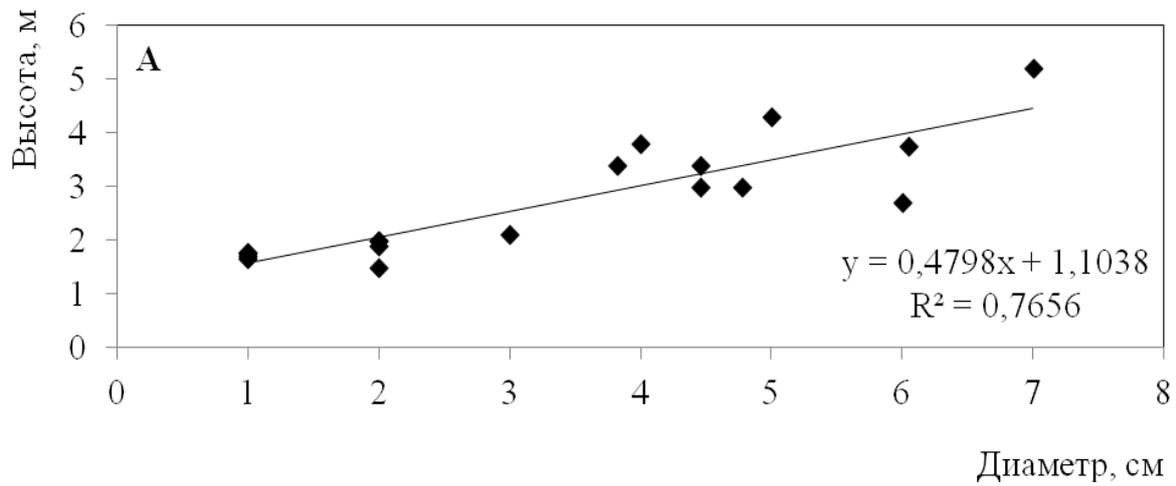


Рис. 33. Связь между диаметром и высотой стволов у деревьев лиственницы на ветрообдуваемых участках г. Сале-Пасне-Нер:
А – верхний уровень; Б – средний уровень; В – нижний уровень

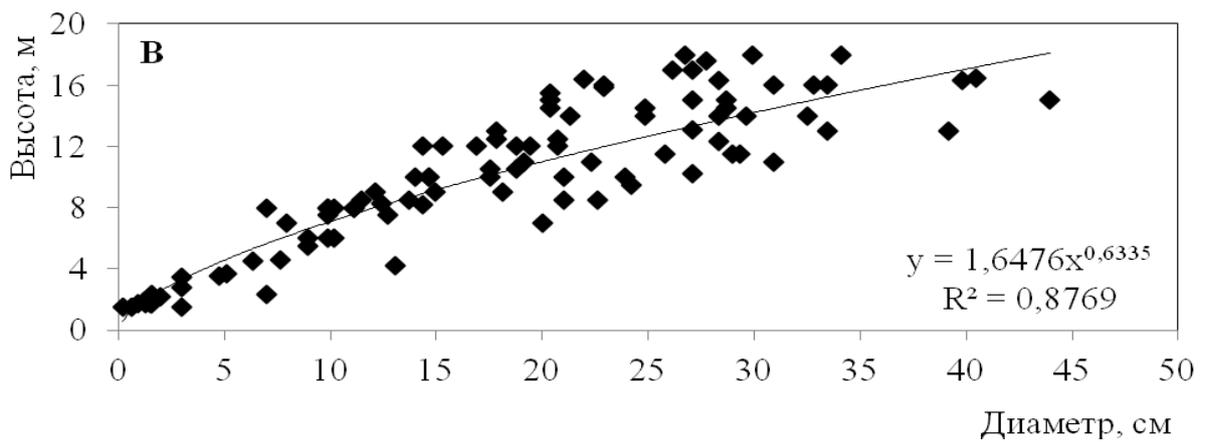
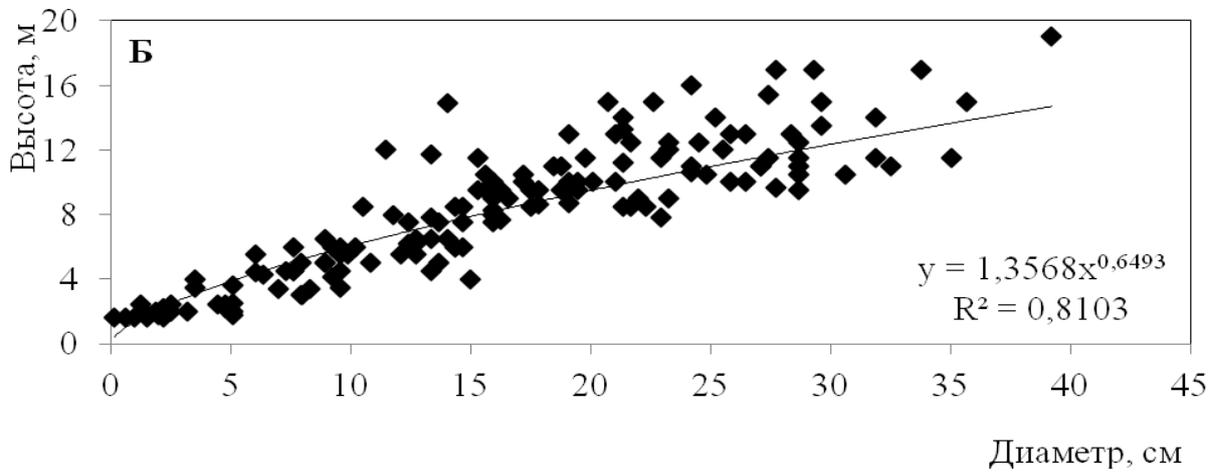
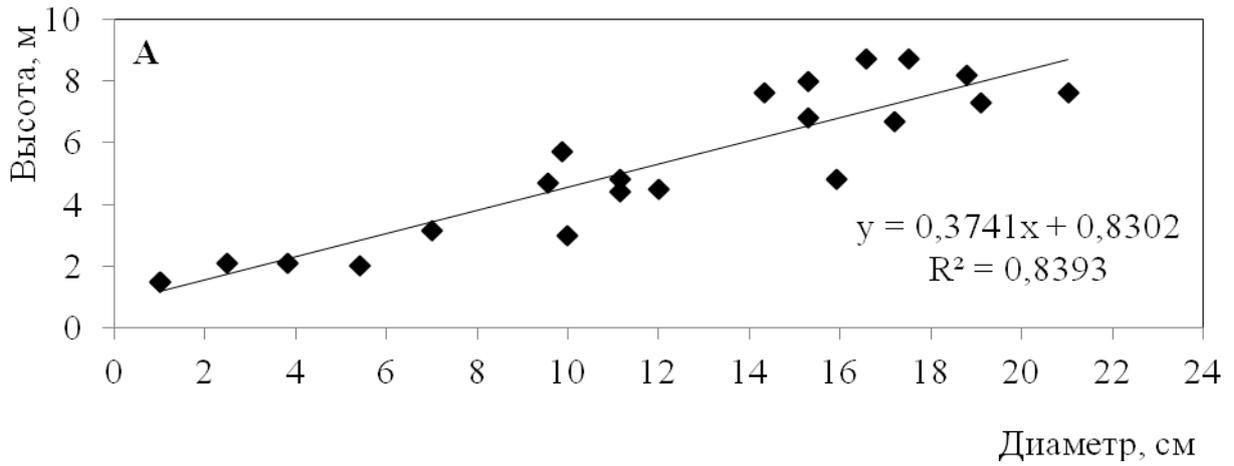


Рис. 34. Связь между диаметром и высотой стволов у деревьев лиственницы на профиле г. Нер-Ойка:
А – верхний уровень; Б – средний уровень; В – нижний уровень

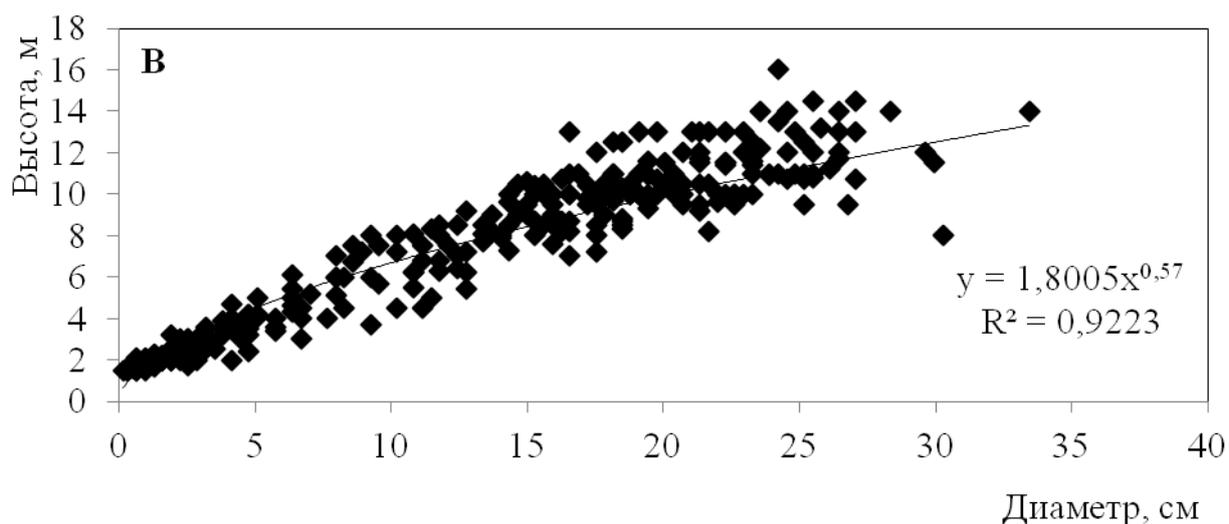
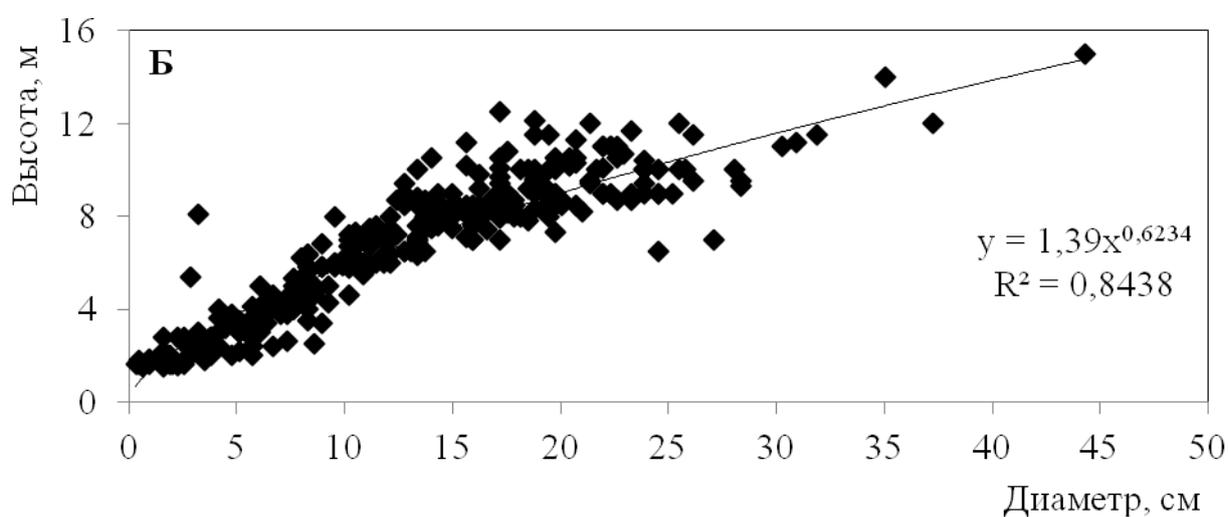
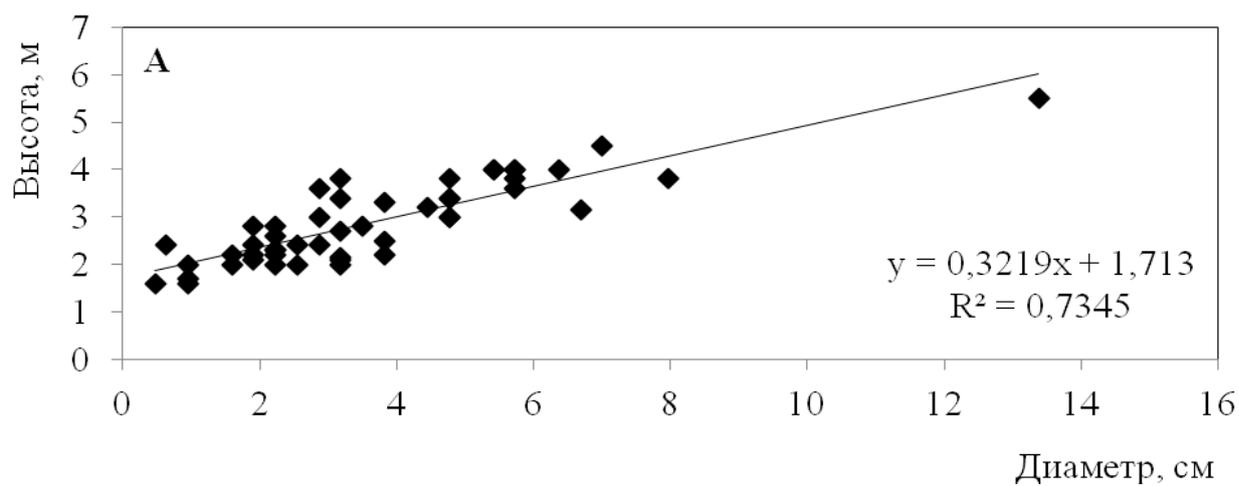


Рис. 35. Связь между диаметром и высотой стволов у деревьев лиственницы на втором профиле г. Хусь-Ойка:
А – верхний уровень; Б – средний уровень; В – нижний уровень

Выявляется, что при одинаковом диаметре высота деревьев закономерно увеличивается со снижением высоты над уровнем моря. Если на верхнем уровне второго профиля г. Хусь-Ойка высота деревьев диаметром 10 см составляет около 4,8 м, то на среднем – 5,8, а на нижнем – 7,0 м. Таким образом, по мере продвижения по склону заметно меняется разряд высот древостоев. Это объясняется тем, что с увеличением высоты над уровнем моря ухудшаются условия для роста деревьев в высоту. Аналогичные закономерности были выявлены Т.С. Бабенко (2006) и А.А. Бартышем (2008).

Таким образом, в ЭВГДР (кроме участков, подверженных экстремальной ветровой нагрузке) со снижением высоты над уровнем моря существенным образом изменяется соотношение между диаметром и высотой деревьев а, следовательно, и ход изменения высот деревьев по ступеням диаметра.

5.3.2. Взаимосвязь диаметра крон с размерами стволов

В основе дифференциации деревьев лежит генетически обусловленная неодинаковая интенсивность роста индивидов в молодости, которая после смыкания крон и корневых систем усиливается из-за конкуренции между деревьями за свет и элементы питания. В сомкнутых древостоях наблюдаются довольно тесные связи между размерами крон и стволов деревьев (Неволин, 1967; Кузьмичев, 1977; Горячев, 1987; Луганский, Нагимов, 1994; Третьякова, 2006).

На рис. 36 и 37 представлены зависимости диаметров крон от диаметров стволов в разрезе высотных уровней профилей г. Хусь-Ойка и г. Нер-Ойка, соответственно. Выявляется, что на рассматриваемых высотных профилях между диаметром кроны и диаметром ствола наблюдаются достаточно тесные связи – коэффициент детерминации колеблется от 0,74 до 0,88. Исключение составляет верхний уровень профиля г. Хусь-Ойка, здесь связь между этими показателями оказалась несколько слабее ($R^2 = 0,41$).

Графические данные свидетельствуют, что на верхних уровнях обоих склонов между данными показателями существует прямолинейная зависимость, а соотношение между ними – величина постоянная. С уменьшением высоты над уровнем моря зависимость между диаметром крон и стволов деревьев приобретает криволинейный характер. Это объясняется тем (как и в зависимости между диаметром и высотой), что по мере продвижения от верхнего уровня к нижнему

увеличивается густота и сомкнутость крон древостоев, а значит и конкурентные взаимоотношения в них между деревьями.

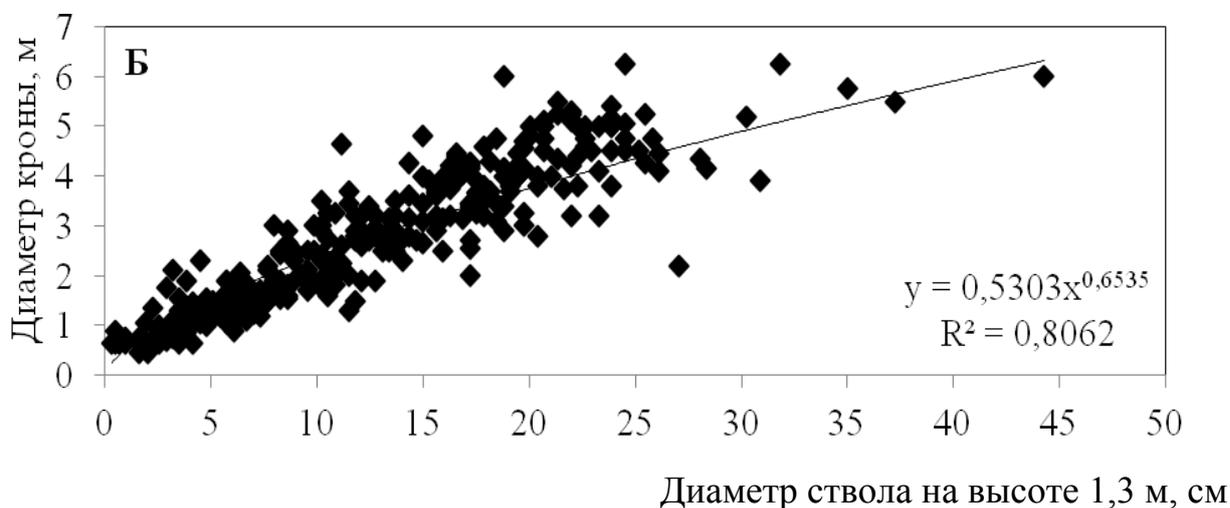
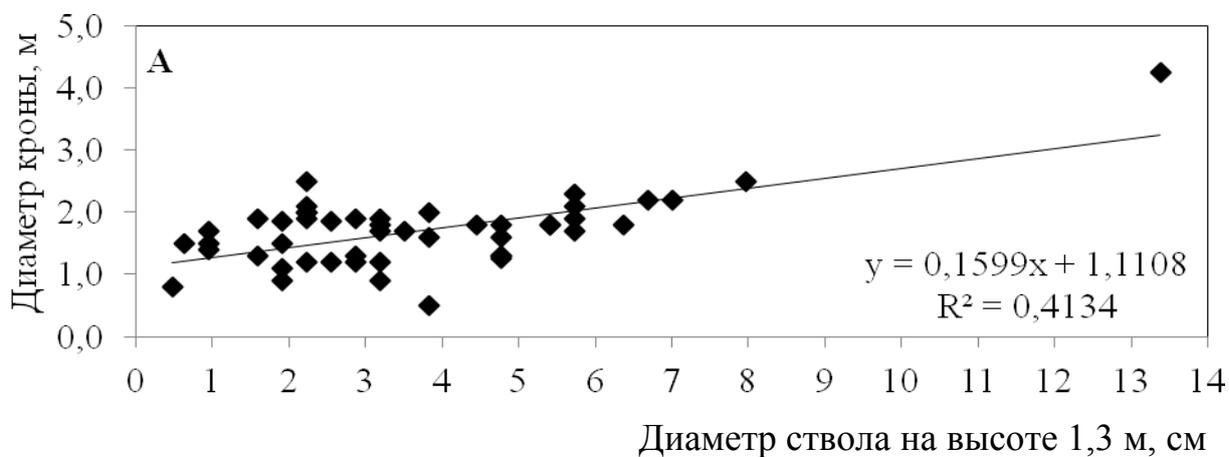


Рис. 36. Связь между диаметром кроны и диаметром ствола на различных высотных уровнях профиля г. Хусь-Ойка: А – верхний уровень; Б – средний уровень; В – нижний уровень

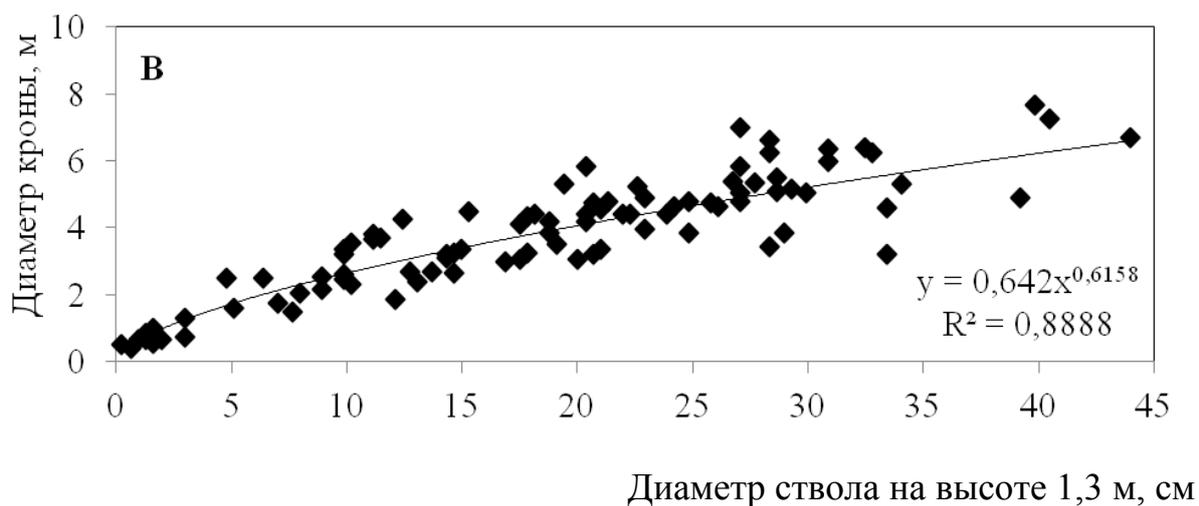
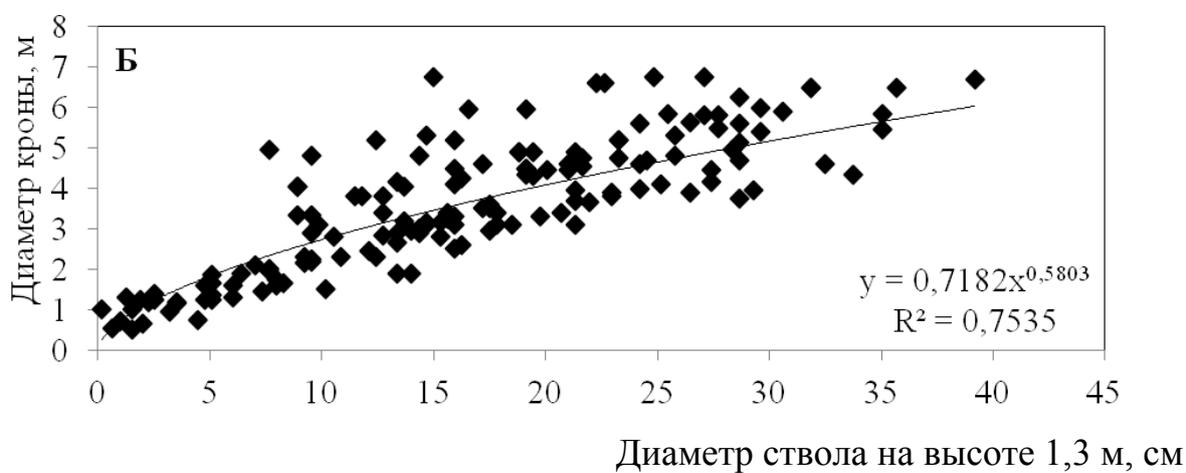
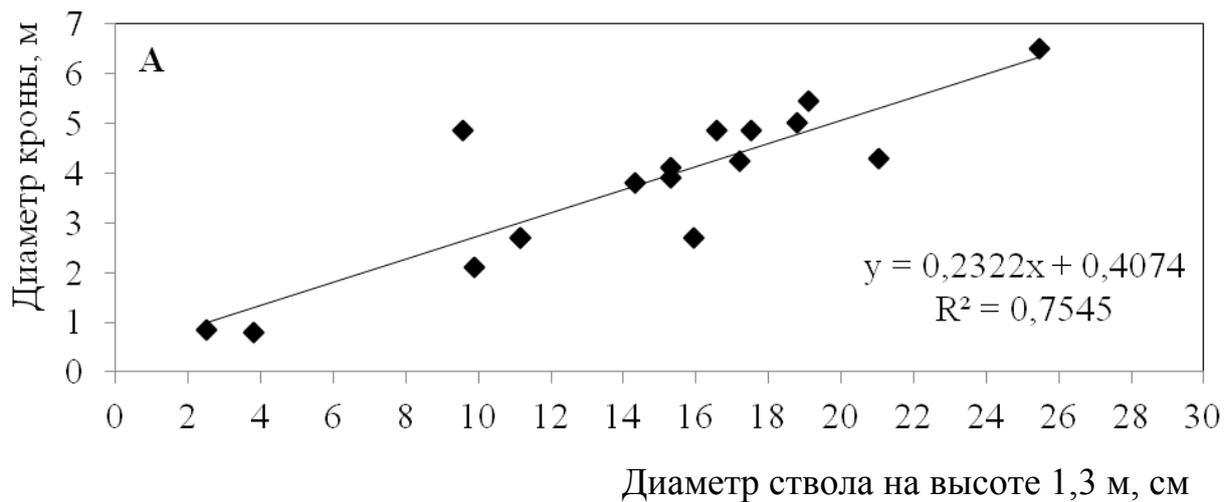


Рис. 37. Связь между диаметром кроны и диаметром ствола на различных высотных уровнях профиля г. Нер-Ойка:
А – верхний уровень; Б – средний уровень; В – нижний уровень

Выявляется, что при одинаковом диаметре ствола диаметр крон деревьев лиственницы закономерно увеличивается с увеличением высоты над уровнем моря. Так, на втором профиле г. Хусь-Ойка диаметр крон деревьев с диаметром 10 см на нижнем уровне составляет в среднем – 2,2 м, на среднем – 2,5 м, а на верхнем – 2,7 м. По мнению Бартыша (2008), это связано с тем, что при увеличении высоты над уровнем моря уменьшаются возраст и полнота древостоев. Поэтому деревья одинакового диаметра на верхнем уровне характеризуются лучшим ранговым положением и, соответственно, большим диаметром крон, чем на нижележащих уровнях.

Зависимости диаметра крон от высоты ствола на различных высотных уровнях второго профиля г. Хусь-Ойка показаны на рис. 38.

Как видно из графиков, между диаметром крон и высотой стволов также существуют тесные зависимости (за исключением древостоев на верхнем уровне). Причем, на верхнем уровне связь между этими показателями носит прямолинейный характер, а на нижележащих – криволинейный.

Выявляется, что чем больше высота над уровнем моря, тем больше диаметр кроны у деревьев одинаковой высоты. Если при высоте ствола, равной 5 м, на нижнем уровне диаметр кроны в среднем составляет 1,8 м, то на среднем – 2,1 м, а на верхнем – 2,5 м. Объясняется это также изменением рангового положения деревьев одинаковых размеров с увеличением высоты над уровнем моря.

5.3.3. Взаимосвязь длины крон с размерами стволов

При изучении зависимостей между длиной кроны и линейными размерами стволов в лиственничных древостоях ЭВГДР использовались данные соответствующих измерений на средних и нижних уровнях профилей г. Хусь-Ойка и г. Нер-Ойка.

Анализ графиков на рис. 39 и 40 позволяет отметить, что связь длины кроны с высотой ствола деревьев лиственницы выражается прямолинейной зависимостью. Прямолинейную связь между этими показателями в равнинных условиях отмечали и другие исследователи. Коэффициенты детерминации (0,918 – 0,961) свидетельствуют о высокой тесноте связей. При одинаковой высоте стволов длина кроны выше на профиле г. Нер-Ойка, а в пределах рассматриваемых профилей выше на нижних уровнях, чем на средних.

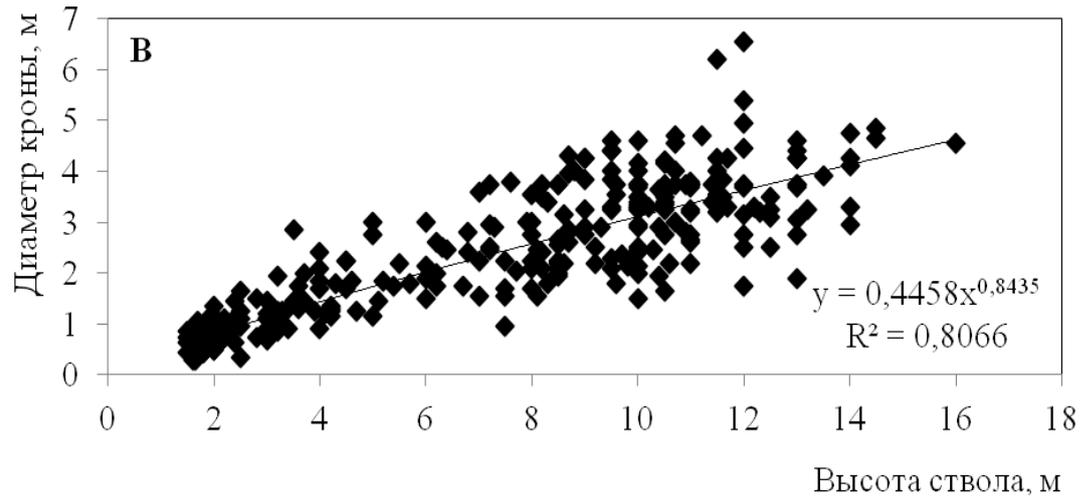
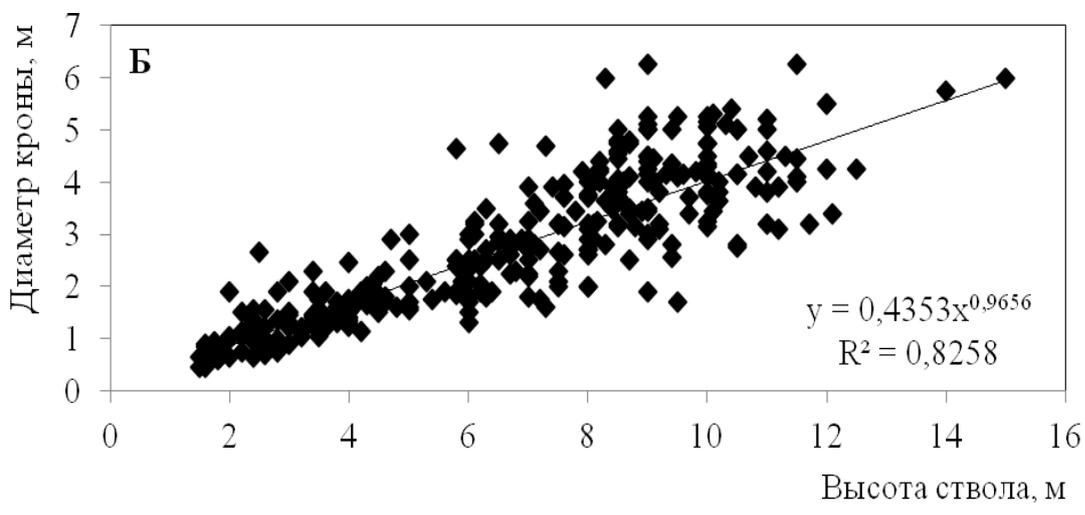
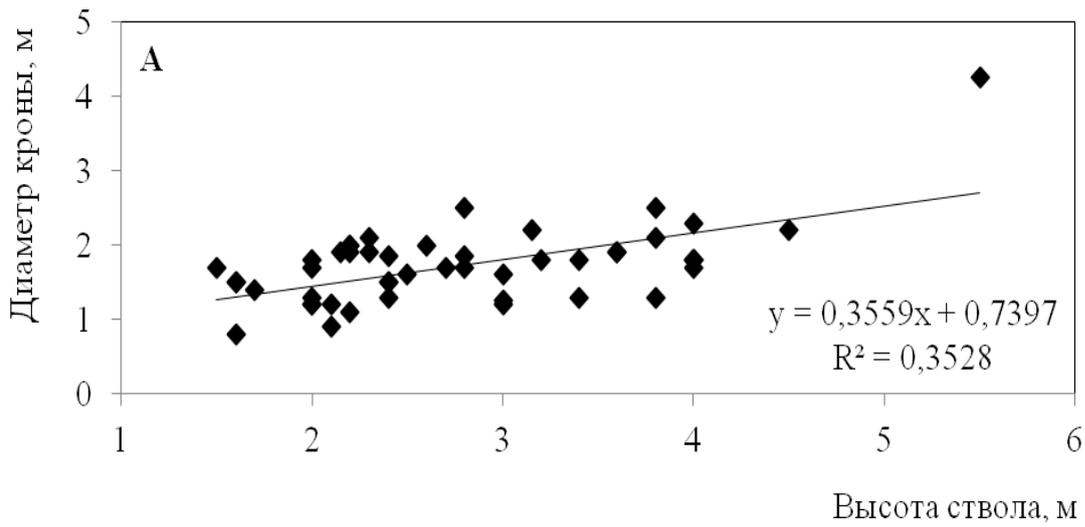


Рис. 38. Связь между диаметром кроны и высотой ствола на различных высотных уровнях г. Хусь-Ойка:
А – верхний уровень; Б – средний уровень; В – нижний уровень

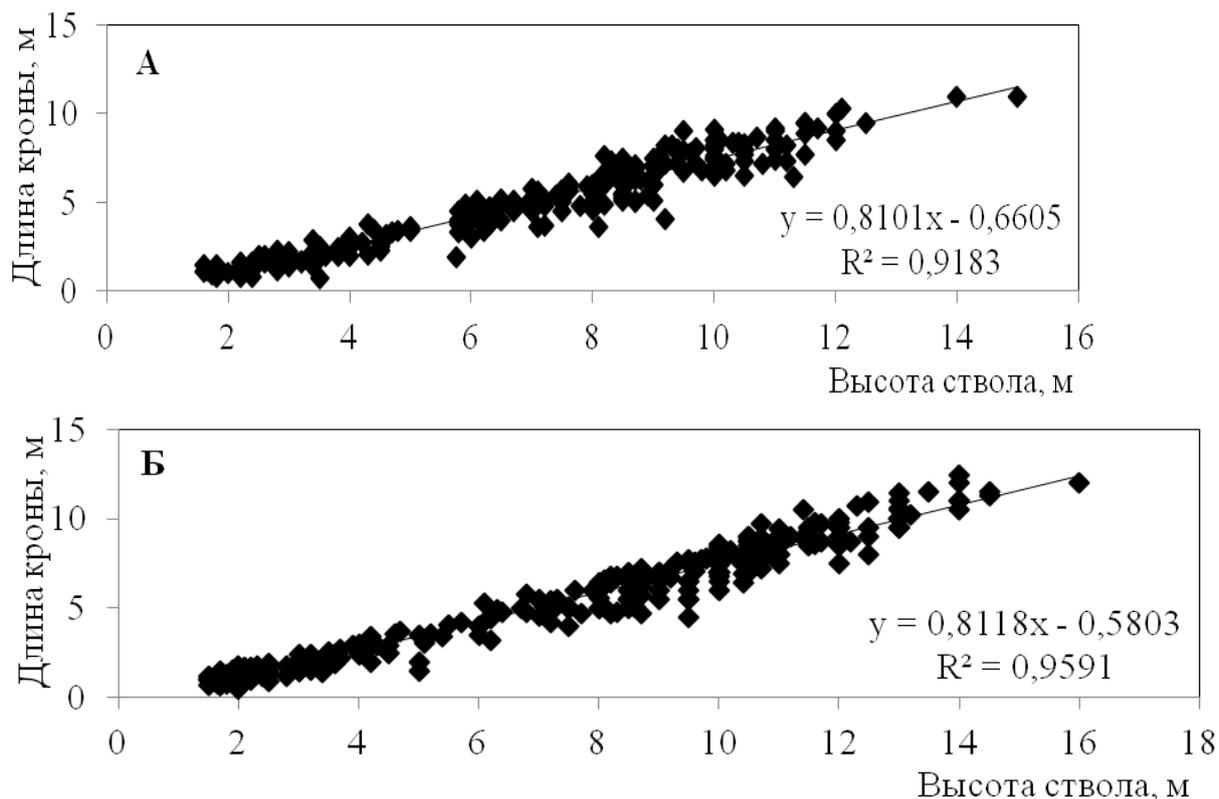


Рис. 39. Связь между длиной крон и высотой стволов на среднем (А) и нижнем (Б) высотных уровнях второго профиля г. Хусь-Ойка

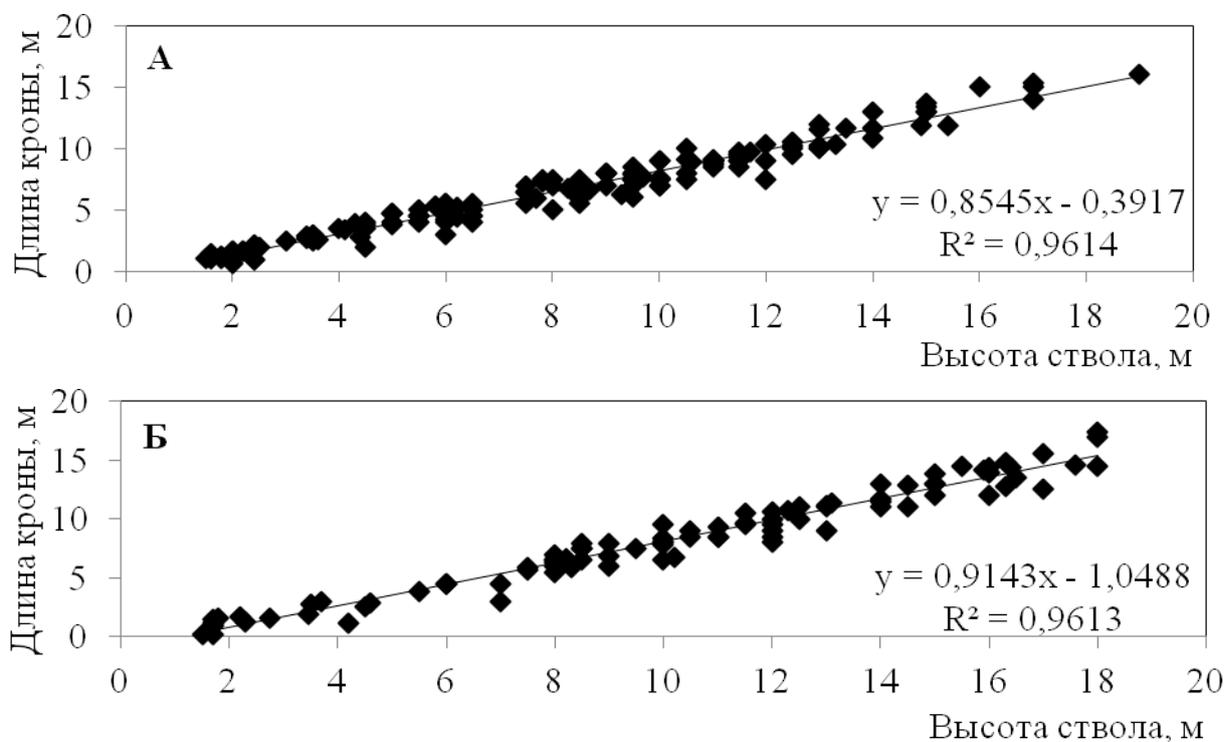


Рис. 40. Связь между длиной крон и высотой стволов на среднем (А) и нижнем (Б) высотных уровнях профиля г. Нер-Ойка

На рис. 41 и 42 представлены зависимости длин крон и диаметра стволов на среднем и нижнем уровнях второго профиля г. Хусь-Ойка и г. Нер-Ойка.

Выявляется, что на всех исследуемых участках связь между длиной крон и диаметром стволов имеет криволинейный характер. Это вполне логично и не требует особых разъяснений. Анализ зависимостей, представленных на рис. 41 и 42, показывает, что наилучшие результаты обеспечили функции полинома второго порядка. С увеличением высоты над уровнем моря при одинаковом диаметре стволов длина крон закономерно уменьшается. Так, на профиле г. Нер-Ойка при диаметре стволов 20 см на нижнем уровне длина кроны в среднем составляет 10,5 м, а на среднем – 9,0 м. С увеличением высоты над уровнем моря (с ухудшением условий местопроизрастания) уменьшается высота деревьев лиственницы и, как следствие, длина их крон.

5.3.4. Зависимость размеров крон от диаметра и возраста деревьев

В лесоводственных и таксационных исследованиях значительный интерес представляют данные об изменении тех или иных таксационных показателей в процессе онтогенетического развития. В частности, важной информацией для дешифровочного метода таксации лесного фонда, является возрастная динамика размеров крон деревьев. Комплексное изучение в онтогенезе всех таксационных показателей древостоев, включая их полог, позволяет наиболее полно характеризовать природную обстановку лесных объектов как в статике, так и в динамике (Смертин, 1973). В специальной литературе нам не удалось обнаружить работы, в которых приводятся данные изменения размеров крон во времени в ЭВГДР. Такие данные, несомненно, представляют как научный, так и практический интерес.

Экспериментальным материалом настоящих исследований явились таксационные показатели деревьев лиственницы, полученные на втором профиле г. Хусь-Ойка. Для получения более надежных результатов деревья среднего и нижнего уровней были объединены в одну выборку. С использованием специальных процедур были определены средние значения диаметра и длины крон деревьев лиственницы в зависимости от их возраста и диаметра на высоте груди. Результаты соответствующих расчетов сведены в табл. 20.

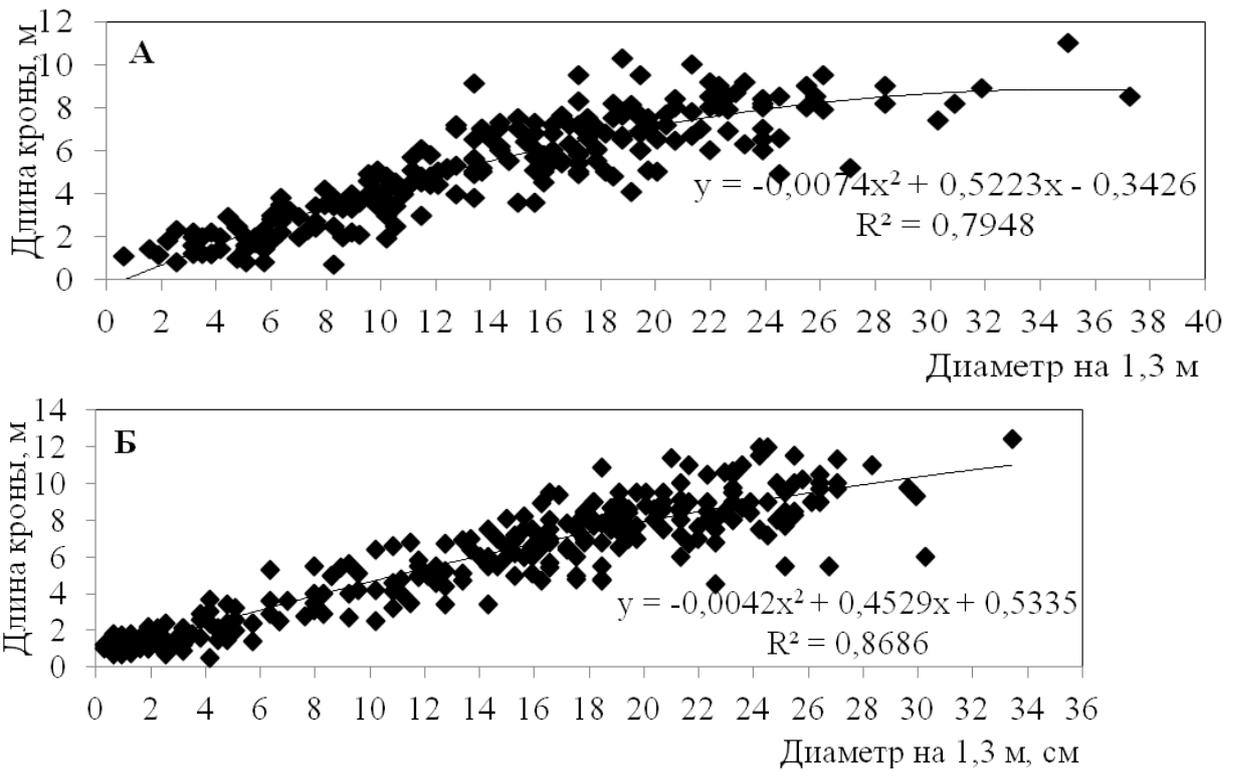


Рис. 41. Связь между длиной крон и диаметром стволов на среднем (А) и нижнем (Б) высотных уровнях второго профиля г. Хусь-Ойка

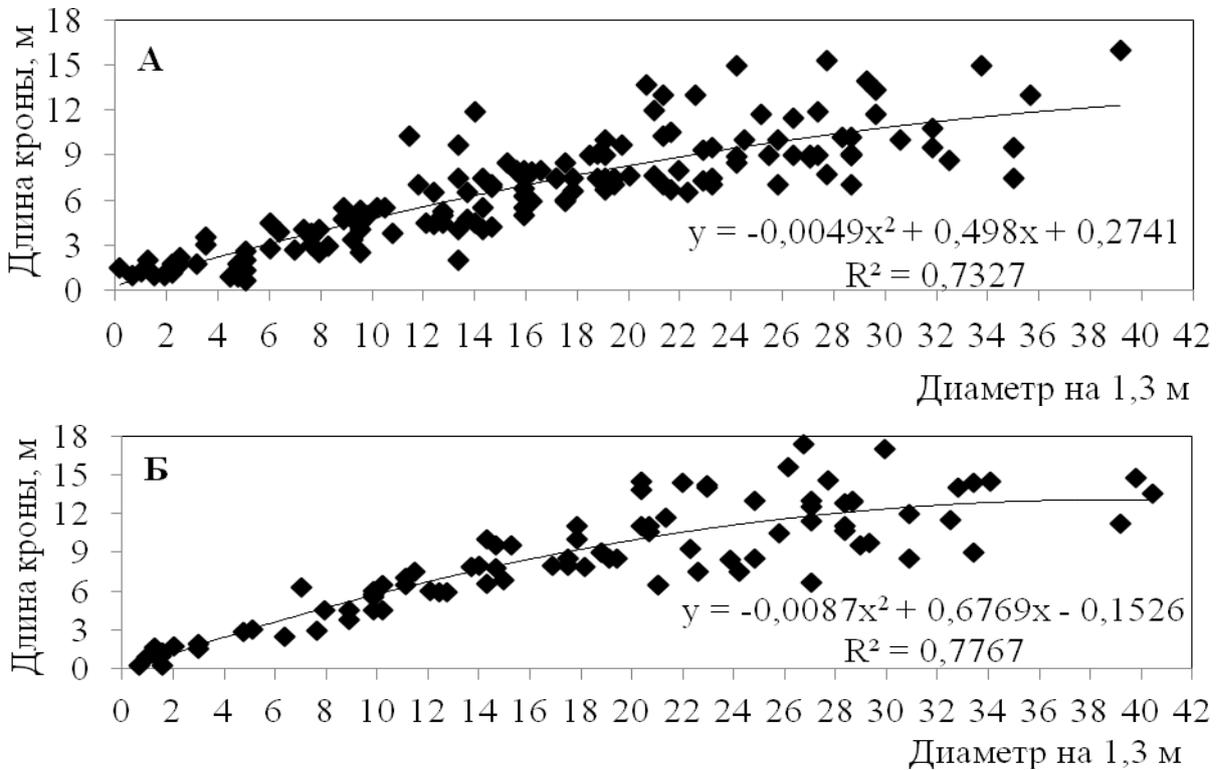


Рис. 42. Связь между длиной крон и диаметром стволов на среднем (А) и нижнем (Б) высотных уровнях профиля г. Нер-Ойка

Таблица 20

Показатели размеров крон лиственничных древостоев в ЭВГДР второго профиля г. Хусь-Ойка

Ступени толщины, см	Показатели размеров крон на среднем и верхнем уровнях в возрасте, лет															
	Диаметр кроны, м								Длина кроны, м							
	25	50	75	100	125	150	175	200	25	50	75	100	125	150	175	200
2	1,2	1,1	1,0	–	–	–	–	–	1,5	1,5	1,6	–	–	–	–	–
4	1,6	1,4	1,3	–	–	–	–	–	2,1	2,2	2,2	–	–	–	–	–
6	–	1,8	1,6	–	–	–	–	–	–	2,8	2,9	–	–	–	–	–
8	–	2,1	2,0	–	–	–	–	–	–	3,5	3,6	–	–	–	–	–
10	–	2,4	2,3	2,2	2,0	1,9	–	–	–	4,2	4,2	4,3	4,3	4,4	–	–
12	–	2,7	2,6	2,5	2,3	2,2	–	–	–	4,8	4,9	4,9	5,0	5,0	–	–
14	–	3,0	2,9	2,8	2,7	2,5	–	–	–	5,5	5,5	5,6	5,6	5,7	5,7	–
16	–	3,4	3,2	3,1	3,0	2,9	2,7	2,6	–	6,1	6,2	6,2	6,3	6,3	6,4	6,4
18	–	3,7	3,6	3,4	3,3	3,2	3,1	2,9	–	6,8	6,9	6,9	7,0	7,0	7,1	7,1
20	–	4,0	3,9	3,8	3,6	3,5	3,4	3,3	–	7,5	7,5	7,6	7,6	7,7	7,7	7,8
22	–		4,2	4,1	3,9	3,8	3,7	3,6	–	–	8,2	8,2	8,3	8,3	8,4	8,4
24	–		4,5	4,4	4,3	4,1	4,0	3,9	–	–	8,8	8,9	8,9	9,0	9,0	9,1
26	–		4,8	4,7	4,6	4,5	4,3	4,2	–	–	9,5	9,5	9,6	9,6	9,7	9,7
28	–		5,2	5,0	4,9	4,8	4,7	4,5	–	–	10,2	10,2	10,3	10,3	10,4	10,4

Ее данные свидетельствуют, что при фиксированном возрасте древостоев с увеличением диаметра деревьев размеры крон закономерно увеличиваются. Это вполне логично и не требует особых разъяснений. Выявляется, что при одинаковом диаметре стволов с увеличением возраста деревьев диаметр крон закономерно уменьшается, а длина крон, наоборот, увеличивается. Так, при диаметре ствола 16 см диаметр кроны дерева в возрасте 50 лет составляет в среднем 3,4 м, а в 200 лет – 2,6 м; длина кроны – 6,1 и 6,4 м, соответственно. Необходимо отметить, что при фиксированном диаметре стволов влияние возраста на длину крон незначительно и статистически не доказывается ($t < 3$). На наш взгляд это объясняется тем, что на точность измерения длины крон значительное влияние оказывает облом сучьев в нижней части кроны в многоснежные зимы.

Результаты исследований возрастной динамики размеров крон в равнинных условиях (Смертин, 1973; Луганский, Нагимов, 1994; Нагимов, 2000; Сальников, 2006 и др.) свидетельствуют, что при фиксированном диаметре стволов и диаметр и длина крон уменьшаются с увеличением возраста древостоев. В ЭВГДР эта закономерность в отношении длины крон нарушается.

5.3.5. Зависимость диаметра стволов от их высоты и диаметра крон

В настоящее время в нашей стране широко применяется измерительное дешифрирование аэрофотоснимков при инвентаризации лесных ресурсов. Применение этого метода особенно актуально в труднодоступных районах, в частности, на Приполярном Урале, значительную часть которого занимают горные леса. Современная высокотехнологичная приборная база позволяет на аэрофотоснимках достаточно достоверно определять высоту деревьев и диаметры их крон. Поэтому нами исследованы связи между высотой дерева, диаметром кроны и диаметром на высоте груди в ЭВГДР для определения вероятного значения последнего в зависимости от двух первых. Данными исследованиями охвачены древостои лиственницы сибирской, так как они доминируют на большинстве склонов гор района исследований.

Для решения поставленной задачи использовались данные измерений таксационных показателей (высота, диаметр кроны и диаметр на высоте груди) деревьев лиственницы на профилях гг. Хусь-Ойка и Нер-Ойка. На каждом склоне деревья всех уровней были объединены

в одну выборку (для выявления связей между тремя показателями в целом по профилю).

Анализ экспериментального материала показал, что в исследуемых древостоях зависимости между диаметрами и высотами стволов, диаметрами стволов и крон, а также высотами стволов и диаметрами крон (с некоторыми допущениями) можно считать линейными по форме. Прямолинейная связь между диаметрами стволов и крон отмечается и другими исследователями (Неволин, 1967; Кузьмичев, 1977; Горячев, 1987; Луганский, Нагимов, 1994; Бартыш, 2008).

Достаточно большой разброс экспериментальных данных в рассматриваемых связях объясняется тем, что в статистические выборки объединены деревья разных размеров и возраста, произрастающие на разных высотных уровнях исследуемых профилей (рис. 43). Тем не менее, из графиков видно, что связи между линейными размерами стволов, а также размерами стволов и крон носят вполне закономерный характер. Прямолинейная связь диаметра стволов с их высотой и диаметром крон позволяет достаточно просто и надежно связать все три показателя в одном уравнении:

$$D_{1,3} = aH + bD_{кр} + c, \quad (1)$$

где $D_{1,3}$ – диаметр на высоте груди, см;

H – высота дерева, м;

$D_{кр}$ – диаметр кроны, м;

a, b, c – коэффициенты.

Введение в уравнение (1) комбинации переменных $HD_{кр}$ положительных результатов не обеспечило (повышения детерминированности и снижения ошибок), а уравнение степенной функции ($D_{1,3} = cH^a + D_{кр}^b$) характеризовалось худшими показателями.

Статистические показатели уравнения (1), полученные по экспериментальным материалам двух профилей, приведены в табл. 21.

Разработанные уравнения характеризуются высокими коэффициентами детерминации и сравнительно низкими значениями ошибок. Выявляется, что высота ствола и диаметр кроны вместе объясняют более 80 % изменчивости диаметра ствола (89 % – на профиле г. Нер-Ойка и 82 % – на профиле г. Хусь-Ойка). Причем, значение высоты ствола в объяснении варьирования зависимой переменной значительно выше диаметра кроны. Значение t – критерия Стьюдента для первой независимой переменной (32,61 и 20,00) значительно выше, чем для второй (17,34 и 10,27). Значения коэффициентов при обеих независимых переменных в высшей степени достоверны ($t > t_{0,01}$).

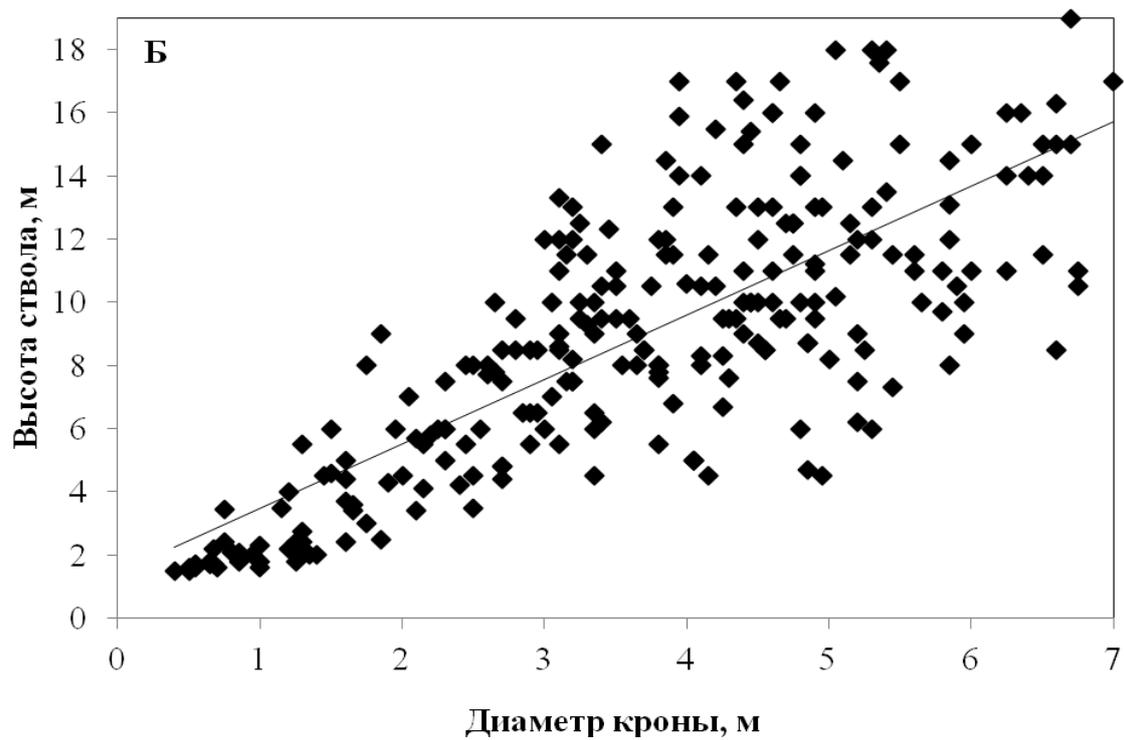
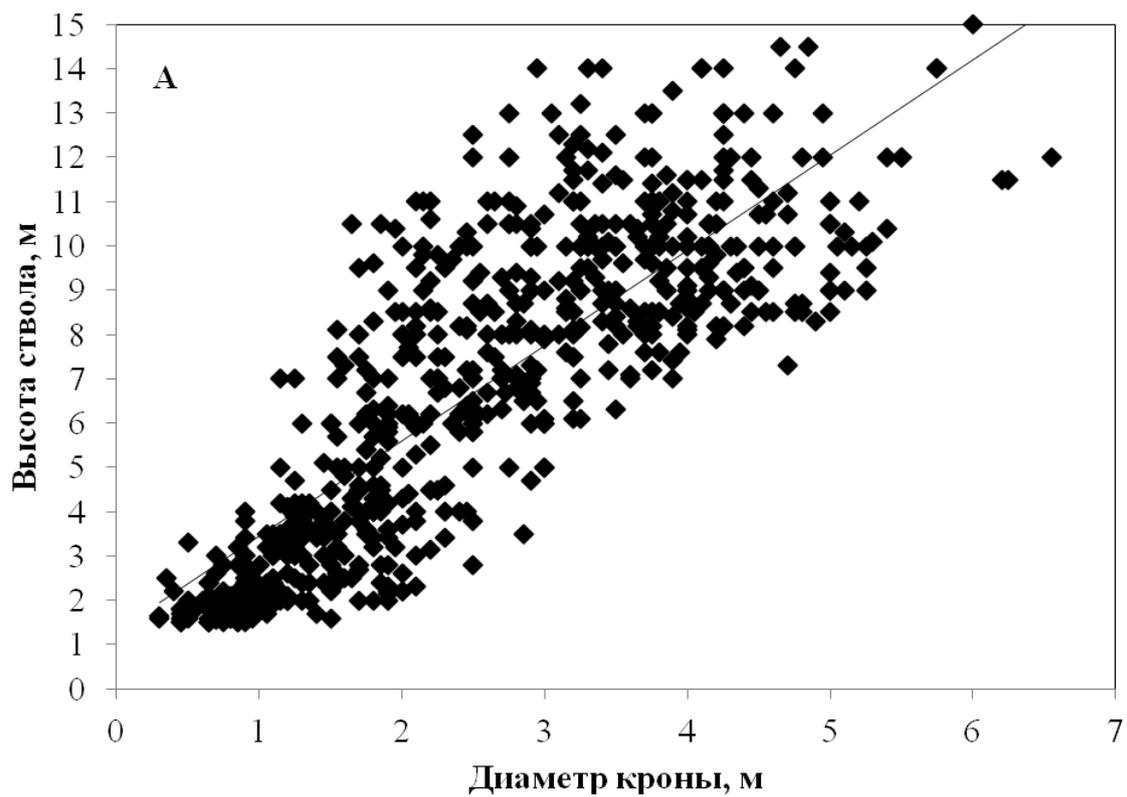


Рис. 43. Диапазон значений диаметров стволов в зависимости от высоты ствола и диаметра кроны: А – профиль г. Хусь-Ойка; Б – профиль г. Нер-Ойка

Таблица 21

Уравнения зависимости диаметра на высоте груди
от высоты ствола и диаметра кроны

Профиль (склон)	г. Хусь-Ойка	г. Нер-Ойка	
Уравнение	$D_{1,3} = 1,51H + 2,07D_{кр} - 3,27$ (2)	$D_{1,3} = 1,42H + 1,88D_{кр} - 2,74$ (3)	
Коэффициент детерминации, %	89	82	
Стандартная ошибка, см	2,07	4,03	
Ошибки коэффициентов	<i>C</i>	0,23	0,63
	<i>H</i>	0,05	1,42
	<i>D_{кр}</i>	0,12	0,18
t-критерий Стьюдента	<i>C</i>	-14,23	-4,37
	<i>H</i>	32,61	20,00
	<i>D_{кр}</i>	17,34	10,27

Табличные данные позволяют считать, что разработанные уравнения вполне корректны и адекватны экспериментальным материалам. На их основе составлены таблицы, которые дают детальное представление об изменении диаметра стволов в зависимости от их высоты и диаметра кроны (табл. 22 и 23).

При составлении таблиц диапазоны изменения диаметров кроны при фиксированных высотах и высот стволов при фиксированных диаметрах кроны определялись на основе графического анализа экспериментальных материалов.

Данные табл. 22 и 23 показывают, что диаметр стволов увеличивается при одинаковой высоте с увеличением диаметра кроны, а при одинаковых значениях диаметра кроны – с увеличением высоты. Эти особенности изменения диаметра на высоте груди вполне логичны и не требуют особых разъяснений.

При сравнении данных табл. 22 и 23 между собой выявляется, что при одинаковых значениях высоты и диаметра кроны они различаются не существенно. Так, при высотах от 1,5 до 5 м наблюдается полное совпадение данных, а при больших значениях высоты и диаметра кроны отклонения, в основном, составляют 1 см и в редких случаях – 2 и 3 см.

Данное обстоятельство позволяет разработать общее для ЭВГДР уравнение по оценке диаметра стволов на основе высоты стволов и диаметра кроны. С этой целью соответствующие экспериментальные данные по двум профилям (г. Хусь-Ойка и г. Нер-Ойка) были объединены в одну статистическую выборку. По объединенному массиву данных разработано уравнением (4), статистические показатели которого приведены в табл. 24.

Таблица 22

Значения диаметров на высоте груди деревьев лиственницы в ЭВГДР г. Хусь-Ойка
в зависимости от высоты и диаметра крон

Высота деревьев, м	Диаметры крон, м													
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0
1,5	–	1	2	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2,0	1	2	3	4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2,5	2	3	4	5	6	–	–	–	–	–	–	–	–	–
3,0	2	3	4	5	6	8	–	–	–	–	–	–	–	–
3,5	3	4	5	6	7	8	–	–	–	–	–	–	–	–
4,0	4	5	6	7	8	9	–	–	–	–	–	–	–	–
4,5	–	6	7	8	9	10	11	–	–	–	–	–	–	–
5,0	–	6	7	9	10	11	12	–	–	–	–	–	–	–
5,5	–	7	8	9	10	11	12	13	–	–	–	–	–	–
6,0	–	–	9	10	11	12	13	14	–	–	–	–	–	–
6,5	–	–	10	11	12	13	14	15	16	–	–	–	–	–
7,0	–	–	11	12	13	14	15	16	17	–	–	–	–	–
7,5	–	–	11	12	13	14	15	16	18	19	–	–	–	–
8,0	–	–	12	13	14	15	16	17	18	19	–	–	–	–
8,5	–	–	–	14	15	16	17	18	19	20	21	–	–	–

Окончание табл. 22

Высота деревьев, м	Диаметры крон, м													
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0
9,0	–	–	–	15	16	17	18	19	20	21	22	–	–	–
9,5	–	–	–	15	16	17	19	20	21	22	23	24	–	–
10,0	–	–	–	16	17	18	19	20	21	22	23	24	–	–
10,5	–	–	–	17	18	19	20	21	22	23	24	25	–	–
11,0	–	–	–	18	19	20	21	22	23	24	25	26	–	–
11,5	–	–	–	18	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
12,0	–	–	–	–	20	21	22	23	24	25	26	28	29	30
12,5	–	–	–	–	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
13,0	–	–	–	–	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
13,5	–	–	–	–	–	24	25	26	27	28	29	30	31	32
14,0	–	–	–	–	–	24	25	26	27	29	30	31	32	33
14,5	–	–	–	–	–	25	26	27	28	29	30	31	32	33
15,0	–	–	–	–	–	26	27	28	29	30	31	32	33	34

Таблица 23

Значения диаметров на высоте груди деревьев лиственницы в ЭВГДР г. Нер-Ойка
в зависимости от высоты и диаметра крон

Высота деревьев, м	Диаметры крон, м													
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0
1,5		1	2		–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2,0	1	2	3	4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2,5	2	3	4	5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
3,0	2	3	4	5	6	–	–	–	–	–	–	–	–	–
3,5	–	4	5	6	7	–	–	–	–	–	–	–	–	–
4,0	–	5	6	7	8	–	–	–	–	–	–	–	–	–
4,5	–	–	6	7	8	9	10	11	12	–	–	–	–	–
5,0	–	–	7	8	9	10	11	12	13	–	–	–	–	–
5,5	–	–	8	9	10	11	12	13	14	–	–	–	–	–
6,0	–	–	9	10	10	11	12	13	14	15	–	–	–	–
6,5	–	–	–	10	11	12	13	14	15	16	–	–	–	–
7,0	–	–	–	11	12	13	14	15	16	17	18	–	–	–
7,5	–	–	–	12	13	14	14	15	16	17	18	–	–	–
8,0	–	–	–	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	–
8,5	–	–	–	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	–
9,0	–	–	–	14	15	16	17	18	19	19	20	21	22	23
9,5	–	–	–	15	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24

Высота деревьев, м	Диаметры крон, м													
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0
10,0	–	–	–	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
10,5	–	–	–	–	17	18	19	20	21	22	23	23	24	25
11,0	–	–	–	–	–	19	19	20	21	22	23	24	25	26
11,5	–	–	–	–	–	19	20	21	22	23	24	25	26	27
12,0	–	–	–	–	–	20	21	22	23	24	25	26	27	27
12,5	–	–	–	–	–	21	22	23	23	24	25	26	27	28
13,0	–	–	–	–	–	21	22	23	24	25	26	27	28	29
13,5	–	–	–	–	–	–	23	24	25	26	27	28	29	30
14,0	–	–	–	–	–	–	24	25	26	27	27	28	29	30
14,5	–	–	–	–	–	–	24	25	26	27	28	29	30	31
15,0	–	–	–	–	–	–	25	26	27	28	29	30	31	32
15,5	–	–	–	–	–	–	–	27	28	29	30	31	31	32
16,0	–	–	–	–	–	–	–	28	28	29	30	31	32	33
16,5	–	–	–	–	–	–	–	28	29	30	31	32	33	34
17,0	–	–	–	–	–	–	–	29	30	31	32	33	34	35
17,5	–	–	–	–	–	–	–	30	31	32	32	33	34	35
18,0	–	–	–	–	–	–	–	30	31	32	33	34	35	36
18,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	33	34	35	36	37
19,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	36	36	37

Уравнения зависимости диаметра на высоте груди
от высоты ствола и диаметра кроны

Профиль (склон)	г. Хусь-Ойка и г. Нер-Ойка	
Уравнение	$D_{1,3} = 1,49H + 1,49D_{кр} - 2,85$ (4)	
Коэффициент детерминации, %	87	
Стандартная ошибка, см	3,16	
Ошибки коэффициентов	C	0,23
	H	0,04
	$D_{кр}$	0,09
t-критерий Стью-дента	C	-12,34
	H	38,39
	$D_{кр}$	19,87

Значение коэффициента детерминации показывает, что в ЭВГДР высота ствола и диаметр кроны вместе объясняют 87 % изменчивости диаметра стволов. Влияние обоих независимых переменных на варьирование зависимой в высшей степени достоверно ($t > t_{0,01}$). Причем значения высоты в объяснении варьирования диаметра на высоте груди более существенны, чем диаметра кроны. Уравнение характеризуется сравнительно низкой стандартной ошибкой.

Приведенные материалы позволяют считать разработанное уравнение (4) адекватным природным процессам изменения диаметра деревьев лиственницы в ЭВГДР. На его основе составлена табл. 25, которая может успешно применяться при лесооценочных работах в ЭВГДР. В частности, на ее основе можно с достаточной точностью определять диаметр стволов (средний диаметр древостоя) при дешифровочном методе таксации лесов.

5.4. Особенности формирования надземной фитомассы деревьев и древостоев лиственницы

На современном этапе реализации Киотского протокола широко обсуждается углерододепонирующая роль лесных экосистем, что связано с увеличением концентрации углекислого газа (CO_2) в атмосфере.

Таблица 25

Значения диаметров на высоте груди деревьев лиственницы в ЭВГДР Приполярного Урала
в зависимости от высоты и диаметра крон

Высота деревьев, м	Диаметры крон, м													
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0
1,5	–	1	2	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2,0	1	2	3	4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2,5	2	3	4	5	6	–	–	–	–	–	–	–	–	–
3,0	3	4	4	5	6	7	–	–	–	–	–	–	–	–
3,5	3	4	5	6	7	8	–	–	–	–	–	–	–	–
4,0	4	5	6	7	8	9	10	–	–	–	–	–	–	–
4,5	–	6	7	8	9	10	11	11	12	–	–	–	–	–
5,0	–	7	7	8	9	10	11	12	13	–	–	–	–	–
5,5	–	7	8	9	10	11	12	13	14	–	–	–	–	–
6,0	–	–	9	10	11	12	13	14	15	16	–	–	–	–
6,5	–	–	10	11	12	13	14	14	15	16	–	–	–	–
7,0	–	–	10	11	12	13	14	15	16	17	18	–	–	–
7,5	–	–	11	12	13	14	15	16	17	18	19	–	–	–
8,0	–	–	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	21	–
8,5	–	–	–	14	15	16	17	17	18	19	20	21	22	–
9,0	–	–	–	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24

Окончание табл. 25

Высота деревьев, м	Диаметры крон, м													
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0
9,5	–	–	–	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
10,0	–	–	–	16	17	18	19	20	21	22	23	24	24	25
10,5	–	–	–	17	18	19	19	20	21	22	23	24	25	26
11,0	–	–	–	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
11,5	–	–	–	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
12,0	–	–	–	–	20	21	22	23	24	25	26	26	27	28
12,5	–	–	–	–	21	22	22	23	24	25	26	27	28	29
13,0	–	–	–	–	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
13,5	–	–	–	–	–	23	24	25	26	27	28	29	30	31
14,0	–	–	–	–	–	24	25	26	27	28	29	29	30	31
14,5	–	–	–	–	–	24	25	26	27	28	29	30	31	32
15,0	–	–	–	–	–	25	26	27	28	29	30	31	32	33
15,5	–	–	–	–	–	–	–	28	29	30	31	32	33	34
16,0	–	–	–	–	–	–	–	29	30	31	31	32	33	34
16,5	–	–	–	–	–	–	–	29	30	31	32	33	34	35
17,0	–	–	–	–	–	–	–	30	31	32	33	34	35	36
17,5	–	–	–	–	–	–	–	31	32	33	34	35	36	37
18,0	–	–	–	–	–	–	–	32	33	34	34	35	36	37
18,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	34	35	36	37	38
19,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	37	38	39

В рассматриваемом аспекте вопросы формирования фитомассы древостоев в условиях верхнего предела произрастания леса, приобретают особую актуальность. Исследования их важны для оценки биосферной роли насаждений, произрастающих в этих условиях. В частности, повышение верхней границы леса в горах свидетельствует о расширении площадей насаждений, обеспечивающих длительное консервирование углерода. Для оценки углерододепонирующей роли этих насаждений необходимы целенаправленные исследования их роста и продуктивности. В настоящих исследованиях мы стремились прежде всего получить количественные данные об изменении надземной фитомассы в зависимости от высоты над уровнем моря в связи с продвижением по высотному градиенту верхней границы древесной растительности.

Изучение закономерностей формирования фитомассы древостоев является достаточно трудоемкой работой, особенно в высокогорьях. Прежде всего это связано с транспортировкой дополнительного оборудования и образцов фракций фитомассы для камеральной обработки. В данной работе мы ограничились оценкой надземной фитомассы древостоев на втором профиле г. Хусь-Ойка. Как было показано выше, заселение ранее безлесных территорий началось именно на данном участке склона, и в настоящее время здесь произрастают наиболее сформированные древостои с достаточно высокой плотностью. Общеизвестно, что именно плотность древостоев оказывает значительное влияние на формирование их фитомассы (Нагимов, 2000; Суставова, 2004). Экспериментальную основу исследований составили характеристики 30 модельных деревьев.

Определение запасов фитомассы древостоев предусматривалось на основе фактического распределения деревьев по ступеням толщины на различных высотных уровнях. Поэтому на первом этапе мы стремились изучить зависимость массы различных фракций (ствол, крона, хвоя) от диаметра стволов. Анализ литературных источников (Рокицкий, 1973; Кузьмичев, 1977; Нагимов, 2000; Суставова, 2004; Дэви, 2006; Бартыш и др., 2007) показал, что при описании подобных зависимостей лучшие результаты обеспечивает степенная функция $y = ax^b$.

Выявляется, что информативность диаметра при оценке массы различных фракций различна (табл. 26). Наиболее тесно с диаметром связаны масса ствола и общая надземная фитомасса, а менее тесно – фитомасса ассимиляционного аппарата. Этот факт описан, в специ-

альной литературе (Усольцев, 1985; Нагимов, 2000) и не требует особых разъяснений.

Таблица 26

Уравнения зависимости различных фракций надземной фитомассы от диаметра деревьев

Высотные уровни	Уравнение функции	Коэффициент детерминации, %
<i>Фитомасса хвои</i>		
Верхний	$P=0,030D^{1,462}$	64,8
Средний	$P=0,020D^{1,644}$	48,7
Нижний	$P=0,014D^{1,817}$	83,8
<i>Фитомасса кроны</i>		
Верхний	$P=0,101D^{1,843}$	91,0
Средний	$P=0,052D^{2,050}$	93,7
Нижний	$P=0,038D^{2,210}$	92,1
<i>Фитомасса ствола</i>		
Верхний	$P=0,140D^{1,953}$	97,6
Средний	$P=0,036D^{2,578}$	95,0
Нижний	$P=0,099D^{2,155}$	97,6

Разработанные уравнения оказались вполне приемлемы для оценки фракций фитомассы деревьев. На основе их были вычислены значения различных фракций фитомассы по ступеням толщины в пределах диапазона варьирования диаметров на заложенных пробных площадях (табл. 27).

Анализируя данные табл. 27 необходимо отметить следующее: масса всех фракций (ствол, крона, хвоя) у деревьев одинакового диаметра уменьшается с увеличением высоты над уровнем моря. Эта закономерность несколько нарушается только в низших ступенях толщины. Как было показано выше, по мере продвижения от нижнего уровня к верхнему уменьшаются возраст деревьев и их высота при одинаковом диаметре.

Известно, что в равнинных условиях у деревьев одинакового диаметра с уменьшением возраста и высоты фитомасса кроны (и их структурных частей) закономерно увеличивается, а фитомасса стволов, наоборот уменьшается. Таким образом, в отношении массы кроны (хвои) отмечаемая многими исследователями закономерность в изменении данной фракции в зависимости от таксационных показателей, в условиях высокогорий нарушается.

Таблица 27

Изменение фракций надземной фитомассы деревьев лиственницы в зависимости от их диаметра (D)
и высоты над уровнем моря, кг

D, см	Нижний уровень			Средний уровень			Верхний уровень		
	Фитомасса кроны		Фитомасса ствола	Фитомасса кроны		Фитомасса ствола	Фитомасса кроны		Фитомасса ствола
	общая	в том чис- ле хвои		общая	в том чис- ле хвои		общая	в том чис- ле хвои	
2	0,18	0,05	0,24	0,22	0,06	0,23	0,26	0,08	0,54
4	0,81	0,17	1,36	0,89	0,20	1,27	0,96	0,23	2,10
6	1,99	0,36	3,72	2,05	0,38	3,47	2,06	0,41	4,63
8	3,76	0,61	7,61	3,69	0,61	7,08	3,56	0,63	8,13
10	6,16	0,92	13,26	5,83	0,88	12,30	5,43	0,86	12,56
12	9,22	1,28	20,87	8,48	1,19	19,32	7,67	1,13	17,94
14	12,96	1,69	30,63	11,63	1,53	28,30	10,28	1,42	24,24
16	17,41	2,16	42,71	15,29	1,91	39,39	–	–	–
18	22,59	2,67	57,26	19,47	2,32	52,73	–	–	–
20	28,51	3,24	74,43	24,16	2,75	68,46	–	–	–
22	35,20	3,85	94,35	29,37	3,22	86,69	–	–	–
24	42,66	4,51	117,17	35,11	3,72	107,54	–	–	–
26	50,92	5,21	143,00	41,37	4,24	131,12	–	–	–
28	59,98	5,97	171,97	48,16	4,79	157,54	–	–	–
30	69,86	6,76	204,18	55,48	5,36	186,90	–	–	–
32	80,57	7,60	239,77	63,32	5,96	219,30	–	–	–
34	92,12	8,49	278,82	71,70	6,59	254,83	–	–	–

Это объясняется резким ухудшением условий формирования и развития крон (повреждение холодным воздухом, снежная абразия, морозное иссушение) по мере продвижения вверх по склону.

С использованием разработанных уравнений и данных перечета деревьев для каждого высотного уровня определены запасы надземной фитомассы древостоев лиственницы по фракциям (табл. 28).

Таблица 28

Запасы надземной фитомассы древостоев лиственницы по фракциям на различных высотных уровнях (в числителе – т/га, в знаменателе – % от общей массы)

Высотные уровни	Фитомасса по фракциям.			
	Крона		Ствол	Общая
	общая	в том числе хвой		
Верхний	0,05/30,7	0,01/6,5	0,12/69,3	0,17/100
Средний	5,95/26,2	0,70/3,1	16,76/73,8	22,71/100
Нижний	11,18/27,5	1,25/3,1	29,51/72,5	40,71/100

Данные табл. 28 позволяют отметить следующее. Запасы надземной фитомассы (как по фракциям, так и общая) древостоев в ЭВГДР существенным образом изменяются в зависимости от высоты над уровнем моря. Так, по мере продвижения в гору, общая надземная фитомасса древостоев в абсолютно сухом состоянии увеличивается с 0,17 т/га до 40,71 т/га, в среднем – на 20 т/га на каждые 50 м высоты над уровнем моря (рис. 44, А). Исследуя Полярный Урал в ЭВГДР, Н.М. Дэви (2006) выявил, что по мере продвижения от верхнего уровня к нижнему фитомасса одноствольных деревьев лиственницы на одном склоне увеличивалась в 833 раза, а на втором в 176 раз.

Данное обстоятельство автор объясняет тем, что в горах действие абиотических факторов на продуктивность и структуру растительных сообществ по высотному градиенту изменяется на значительно меньшей территории по сравнению с равнинными местообитаниями. При этом наблюдается крайняя неоднородность естественных насаждений на склонах различной экспозиции, что может объясняться специфической динамикой внешних условий.

В надземной фитомассе наибольшая доля приходится на фитомассу стволов (от 69,3 до 73,8 %). Выявляется, что на среднем уровне доля кроновой массы в общей фитомассе меньше, чем на нижнем и верхнем уровнях. Это объясняется характером отложения снежного покрова на

высотном профиле. Специальные исследования мощности снежного покрова показали, что на среднем уровне в зимнее время его накапливается значительно больше (до 2,5 м), чем на других исследованных участках. Весной снег тает, и часть ветвей под его массой обламывается. По нашему мнению, именно данное обстоятельство объясняет полученные результаты. По мере увеличения высоты над уровнем моря доля хвои и кроны увеличивается, а стволовой массы уменьшается. Это положение объясняется уменьшением возраста деревьев, ухудшением условий произрастания древостоев и сокращением вегетационного периода с увеличением высоты над уровнем моря.

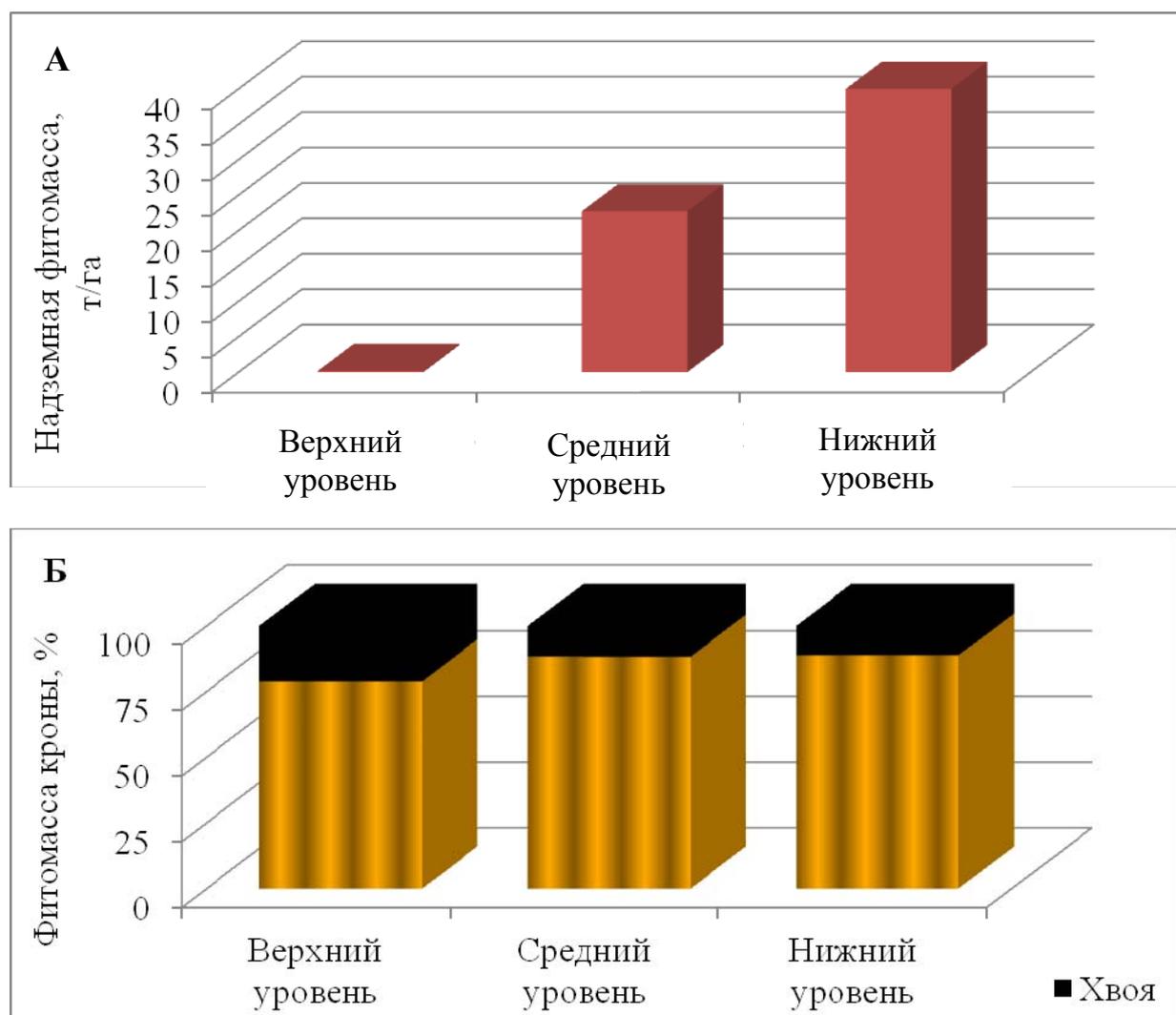


Рис. 44. Запасы надземной фитомассы (А) и доля хвои в фитомассе кроны (Б) на различных высотных уровнях

На рис. 44, Б отдельно по высотным уровням представлена доля хвои в фитомассе кроны.

Приведенный графический материал позволяет отметить, что охвоенность на среднем и нижнем уровнях практически одинаковая (12 и 11 %, соответственно). На верхнем уровне доля ассимиляционного аппарата значительно выше (21 %). В специальной литературе есть мнение: чем хуже условия роста, тем больше требуется ассимиляционного аппарата для производства единицы массы древесины (Семечкина, 1978; Луганский, Нагимов, 1994). С увеличением высоты над уровнем моря условия местопроизрастания ухудшаются. Именно данное обстоятельство, на наш взгляд, объясняет факт увеличения охвоенности крон на верхнем уровне. Таким образом жесткие условия среды высокогорий оказывают значительное влияние на особенности формирования надземной фитомассы древостоев в ЭВГДР. В зависимости от высоты над уровнем моря наблюдается закономерное изменение не только абсолютных значений фракций надземной фитомассы, но и соотношений их между собой.

По результатам данных исследований можно сделать следующие выводы.

1. ЭВГДР в районе исследований занят абсолютно разновозрастными древостоями лиственницы и березы. С повышением высоты над уровнем моря закономерно уменьшаются густота, сумма проекций крон, возраст, диаметр и высота древостоев. Это является отражением постепенного (поступательного) поднятия верхней границы леса в последние столетия.

2. На характер строения древостоев по основным таксационным показателям определенное влияние оказывает высота над уровнем моря, так как от этого фактора зависят и возраст древостоев, и условия их роста и развития. Указанное отражается в изменении размера рядов распределения, концентрации числа стволов по ступеням таксационного показателя, величин стандартного отклонения, асимметрии и эксцессов рядов. Исследуемые древостои отличаются высокой изменчивостью размеров стволов и крон. Наблюдается закономерное снижение дифференциации деревьев по всем основным показателям с повышением высоты над уровнем моря.

3. Распределение деревьев в древостоях ЭВГДР по таксационным показателям вполне закономерное. Это с биологических позиций характеризует их как сформировавшиеся природные объекты и свидетельствует о возможности применения синтетической (общей) оценки таксационных показателей, в частности на первых этапах ис-

следований. Однако по строению древостои ЭВГДР резко отличаются в зависимости от высоты над уровнем моря и не могут быть отнесены к единой статистической совокупности.

4. В исследуемых древостоях наблюдаются четкие зависимости между таксационными показателями деревьев и крон. Зависимость высоты и диаметра деревьев на всех верхних высотных уровнях всех профилей и на ветрообдуваемых участках прямолинейна. Прямолинейность связей между этими показателями нарушается со снижением высоты над уровнем моря, что объясняется увеличением полноты древостоев и усилением конкурентных взаимоотношений между деревьями.

5. При одинаковом диаметре стволов их высоты закономерно увеличиваются со снижением высоты над уровнем моря, то есть по мере продвижения вверх по склону существенно меняется разряд высот древостоев.

6. У деревьев одинакового диаметра и одинаковой высоты с повышением высоты над уровнем моря диаметр крон увеличивается, а длина практически не меняется.

7. Диаметр стволов при одинаковой высоте увеличивается с повышением диаметра кроны, а при одинаковых значениях диаметра крон – с увеличением высоты.

8. Изменения фитомассы крон деревьев в зависимости от их диаметра, возраста и высоты в высокогорьях имеют отличительные особенности. Последние объясняются резким ухудшением условий для формирования и развития крон по мере продвижения вверх по склону.

9. В зависимости от высоты над уровнем моря наблюдаются закономерные изменения не только абсолютных значений фракций надземной фитомассы деревьев и древостоев, но и соотношение их между собой.

10. Из проведенных исследований в области строения древостоев можно сделать вывод о необходимости разработки нормативных материалов для таксации лесов в ЭВГДР с учетом высоты над уровнем моря.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В течение последних 120 лет климат в районе исследований стал более теплым и влажным. Наиболее существенное повышение приземной температуры воздуха и количества осадков произошло в зимние месяцы.

В связи с изменением климатических условий в горах Приполярного Урала имеет место продвижение по высотному градиенту верхней границы древесной растительности. Это подтверждается ландшафтными фотоснимками и характеристикой древостоев.

На разных склонах продвижение древесной растительности в горы протекает с неодинаковой интенсивностью, что определяется локальными условиями местопроизрастания. Древесные породы (лиственница и береза) неодинаково требовательны к мощности снежного покрова и к степени промерзания почвы. Поднятие верхней границы леса началось на многоснежных участках (в конце XVIII в.), а пионерной породой выступала – лиственница. Заселение ею малоснежных участков началось только в XX в. Береза стала заселяться позднее (начало XX в.) и активно укрепляет свои позиции по настоящее время.

Сформировавшиеся к настоящему времени на разных высотных уровнях ЭВГДР лиственничные и березовые древостои являются абсолютно разновозрастными (циклично разновозрастными). С повышением высоты над уровнем моря закономерно уменьшаются густота, сумма проекций крон, возраст, диаметр и высота древостоев. Это является отражением постепенного (поступательного) поднятия верхней границы леса в последние столетия.

Распределение деревьев по таксационным показателям в древостоях, произрастающих на любом высотном уровне ЭВГДР, вполне закономерное. Поэтому эти древостои можно рассматривать как сформировавшиеся природные объекты, в которых возможна синтетическая (общая) оценка таксационных показателей, в частности, на первых этапах исследований.

Исследуемые древостои отличаются высокой изменчивостью возраста деревьев, размеров стволов и крон. Это объясняется их разновозрастностью и свидетельствует о высокой устойчивости.

Строение сформировавшихся к настоящему времени в ЭВГДР древостоев существенным образом зависит от высоты над уровнем моря. Высотой произрастания древостоев определяются особенности распределения деревьев по таксационным показателям, изменчивость стволов и крон и характер взаимосвязи между последними. С увеличением высоты над уровнем моря у деревьев одинакового диаметра наблюдается закономерное уменьшение высоты ствола, длины крон, и увеличение диаметра кроны.

По мере продвижения в гору на каждые 50 м высоты надземная фитомасса древостоев уменьшается в среднем на 20 т/га. В зависимости от высоты над уровнем моря наблюдается закономерное изменение и соотношений фракций фитомассы между собой.

Результаты исследований могут быть использованы при таксации древостоев ЭВГДР и оценки их экологической и биосферной роли.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Адаменко М.Ф. Реконструкция динамики термического режима летних месяцев на территории Горного Алтая в XIV-XX вв. / М.Ф. Адаменко // Дендрохронология и дендроклиматология. Новосибирск, 1986. С.110-114.

Алешков А.Н. Геологический очерк района горы Неройки / А.Н. Алешков // Приполярный Урал. М.: изд-во АН СССР, 1937. С. 3-55.

Алисов Б.П. Климатические области и районы СССР / Б.П. Алисов. М., 1947.

Андреев В.Н. Оленьи пастбища и растительный покров Полярного Приуралья / В.Н. Андреев, К.В. Игошина, А.И. Лесков // Сов. Оленеводство, 1935. Вып. 5. С. 171-406.

Анучин Н.П. Лесная таксация / Н.П. Анучин // М.: Лесн. пром-сть, 1982. 552 с.

Бабенко Т.С. Закономерности роста деревьев и древостоев ели сибирской в высокогорьях Южного Урала (на примере г. Малый Ирмель): автореф. дис... канд. с.-х. наук. Екатеринбург, 2006. 23 с.

Бартыш А.А. Закономерности формирования древостоев на верхней границе леса в условиях современного изменения климата (на примере Тылайско-Конжаковско-Серебрянского горного массива): автореф. дис...канд. с.-х. наук. Екатеринбург, 2008. 23 с.

Баранов, Н.И. Ельники Севера / Н.И. Баранов, К.И. Григорьев // Л., 1955. С 10-19.

Богатырев К.П. Почвы Горного Урала. В кн.: «О почвах Урала, Западной и Центральной Сибири» / К.П. Богатырев, Н.А. Ногина. // М.;Л., 1962.

Богословская О.А. Запасы углерода в насаждениях некоторых экотонов и на лесопокрытых площадях Уральского региона: автореф. дис...канд. с.-х. наук. Екатеринбург, 2005.

Борзенкова И.И. О природных индикаторах современного глобального потепления / И.И. Борзенкова // Метеорология и гидрология. 1999. №6. С. 98-107.

Будыко М.И. Эмпирические оценки изменения климата к концу XX столетия / М.И. Будыко, Н.А. Ефимова, Л.А. Строкина. // Метеорология и гидрология. 1999. №12. С. 5-12.

Ваганов Е.А. Дендроклиматические исследования в Урало-Сибирской Субарктике / Е.А. Ваганов, С.Г. Шиятов, В.С. Мазепа // Новосибирск: Наука, 1996. 246 с.

Ваганов Е.А. Дендрохронологические методы в изучении истории климата Сибири / Е.А. Ваганов, С.Г. Шиятов // Проблемы реконструкции климата и природной среды голоцена и плейстоцена Сибири. Новосибирск, 1998. С. 56-64.

Галако В.А. Динамика структуры дендроценозов ели на верхней границе леса на Северном Урале в связи с изменениями климата / В.А. Галако, А.К. Касимов // Генетическая типология, динамика и география лесов России. Матер. Всерос. науч. конф. (с междунар. участием), посвящ. 100 – летию со дня рождения Б.П. Колесникова. 21 – 24 июня 2009 г. Екатеринбург: УрО РАН, 2009. С 148 - 152.

Говорухин В.С. Растительность бассейна р. Ылыча (Северный Урал) / В.С. Говорухин // Тр. о-ва изуч. Урала, Сибири и Дальнего Востока. М.: Главнаука. 1929, Т. 1. Вып. 1. С. 1-106.

Говорухин В.С. Динамика ландшафтов и климатические колебания на Крайнем Севере / В.С. Говорухин // Изв. ВГО, 1947. Т. 79. № 8. С. 317-324.

Городков Б.Н. Полярный Урал в верхнем течении р. Соби. / Б.Н. Городков // Тр. Ботан. музея АН СССР. 1926. Вып. 19. С. 1-74.

Горчаковский П.Л. Растительность горных тундр Урала / П.Л. Горчаковский // Записки Уральского отдела Географического общества СССР. Вып. №2. Свердлов. кн. изд. 1955. С. 39 - 158.

Горчаковский П.Л. Растительность / П.Л. Горчаковский // Урал и Приуралье. 1968. С. 211-257.

Горчаковский П.Л. Основные проблемы исторической фитогеографии Урала / П.Л. Горчаковский // Свердловск. Тр. ИЭРиЖ УФАИ СССР (66). 1969. С. 77 – 107.

Горчаковский П.Л. Закономерности снегонакопления в горах Северного Урала и водоохранная роль высокогорных лесов / П.Л. Горчаковский // 1970. С. 115 – 133.

Горчаковский П.Л. Фитоиндикация снежного покрова и снежных лавин в высокогорьях / П.Л. Горчаковский, С.Г. Шиятов // Экология. 1971. №1. С. 22 – 35.

Горчаковский П.Л. Фитоиндикация условий среды и природных процессов в высокогорьях / П.Л. Горчаковский, С.Г. Шиятов // М.: Наука, 1985. 208 с.

Горяева А.В. Оценка естественного возобновления ели сибирской и лиственницы сибирской на верхнем пределе их произрастания: автореф. дис...канд. с.-х. наук. Екатеринбург, 2008. 22 с.

Горячев В.М. О связи текущего радиального прироста с морфометрическими характеристиками древостоев в темнохвойных лесах / В.М. Горячев // Восстановительная и возрастная динамика таежных лесов Среднего Урала. Свердловск, 1987. С. 143 – 153.

Гофман Э. Северный Урал и береговой хребет Пай-Хой. / Э. Гофман // Том II. Исследования экспедиции, снаряженной императорским русским географическим обществом в 1847, 1848 и 1950 гг. Санкт-Петербург. В типографии императорской академии наук. 1856 г. 552 с.

Груза Г.В. Обнаружение изменений климата: состояние, изменчивость и экстремальность климата / Г.В. Груза, Э.Я. Ранькова // Метеорологи и гидрология. 2004. №4. С. 50-65.

Данилин М.А. Осиновые леса Сибири: автореф. дис...д-ра. с.-х. наук. Красноярск, 1989. 44 с.

Дэви Н.М. Морфогенез лиственницы сибирской в связи с современным изменением климата в высокогорьях Полярного Урала: автореф. дис... канд. биол. наук. Екатеринбург, 2008. 22 с.

Долгушин Л.Д. Некоторые особенности рельефа, климата и современной денудации в Приполярном Урале / Л.Д. Долгушин // М.: Изд-во АН СССР, 1951. 207 с.

Ефимова Н.А. О сопоставлении изменений климата в 1981-2000 гг. с палеоаналогами глобального потепления / Н.А. Ефимова, Е.Л. Жильцова, Н.А. Лемешко, Л.А. Строкина // Метеорология и гидрология. 2004. №8. С. 18-23.

Игошина К.Н. Высокогорная растительность Среднего Урала / К.Н. Игошина // Журнал русского бот. общ. 1931.Т. 16. №1. С. 1-62.

Израэль Ю.А. Эффективный путь сохранения климата на современном уровне – основная цель решения климатической проблемы / Ю.А. Израэль // Метеорология и гидрология. 2005. №10. С. 5-9.

Изменение климата, 2001 г. Обобщенный доклад. Вклад рабочих групп I, II, III в подготовку Третьего доклада об оценке Межправительственной группы экспертов по изменению климата // Под ред. Р. Т. Уотсона. ВМО ЮНЕП. Женева, 2003. 220 с.

Капралов Д.С. Изменения в составе, структуре и высотном положении мелколесий на верхнем пределе их произрастания в горах Северного Урала / Д.С. Капралов, С.Г. Шиятов, П.А. Моисеев, В.В. Фомин // Экология. 2006. №6. С. 403-409.

Капралов Д.С. Изучение пространственно-временной динамики верхней границы леса на Северном и Южном Урале: автореф. дис...канд. с.-х. наук. Екатеринбург, 2007. 21 с.

Капралов Д.С. Пространственно-временная динамика верхней границы леса на Южном Урале / Д.С. Капралов, С.Г. Шиятов, В.В. Фомин, Ю.В. Шалаумова // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии, 2007. Вып. 180. С. 59-68.

Кеммерих А.О. Гидрография Северного, Приполярного и Полярного Урала / А.О. Кеммерих // М., Из-во АН СССР, 1961. 136 с.

Кеммерих А.О. Воды / А.О. Кеммерих // Урал и Приуралье. 1968. С. 118 - 163.

Ковальский М. Географические определения мест и магнитные наблюдения М. Ковальского / М. Ковальский / Северный Урал и береговой хребет Пай-Хой // Том I. Исследования экспедиции, снаряженной императорским русским географическим обществом в 1847, 1848 и 1950 гг. Санкт-Петербург. В типографии императорской академии наук. 1853 г. С. 30.

Кошкина Н.Б. Начальные этапы возобновления древесных видов на верхнем пределе их произрастания в горах Урала: автореф. дис...канд. биол. наук. Екатеринбург: ИЭРиЖ УрО РАН, 2008. 24 с.

Кокорин А.О. Изменения климата и Киотский протокол – реалии и практические возможности / А.О. Кокорин, И.Г. Грицевич, Г.В. Сафонов // М.; WWF России, 2004. 64 с.

Корепанов А.А. Снежный покров, промерзание и оттаивание почвы в сосновых лесах Прикамья // Лесоведение № 5 (сентябрь - октябрь). 1989.

Корчагин А.А. Растительность северной половины Печорско-Илычского заповедника / А.А. Корчагин // Тр. Печорско-Илычского заповедника. Сыктывкар, 1940. Вып. 2. 414 с.

Кувшинова К.В. Климат / К.В. Кувшинова // Урал и Приуралье. 1968. С. 82 - 109.

Кузьмичев В.В. Закономерности роста древостоев / В.В. Кузьмичев // Новосибирск: Наука, 1977. 160 с.

Ливеровский Ю.А. Почвы СССР. Географическая характеристика / Ю.А. Ливеровский // М.: Мысль, 1974. 462 с.

Луганский Н.А. Березняки Среднего Урала / Н.А. Луганский, Л.А. Лысов. Свердловск: УЛТИ, 1991. 100 с.

Луганский Н.А. Структура и динамика сосновых древостоев на Среднем Урале / Н.А. Луганский, З.Я. Нагимов // Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 1994. 140 с.

Мазепа В.С. Изменение климата и динамика притундровых редколесий на Полярном Урале в XX столетии / В.С. Мазепа // Environment of Siberia, the Far East, and the Arctic: Selected paper presented at the International Conference ESFEA, Tomsk, Russia. Sept. 5-8, 2001. Tomsk, 2001. p. 44-49.

Мазепа В.С. Изменение климата и продуктивность притундровых редколесий на Полярном Урале за последнее тысячелетие / В.С. Мазепа // Экстремальные криосферные явления: фундаментальные и прикладные аспекты: материалы междунар. конф. Пушино, 2002. С. 138-139.

Мазепа В.С. Образование многоствольных жизненных форм деревьев лиственницы сибирской в экотоне верхней границы леса на Полярном Урале как индикатор изменения климата / В.С. Мазепа, Н.М. Дэви. // Экология. 2007. № 6. С. 471-475.

Мазепа В.С. Реакция древесной растительности Полярного Урала на прошлые и современные изменения климата / В.С. Мазепа, С.Г. Шиятов // Генетическая типология, динамика и география лесов России. Матер. Всерос. науч. конф. (с междунар. участием), посвящ. 100 – летию со дня рождения Б.П. Колесникова. 21 – 24 июня 2009 г. Екатеринбург: УрО РАН, 2009. С 144 – 148.

МГЭИК, 2007: Изменение климата, 2007 г.: Обобщающий доклад. Вклад рабочих групп I, II, и III в Четвертый доклад об оценке Межправительственной группы экспертов по изменению климата // Р.К. Пачаури, А. Райзингер и основная группа авторов (ред.) // МГЭИК, Женева, Швейцария, 104 стр.

Моисеев П.А. Влияние изменений климата на формирование поколений ели сибирской в подгольцовых древостоях Южного Урала / П.А. Моисеев, Ван дер Меер, А. Риглинг, И.Г. Шевченко // Экология. 2004. № 3. С. 1 – 9.

Моисеев П.А. Динамика верхней границы леса на склонах Тылайско-Конжаковско-Серебрянского горного массива (Северный Урал) в последние столетия / П.А. Моисеев, А.А. Бартыш, А.В. Горяева, Н.Б. Кошкина, З.Я. Нагимов, В.А. Галако // Хвойные бореальные зоны. Том XXV, № 1 – 2, 2008. С. 21 – 27.

Моисеев П.А. Изменения климата и динамика древостоев на верхнем пределе их произрастания в горах Северного Урала / П.А. Моисеев, А.А. Бартыш, З.Я. Нагимов // Экология. 2010. № 6. С. 432-443.

Молчанов А.А. Промерзание и оттаивание почвы / А.А. Молчанов // Лесное хозяйство № 1. 1950.

Нагимов З.Я. Закономерности роста и формирования надземной фитомассы сосновых древостоев // автореф. дис. д-ра с.-х. наук. Екатеринбург, 2000. 40 с.

Нагимов З.Я. Структура и фитомасса березовых древостоев на верхней границе леса в условиях Северного Урала / З.Я. Нагимов, П.А. Моисеев, А.А. Бартыш, И.В. Рахманов, А.А. Григорьев // Вестник Московского государственного университета леса. Лесной вестник. 2008. № 3 (60). С. 61-67.

Нагимов З.Я. Особенности роста и формирования фитомассы древостоев ели в высокогорьях Южного Урала (на примере г. Малый Ирмель) / З.Я. Нагимов, Т.С. Бабенко, И.Г. Шевченко, И.В. Рахманов, П.А. Моисеев // Хвойные бореальные зоны. Том XXIV. № 4 – 5. 2007. С. 427 – 429.

Неволин О.А. О корреляции диаметров крон с диаметрами деревьев в смешанных сосново – березовых древостоях / О.А. Неволин // Лесной журнал. 1967. № 1. С. 27 – 30.

Никитин К.Е. Лиственница на Украине / К.Е. Никитин // Киев: Урожай, 1966. 331 с.

Оценки экологических и социально-экономических последствий изменения климата // Докл.Рабочей группы II МГЭИК. – СПб.: Гидрометеиздат, 1992. 250 с.

Оценки экологических и социально-экономических последствий изменения климата // Доп. к докл. 1990 г. Рабочей группы II МГЭИК. – СПб.: Гидрометеиздат, 1993. 127 с.

Погодина Г.С. Почвы / Г.С. Погодина, Н.Н. Розов. // Урал и Приуралье. 1968. С. 167 - 204.

Рахманов И.В. Структура фитомассы еловых древостоев в экотоне верхней границы леса в связи с глобальным потеплением климата (горный массив Ирмель, Южный Урал) / И.В. Рахманов, И.Г. Шевченко, А.А. Фастовец, З.Я. Нагимов. // Материалы II Всероссийской научно-техн. конф. студентов и аспирантов. УГЛТУ. Екатеринбург, 2006.-Ч. 2. С. 74-75.

Рокицкий П.Ф. Биологическая статистика // Минск: Высш. шк., 1973. 320 с.

Сапунов В.Н. Ландшафтная дифференциация в распределении снежного покрова в горах субарктики (Хибинские горы) / В.Н.Сапунов, Г.Г.Сапунова, Т.Г. Глазовская, Ю.Г.Селиверстов // <http://www.geogr.msu.ru/avalanche/avalanches/landschaft.doc/odyframe.htm>.

Семенов П. Географическо-статистический словарь Российской Империи / П. Семенов / Санкт-Петербург, 1865. Т. 2. С. 898.

Семечкин И.В. Динамика возрастной структуры древостоев и методы ее изучения / И.В. Семечкин // Вопросы лесоведения: сб. науч. тр. / СО АН СССР. Красноярск, 1970. Т.1 С.422-445.

Семечкина М.Г. Структура фитомассы сосняков / М.Г. Семечкина // Новосибирск: Наука, 1978. 165 с.

Совершаев П.Ф. Борьба с выжиманием морозом всходов и семянцев / П.Ф. Совершаев // Лесное хозяйство № 3. 1965. С. 39 – 41.

Соколов С.В. Исследование роста и товарности сосновых насаждений подзоны южной тайги Зауралья: автореф. дис...канд. с.-х. наук. Свердловск, 1970. 23 с.

Сочава В.Б. Пределы лесов в горах Ляпинского Урала / В.Б. Сочава // Тр. Ботан. музея АН СССР. - Л.: Изд-во АН СССР, 1930. Вып. 22. С. 1- 48.

Сукачев В.Н. К вопросу об изменении климата и растительности на севере Сибири в послетретичное время / В.Н. Сукачев // Метеорол. вестн.- 1922. Т. 22. № 1/4. С. 25-43.

Суставава О.В. Структура и динамика сосновых древостоев искусственного происхождения в условиях степного Зауралья: автореф. дис...канд. с.-х. наук. Екатеринбург, 2004. 22 с.

Третьякова В.А. Дифференциация деревьев и рост культур основных лесообразующих пород Сибири: автореф. дис...канд. с.-х. наук. Красноярск, 2006. 20 с.

Тюлина Л.Н. Материалы по высокогорной растительности Южного Урала / Л.Н. Тюлина // Изв. ВГО. 1931. Т. 63. Вып. 5/6. С. 453-499.

Усольцев В.А. Методы таксации фитомассы древостоев / В.А. Усольцев, З.Я. Нагимов // Метод. указ. для студентов-дипломников специальности 1512. УЛТИ. Свердловск, 1988. 46 с.

Фастовец А.А. Структура фитомассы деревьев ели в высокогорьях Южного Урала / А.А. Фастовец, З.Я. Нагимов, П.А. Моисеев,

И.Г. Шевченко // Сборник материалов научно – технической конференции «Социально – экономические и экологические проблемы лесного комплекса УГЛТУ. Екатеринбург. 2003. С. 308 – 309.

Фомин В.В. Разработка и использование количественных методов и моделей для оценки климатогенной и антропогенной динамики древесной растительности в экстремальных условиях ее произрастания / В.В. Фомин // Екатеринбург. 2008. 200 с.

Шавнин А.Г. Таксация насаждений по типам строения древостоев: учебное пособие / А.Г. Шавнин // Свердловск: УЛТИ, 1990. 104 с.

Шалаумова Ю.В. Пространственно-временная динамика климата на Урале во второй половине XX века / Ю.В. Шалаумова, В.В. Фомин, Д.С. Капралов // Метеорология и гидрология. 2010. №2. С 44-54.

Шанин С.С. Закономерности строения сосновых и лиственных древостоев Сибири / С.С. Шанин // Красноярск, 1967. 30 с.

Шастин В.И. Основы таксации вырубок и формирующихся на них молодняков в таежных лесах Прииртышья Омской области: автореф. дис...канд. с.-х. наук. Свердловск, 1970. 23 с.

Шенников А.П. Краткий ботанический очерк района в верховьях р. Печоры / А.П. Шенников // Север. 1923. № 3/4. С. 177-188.

Шереметов Р.Т. Влияние снежного покрова на некоторые особенности формирования растительности Приишимья (Тюменская область) / Р.Т. Шереметов, С.А. Шереметова // География и природные ресурсы. 2005 г. № 2. С. 78 – 84.

Шиятов С.Г. Динамика верхней границы леса на восточном склоне Полярного Урала (бассейн реки Соби): автореф. дис...канд. биол. наук. Свердловск, 1964. 25 с.

Шиятов С.Г. Снежный покров на верхней границе леса и его влияние на древесную растительность / С.Г. Шиятов // Тр. Ин-т экологии растений и животных УФ АН СССР. 1969. Вып. 69. С. 141-157.

Шиятов С.Г. Некоторые данные о современных тенденциях в характере взаимоотношений леса и тундры в горах Приполярного Урала / С.Г. Шиятов // Биологические проблемы севера. VI симпозиум (Вып. 5). Биология лесообразующих пород, лесная биогеоценология, лесное хозяйство (Тез. докл.). Изд. Якутского филиала СО АН СССР. Якутск, 1974. С. 90 – 94.

Шиятов С.Г. Конституционная и экологическая характеристика верхней границы леса в районе г. Неройки (Приполярный Урал) /

С.Г. Шиятов // Биологические проблемы севера. IX Симпозиум. Часть I. Сыктывкар. 1981. С. 203.

Шиятов С.Г. Анализ смен лесной растительности на массиве Иремель (Южный Урал) при помощи использования старых фотоснимков / С.Г. Шиятов // Изучение и освоение флоры и растительности высокогорий (закономерности распределения, классификация, структура, продуктивность): тез. докл. Свердловск, 1982. С. 102.

Шиятов С.Г. Опыт использования старых фотоснимков для изучения смен лесной растительности на верхнем пределе ее произрастания / С.Г. Шиятов // Флористические и геоботанические исследования на Урале. Свердловск, 1983. С. 76-109.

Шиятов С.Г. Дендрохронология верхней границы леса на Урале / С.Г. Шиятов // М.: Наука, 1986. 136 с.

Шиятов С.Г. Климатогенная динамика подгольцовых редколесий на Полярном Урале в XX столетии / С.Г. Шиятов // Тез. Всерос. совещ. «Реакция растений на глобальные и региональные изменения природной среды», Иркутск, 25 – 29 сентября 2000 г. – Иркутск, 2000. – С. 109. То же на англ. яз., р. 184.

Шиятов С.Г. Методы дендрохронологии / С.Г. Шиятов, Е.А. Ваганов, А.В. Кирдянов, В.Б. Круглов, В.С. Мазепа, М.М. Наурзбаев, Р.М. Хантемиров // Красноярск: КрасГУ, 2000. Ч. I: Основы дендрохронологии. Сбор и получение древесно-кольцевой информации: учеб.-метод. пособие. 80 с.

Шиятов С.Г. Изменения климата и их влияние на горные экосистемы Национального парка «Таганай» за последние столетия / С.Г. Шиятов, В.С. Мазепа, П.А. Моисеев, М.Ю. Братухина. // Влияние изменений климата на экосистемы. Раздел II. М.: Русский университет, 2001. С. 16-31.

Шиятов С.Г. (а) Изменения климата и динамика лесотундровых экосистем на Полярном Урале в XX столетии / С.Г. Шиятов, В.С. Мазепа, О.Ю. Чехлов // Науч. вестн. (Селехард), 2002. Вып. 11. С. 28-35.

Шиятов С.Г. (б) Тысячелетняя реконструкция температуры лета на Полярном Урале: данные древесных колец можжевельника сибирского и лиственницы сибирской / С.Г. Шиятов, Р.М. Хантемиров, Л.А. Горланова // Археология, этнография и антропология Евразии. Новосибирск. 1 (9). 2002. С. 2 – 5.

Шиятов С.Г. Пространственно-временная динамика лесотундровых сообществ на Полярном Урале / С.Г. Шиятов, М.М. Терентьев, В.В. Фомин // Экология. 2005. № 2. С.1-8.

Шиятов С.Г. Использование новых методов для изучения пространственно-временной динамики лесотундровых сообществ в высокогорьях Урала / С.Г. Шиятов, В.В. Фомин // Новые методы в дендроэкологии. Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием. Иркутск: Изд-во Института географии им В.Б. Сочавы СО РАН. 2007. С. 27-30.

Шиятов С.Г. Вертикальный и горизонтальный сдвиги верхней границы редколесий и сомкнутых лесов в XX столетии на Полярном Урале / С.Г. Шиятов, М.М. Терентьев, В.В. Фомин, Н.Е. Циммерманн // Экология. 2007. № 4. С. 243-248.

Шиятов С.Г. Климатогенная динамика лесотундровой растительности на Полярном Урале / С.Г. Шиятов, В.С. Мазепа. // Лесоведение. 2007. № 6. С. 11-22.

Шиятов С.Г. Опыт использования ландшафтных фотоснимков для изучения динамики древесной растительности в высокогорьях Урала / С.Г. Шиятов // Материалы региональной с международным участием научной конференции, посвященной памяти П. Л. Горчаковского. Пермь, 2009. С 390-394.

Шиятов С.Г. Динамика древесной и кустарниковой растительности в горах Полярного Урала под влиянием современных изменений климата / С.Г. Шиятов // Екатеринбург, 2009., 219 с.

Шиятов С.Г. Роль П.Л. Горчаковского в изучении высокогорной древесной растительности Урала / С.Г. Шиятов // Наука, природа и общество. Мат. Междун. конф., посв. 90 – летию Ильменского государственного заповедника, 90 – летию со дня рождения академика П.Л. Горчаковского и 180 – летию со дня рождения академика П.В. Еремеева. Миасс – Екатеринбург, 2010. С. 222 – 226.

Шутов И. Река Щучья. Географическое описание реки и путешествия в ее долину в 1913 году / И. Шутов // Ежегодник Тобольского Губернского Музея, вып. XXII, Тобольск.

Хантемиров Р.М. Динамика древесной растительности и изменения климата на севере западной Сибири: автореф. д.-ра биол. наук. Екатеринбург, 2009. 44 с.

Хапаев С.А. Колебания верхней границы леса на территории Тебердинского Заповедника / С.А. Хапаев // Высокогорная экология. – М.: Институт географии СССР, 1976. С. 55-57.

Харук В.И. Древесная растительность экотона лесотундры Западного Саяна и климатические тренды / В.И. Харук, К.Дж. Ренсон, С.Т. Им, М.М. Наурзбаев // Экология. 2008. № 1. С. 10-15.

Юкнис Р.А. Некоторые закономерности роста деревьев / Р.А. Юкнис // Моделирование и контроль производительности древостоев / Академия. Каунас, 1983. С. 118 – 121.

Agee J.K. Subalpine tree reestablishment after fire in the Olympic Mountains, Washington / J.K. Agee, L. Smith // Ecology. 1984. № 65. P. 810-819.

Ågren J. Natural age and size structure of *Pinus sylvestris* and *Picea abies* on a mire in the inland part of northern Sweden / J. Ågren, L. Isaksson, O. Zackrisson // Holarctic Ecol. 1983. № 6. P.228-237.

Brink V.C. A directional changes in the subalpine forest-heath ecotone in Garibaldi Park, British Columbia / V.C. Brink // Ecology. 1959. № 40. P.10 -16.

Briffa K.R. Fennoscandian summers from AD 500: temperature changes on short and long timescales / K.R. Briffa, P.D. Jones, T.S. Bartholin, D. Eckstein, F.H. Schweingruber, W. Karlen, P. Zetterberg, M. Eronen // Climate Dynamics. 1992. № 7. P. 111-119.

Briffa K.R. Unusual twentieth-century summer warmth in a 1,000-year temperature record from Siberia / K.R. Briffa, P.D. Jones, F.H. Schweingruber, S.G. Shiyatov, E.R. Cook // Nature. 1995. V. 376. P. 156-159.

Gurskaya M. A. Formation of Two Xylem Frost Injuries in One Annual Ring in Siberian Spruce under Conditions of Western Siberian Forest-Tundra / M. A. Gurskaya, S. G. Shiyatov // Russian Journal of Ecology, Vol. 33, No. 2, 2002, pp. 73–79. Translated from *Ekologiya*, No. 2, 2002, pp. 83–90.

Gorchakowsky P.L. The upper forest limit in the mountains of the boreal zone of the USSR / P.L. Gorchakowsky, S.G.Shiyatov // *Arct. Alp. Res.* – 1978.- №10. – P.349-363.

Denton G.H. Holocene glacial and tree-line variation in the White River valley and Skolai Pass, Alaska and Yukon Territory / G.H. Denton, W. Karlen // *Quant. Res.* 1977. № 7. P. 63-111.

Dunwiddie P.W. Recent tree invasion of subalpine meadows in the Wind River Mountains, Wyoming / P.W. Dunwiddie // *Arctic Alpine Res.* 1977. № 9. P. 393-399.

Dale V.H. The relationship between land-use change and climate change / V.H. Dale // *Ecological applications.* 1997. 7(3). pp. 753-769.

Devi N.M. Expanding forests and changing growth forms of Siberian larch at the Polar Urals treeline during the 20th century / N.M. Devi,

F. Hagedorn, P.A. Moiseev, H. Bugmann, S.G. Shiyatov, V.S. Mazepa, A. Rigling // *Global Change Biology* (2008) 14, P. 1 – 11.

Franklin J.F. Invasion of subalpine meadows by trees in the Cascade Range, Washington and Oregon / J.F. Franklin, W.H. Moir, G.W. Douglas, C. Wiberg // *Arctic Alpine Res.* 1971. № 3. P. 215-224.

Hessl A.E. Spruce and fir regeneration and climate in the forest-tundra ecotone of Rocky Mountain National Park, Colorado, U.S.A. / A.E. Hessl, W.L. Baker // *Arctic and Alpine Res.* 1997. № 29. P. 173-183.

Houston D.B. The Northern Yellowstone Elk / D.B. Houston // New York: Macmillan, 1982 - 474 p.

Holtmeier F.K. Sensitivity and response of northern hemisphere altitudinal and polar treelines to environmental change at landscape and local scales / F.K. Holtmeier, G. Broll // *Global Ecology and Biogeography.* 2005. Vol. 14. P. 395–410.

Holtmeier F.K. Treeline advance – driving processes and adverse factors / F.K. Holtmeier, G. Broll // *Landscape Online.* 2007. Vol. 1. P. 1-33.

Korner C. A reassessment of high elevation treeline positions and their explanation / C. Korner // *Oecologia.* 1998. Vol. 115. P. 445-459.

Korner C. Carbon limitation in trees / C. Korner // *Journal of Ecology.* 2003 Vol. 91. P. 4–17.

Kharuk V.I. Forest-tundra ecotone response to climate change / V.I. Kharuk, S.G. Shiyatov, E. Kashishke, E.V. Fedotova, M.M. Naurzbaev // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Том XVIII, Санкт-Петербург: Гидрометеиздат, 2002. С. 234-260.

Kammer A. Upward-shifting treelines change soil organic matter dynamics in the Ural mountains / A. Kammer, F. Hagedorn, I. Shevchenko // *Global Change Biology.* 2009. № 15. P. 1570–1583.

Klassner F.L. A half century of change in alpine treeline patterns at Glacier National Park, Montana, U.S.A. / F.L. Klassner, D.B. Farge // *Arctic, Antarctic and Alpine Research,* 2002. Vol. 34. № 1. P. 49–56.

Kearney M.S. Recent seedling establishment at timberline in Jasper National Park, Alberta / M.S. Kearney // *Canadian Journal of Botany.* 1982. № 60. P.2282-2287.

Kullman L. Change and stability in the altitude of the birch tree-limit in the southern Swedish Scandes 1915–1975 / L. Kullman // *Acta Phytogeographica Suecica,* 1979. Vol. 65. 128 p.

Kullman L. Recent tree-limit dynamics of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in the southern Swedish Scandes / L. Kullman // *Wahlenbergia* (Scripta Botanica Umensia). 1981. № 8. P.1-67.

Kullman L. Recent tree-limit history of *Picea abies* in the southern Swedish Scandes / L. Kullman // *Ca. J. For. Res.* 1986. №16. P.761-771

Kullman L. Short-term dynamic approach to tree-limit and thermal climate: evidence from *Pinus sylvestris* in the Swedish Scandes / L. Kullman // *Ann. Bot. Fennici*, 1988. Vol. 25. P. 219–227.

Kullman L. Tree-limit stress and disturbance a 25-year survey of geocological change in the Scandes mountains of Sweden / L. Kullman // *Geografiska Annaler*, 1997. Vol. 79A. P. 139–165.

Kullman L. 20th century climate warming and tree-limit rise in the Southern Scandes of Sweden / L. Kullman // *Ambio*. 2001. V. 30. № 2. P. 72–80.

Kullman L. Recent reversal of Neoglacial climate cooling trend in the Swedish Scandes as evidenced by mountain birch tree-limit rise / L. Kullman // *Global and Planetary Change*. 2003. V. 36. P. 77–88.

Kullman L. Tree line population monitoring of *Pinus sylvestris* in the Swedish Scandes, 1973–2005: implications for tree line theory and climate change ecology / L. Kullman // *Journal of Ecology* 2007 95, 41–52.

Kullman L. Post-Little Ice Age tree line rise and climate warming in the Swedish Scandes: a landscape ecological perspective / L. Kullman L. Öberg // *Journal of Ecology* 2009. Vol. 97. P. 415–429.

Little R.L. Regeneration of subalpine fir (*Abies lasiocarpa*) following fire: effects of climate and other factors / R.L. Little, D.L. Peterson, L.L. Conquest // *Can. J. Forest Res.* 1994. № 24. P.934-944.

Lloyd A.H. Holocene dynamic of treeline forests in the Sierra Nevada / A.H. Lloyd, L.J. Graumlich // *Ecology*. 1997. №78. P.1199-1210.

Lloyd A.H. Patterns and dynamics of treeline advance on the Seward Peninsula, Alaska / A.H. Lloyd, T.S. Rupp, C.L. Fastie, A.M. Starfield // *Journal of Geophysical Research*, 2003. Vol. 108, No. D2, 8161.

Moiseev P.A. Vegetation Dynamics at the Tree-Line Ecotone in the Ural Highlands, Russia / P.A. Moiseev, S.G. Shiyatov // *Friedmut Krüner*, Poststrasse 34, 69115 Heidelberg, Germany. *Ecological Studies*. 2003. Vol. 167. P. 423 – 435.

Moiseev P.A. Revisitation of the upper treeline sites in the South Urals: A comparison of contemporary and old landscape photographs of upper treeline in the Southern Urals / P.A. Moiseev, S.G. Shiyatov //

ALPNET News: Workshop report and contribution presented at the Second Workshop, Innsbruck, Austria, 30-31 Oct. 1999. № 2. P. 30-31.

Mikan C.J. Temperature controls of microbial respiration above and below freezing in arctic tundra soils / C.J. Mikan, J.P. Schimel, A.P. Doyle // *Soil Biol. and Biochem.* 2002. V. 34. P. 1785–1795.

Munroe J.S. Estimates of Little Ice Age climate inferred through historical rephotography, Northern Uinta Mountains, U.S.A. / J.S. Munroe // *Arctic, Antarctic and Alpine Research*, 2003. Vol. 35. № 4. P. 489-498.

Payette S. Tree-line dynamics in Ungava peninsula, northern Quebec / S. Payette, R. Gagnon // *Holarctic Ecology*. 1979. № 2. P. 239-248.

Payette S. White spruce expansion at the tree line and recent climatic change / S. Payette, L. Filion // *Can. J. Forest Res.* 1985. № 15. P. 241-251.

Payette S. Les combes a neige de la Riviere aux Feuilles (Nouveau-Quebec): indicateurs paleoclimatiques holocenes / S. Payette, R. LaJeunesse // *Geogr. Phys. Quat.* 1980. Vol.34. P. 209-220.

Rocheftort R.M. Temporal and Spatial Distribution of Trees in subalpine meadows of Mount Rainer National park, Washington, U.S.A. / R. M. Rocheftort, D.L. Peterson // *Arctic and Alpine Research*. 1996. Vol.28. №1. P. 52-59.

Scott P.A. Establishment of white spruce populations and responses to climatic change at the treeline, Churchill, Manitoba, Canada / P.A. Scott, R.I.C. Hansell, D.C. Fayle // *Arctic and Alpine Res.* 1987. V.19. № 1. P.45-51.

Scuderi L.A. Late –Holocene upper timberline variation in the southern Sierra Nevada / L.A. Scuderi // *Nature*. 1987. №327. P. 242-244.

Shiyatov S.G. Reconstruction of climate and the upper timberline dynamics since AD 745 by tree-ring data in the Polar Ural Mountains / S.G. Shiyatov // *Intern. conf. on past, present and future climate: Proc. of the SILMU conf. held in Helsinki, Finland 22-25 Aug. 1995. Helsinki, 1995. P. 144-147.*

Shiyatov S. The impact of climate changes on forest-tundra vegetation in the Ural Mountain highlands during the 20th century / S. Shiyatov P. Moiseev, O. Tchechlov // *Workshop on Climate Change at High Elevation Sites: Emerging Impacts (HIGHEST II), Davos, Switzerland, 25-28 June, 2001, pp. 125-127.*

Shiyatov S. Spatio-temporal dynamics of forest-tundra ecosystems under climate change in the Polar Ural Mountains / Shiyatov S., Tchechlov O // *Tree Rings and People. International Conference on the Future of Dendrochronology, Davos, 22-26 September, 2001. Eds. Michele Kaenel*

Dobbertin and Otto Ueli Bräker. Published by the Swiss Federal Research Institute WSL. 2001. P. 82.

Shiyatov S.G. Rates of change in the upper treeline ecotone in the Polar Ural Mountains / S.G. Shiyatov // PAGES News. 2003. Vol.11, № 1. P.8-10.

Taylor A.H. Forest expansion and climate change in the mountain hemlock (*Tsuga mertensiana*) zone, Lassen Volcanic National Park, California, U.S.A. / A.H. Taylor // Arctic and Alpine Res. 1995. № 27. P. 207-216.

Tierney G.L. Soil freezing alters fine root dynamics in a northern hardwood forest / G.L. Tierney, T.J. Fahey, P.M. Groffman et al. // Biogeochemistry. 2001. V. 56. P. 175–190.

Jacoby G.C. Reconstructed summer degree days in central Alaska and North-Western Canada since 1524 / G.C. Jacoby, J.E. Cook, L.D. Ulan // Quant. Res. 1985. №23. P. 18-26.

Jakubos B. Invasion of subalpine meadows by lodgepole pine in Yellowstone National Park, Wyoming, U.S.A. / B. Jakubos, W.H. Romme // Arctic and Alpine Res. 1993. № 25. P.382-390.

Weisberg P.J. Spatial variation in tree regeneration in the forest-tundra ecotone, Rocky Mountain National Park, Colorado / P.J. Weisberg, W.L. Baker // Can. J. of Forest Res. 1995. № 25. P.1326-1339.

Wardle P. Evidence for rising upper limits of four native New Zealand forest trees / P. Wardle, M.C. Coleman // New Zealand Journal of Botany. 1992. №30. P. 303-314.

Woodward A. Climate, geography, and tree establishment in subalpine meadows of the Olympic Mountains, Washington, U.S.A. / A. Woodward, E.G. Schreiner, D.G. Silsbee // Arctic and Alpine Res. 1995. № 27. P.217-225.

Vale T.R. Tree invasion of montane meadows in Oregon / T.R. Vale // American Midland Naturalist. 1981. №105. P. 61-69.

<http://ulp.ipae.uran.ru/>.

ПРИЛОЖЕНИЕ



В приложении приведены 16 пар разновременных фотоснимков, сделанных в различных районах Приполярного Урала.

Исторические фотоснимки в 1945 г. были сделаны Л.Д. Долгушиным (рис. 1), 1954 г. – П.Л. Горчаковским (рис. 2-5) и 1970 г. – С.Г. Шиятовым (рис. 6-14). Автор снимков 1960-х гг. не известен.

Выражаем искреннюю благодарность авторам исторических фотоснимков, без которых невозможно было бы применить метод ландшафтных фотоснимков.



1945



2008

Рис. П 1. Верховья р. Хобею.
На заднем плане видна г. Защита (1745,9 м. н.у.м.)



Рис. П 2. Аранецкий перевал (массив Сабля)



Рис. П 3. Аранецкий перевал (массив Сабля).
На заднем плане видна безымянная вершина с отметкой 477,0 м. н.у.м.

1954



2010



Рис. П 4. У подножия западного склона массива Сабля

1954



2010



Рис. П 5. Аранецкий перевал (массив Сабля).
На заднем плане виден каменный останец,
у которого были сделаны снимки, изображенные на рис. 2

1970



2009



Рис. П 6. Восточный склон хр. Саленер.
На заднем плане справа видна г. Сале-Пасне-Нер (1020, 3 м. н.у.м.),
справа – г. Шатмага (1069, 3 м. н.у.м.)



Рис. П 7. Лиственничные куртины многоствольной формы роста на восточном склоне хр. Саленер



Рис. П 8. Пихтовая куртина на восточном склоне хр. Саленер.



Рис. П 9. Восточный склон хр. Саленер.
На заднем плане видна возвышенность с отметкой 715,0 м. н.у.м.



Рис. П 10. Восточный склон хр. Саленер.
На заднем плане видна юго-западная оконечность Центрального плато



Рис. П 11. Восточный склон хр. Саленер

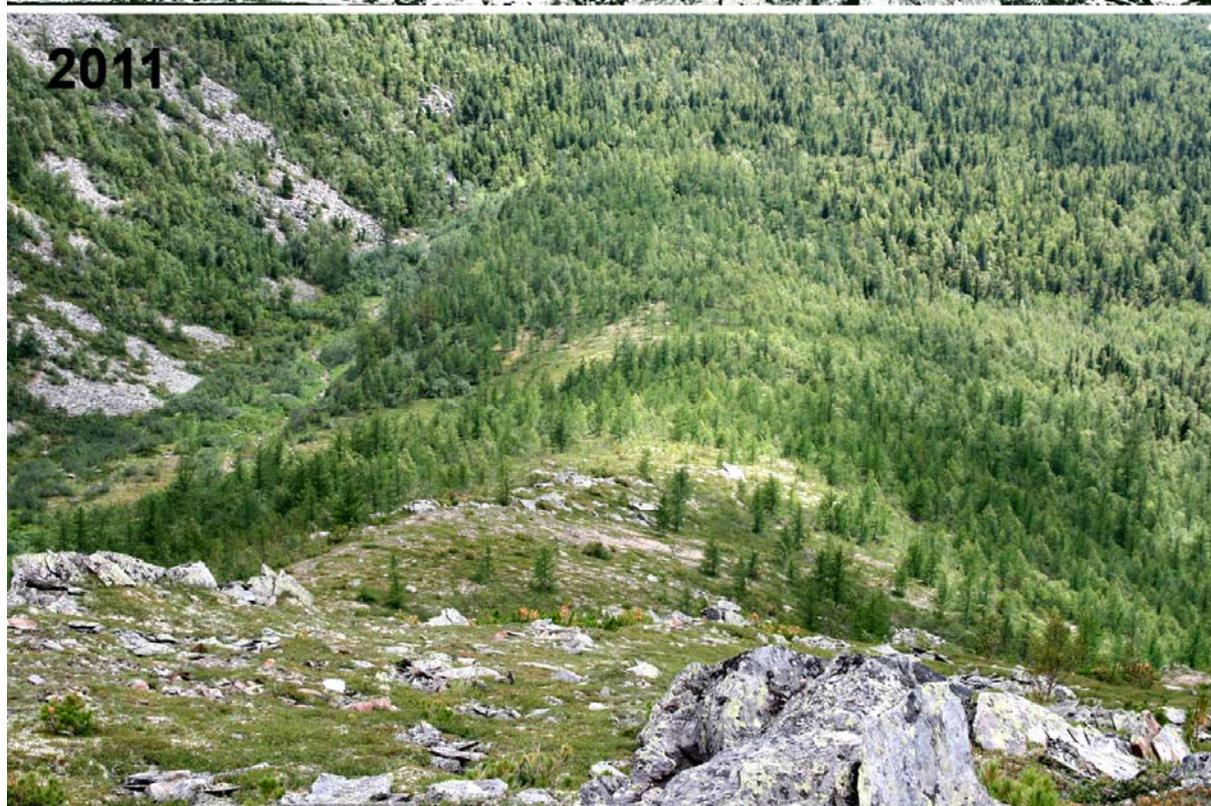


Рис. П 12. Восточный склон хребта Саленер



Рис. П. 13. Восточный склон хр. Саленер.
На заднем плане видна возвышенность с отметкой 619 м. н.у.м.



Рис. П 14. Южный склон хр. Саленер



Рис. П. 15. Верховья руч. Додовис. Вблизи уч. Додо.
На заднем плане западный склон г. Тхпая



Рис. П 16. Верховья руч. Додовис. Уч. Додо.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
1. Природные условия района исследований	5
1.1. Географическое положение района исследований	5
1.2. Геологическое строение, рельеф и почвы	5
1.3. Климат	8
1.4. Гидрография	11
1.5. Растительный покров	12
2. Объекты, методика исследований и объем работ	15
2.1. Объекты исследований	15
2.2. Методика исследований	15
2.2.1. Закладка высотных профилей	15
2.2.2. Определение возраста деревьев по радиальным кернам древесины	18
2.2.3. Отбор, рубка и обработка модельных деревьев	19
2.2.4. Повторное фотографирование	21
2.2.5. Оценка локальных условий местопроизрастания и изменений климатических факторов	23
2.3. Объемы выполненных работ	23
3. Оценка локальных условий местопроизрастания и изменения условий среды на стационарных высотных профилях	26
3.1. Проблема изменения климата	26
3.2. Анализ изменения климата по данным инструменталь- ных наблюдений	28
3.3. Характеристика локальных условий местопроизрастания на заложенных высотных профилях	41
4. Динамика верхней границы древесной растительности	45
4.1. Состояние вопроса	45
4.2. Оценка динамики древесной растительности на основе сравнения пар разновременных фотоизображений	54
4.3. Особенности формирования древостоев верхней границы леса	69
4.3.1. Многоснежные участки первого профиля г. Хусь- Ойка	71
4.3.2. Многоснежные участки второго профиля г. Хусь- Ойка	75

4.3.3. Многоснежные участки профиля г. Нер-Ойка.....	80
4.3.4. Малоснежные участки профиля г. Сале-Пасне-Нер	81
5. Современная структура древостоев ЭВГДР	97
5.1. Таксационная характеристика древостоев на исследуемых профилях	97
5.2. Особенности распределения деревьев по таксационным показателям	99
5.2.1. Распределение деревьев лиственницы по возрасту	100
5.2.2. Распределение деревьев лиственницы по диаметру	101
5.2.3. Распределение деревьев лиственницы по высоте	103
5.2.4. Распределение деревьев лиственницы по диаметру и длине кроны	104
5.3. Взаимосвязи таксационных показателей деревьев	105
5.3.1. Взаимосвязь диаметра и высоты деревьев	106
5.3.2. Взаимосвязь диаметра кроны с размерами стволов ...	110
5.3.3. Взаимосвязи длины кроны с размерами стволов	113
5.3.4. Зависимость размеров кроны от диаметра и возраста деревьев	116
5.3.5. Зависимость диаметра стволов от их высоты и диаметра кроны	119
5.4. Особенности формирования надземной фитомассы де- ревьев и древостоев лиственницы	127
Заключение	137
Список литературы	139
Приложение	155