

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК  
УРАЛЬСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ  
ИНСТИТУТ ЭКОЛОГИИ РАСТЕНИЙ И ЖИВОТНЫХ

*П.А. Моисеев, С.Г. Шиятов, А.А. Григорьев*

**КЛИМАТОГЕННАЯ ДИНАМИКА ДРЕВЕСНОЙ  
РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА ВЕРХНЕМ ПРЕДЕЛЕ  
ЕЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ НА ХРЕБТЕ БОЛЬШОЙ  
ТАГАНАЙ ЗА ПОСЛЕДНЕЕ СТОЛЕТИЕ**

ЕКАТЕРИНБУРГ  
2016

УДК 630.181.22. + 630.181.65  
ББК 43.4

М 74 Моисеев П.А., Шиятов С.Г., Григорьев А.А. **Климатогенная динамика древесной растительности на верхнем пределе ее распространения на хребте Большой Таганай за последнее столетие.** Екатеринбург: УрО РАН, 2016, 136 с.

ISBN 978-5-8295-0455-7

Произведена оценка изменений в составе, структуре и пространственном положении лесотундровых, лесных и тундровых сообществ, произрастающих в экотоне верхней границы древесной растительности на хребте Бол. Таганай (Южный Урал), произошедших под воздействием климатических факторов за последние 100 лет. Для оценки изменений в древесной и тундровой растительности использованы прямые методы наблюдений (дешифрирование разновременных ландшафтных фотоснимков, картографические работы с использованием топографических карт и космических снимков, повторные наблюдения на постоянных пробных площадях). Показано, что с конца XIX в. до начала XX в. климатические условия были неблагоприятными для древесной растительности, а для тундровой и луговой растительности, наоборот, благоприятными. Ситуация изменилась на противоположную в начале XX в. в связи с потеплением и увлажнением климата, которые продолжают до настоящего времени. В течение последних ста лет наблюдалась интенсивная экспансия древесной растительности в горные тундры и луга, а также увеличение густоты и продуктивности ранее произраставших древостоев. Антропогенные факторы оказывали незначительное влияние на высокогорную древесную растительность. В последние десятилетия заметно увеличилось влияние рекреации на растительность.

*Ответственный редактор*  
доктор биологических наук **В.А. Мухин**

*Рецензент*  
Член-корреспондент РАН, доктор биологических наук **Н.Г. Смирнов**

ISBN 978-5-8295-0455-7

© Авторы, 2016 г.

# ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	4
<b>Глава 1. ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ</b> .....	7
1.1. Орография и геологическое строение .....	7
1.2. Климат .....	10
1.3. Почвы .....	16
1.4. Растительность и флора .....	17
<b>Глава 2. МЕТОДИКА И ОБЪЕМ ВЫПОЛНЕННЫХ РАБОТ</b> .....	20
2.1. Методы изучения состава и структуры древостоев .....	21
2.2. Сравнение изображений древесной растительности на разновременных ландшафтных фотоснимках .....	22
2.3. Методы картирования растительности и реконструкции ее динамики .....	25
<b>Глава 3. ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ДИНАМИКА     ДРЕВЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ</b> .....	27
3.1. Гора Двуглавая .....	27
3.2. Митькины скалы и Откликной гребень .....	38
3.3. Долина Сказок и гора Круглица .....	56
3.4. Гора Дальний Таганай .....	81
<b>Глава 4. ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА И ИХ ВЛИЯНИЕ НА     ДРЕВЕСНУЮ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ</b> .....	113
4.1. Изменения климата и условий местообитаний в XIX – XXI вв. ....	113
4.2. Жизненное состояние древесной растительности на верхнем пределе своего распространения в конце XIX – начале XX вв. ....	119
4.3. Предположительная последовательность климатогенных изменений древесной растительности на верхнем пределе ее распространения на хр. Бол. Таганай .....	125
4.4. Влияние антропогенных факторов на древесную растительность .....	128
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b> .....	130
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ</b> .....	131

## ВВЕДЕНИЕ

В последние десятилетия XX в. значительно увеличился интерес мировой общественности (Конференции ООН в Рио-де-Жанейро – 1992 г., в Копенгагене – 2009 г., в Париже – 2015 г.) к изучению реакции экосистем и их отдельных компонентов на изменения климата в связи с необходимостью оценки последствий происходящего потепления во многих районах нашей планеты и разработки глобальной модели возможных изменений биосферы при продолжении этих процессов.

Существенные климатические колебания масштабом от десятилетий до столетий отмечались и ранее как для отдельных регионов, так и для всей планеты (Khotinskiy, 1984; Шиятов, 1986; Борисенков, Пасецкий, 1988; Briffa et al., 1990, 1992, 1995, 1996; Hantemirov, 1995, 2009; Shiyatov, 1995; Hughes, Graumlich, 1996; Наурзбаев, Ваганов, 1999; Mazepa et al., 2011). С начала первого тысячелетия до нашей эры климат был относительно прохладным и влажным. В Европе этот период ознаменовался сильным повышением увлажненности – количество осадков во многих районах превышало современные суммы (в Англии и Швеции примерно в 1.5 раза). В первые столетия нашей эры влажность и температура были близки к уровню середины XX в. Однако приблизительно с IX в. до XIV в. началось заметное улучшение климата, которое получило название «Средневековое потепление климата». Одновременно произошло резкое уменьшение ледовитости северных морей, что позволило викингам открыть и заселить Исландию и Гренландию (Lamb, 1965). Средневековое потепление наблюдалось в северной половине Уральских гор, свидетели которого сохранились в виде остатков стволов и корней деревьев, произраставших выше современной верхней границы леса (Шиятов, 1986; Shiyatov, 2003). С конца XIII в. климат стал более холодным и влажным, в результате чего увеличилась ледовитость северных морей, а в горах активизировались ледники. Этот холодный период, получивший название «Малый ледниковый период», продолжался до конца XIX в.

С начала XX в. началось потепление климата, которое продолжается до настоящего времени. За это время средняя годовая температура воздуха повысилась примерно на 1 °С, увеличилась влажность климата, частота катастрофических природных явлений, продолжительность вегетационного периода не менее чем на 7 дней. По мнению многих ученых, основной причиной происходящих в XX в. климатических изменений является влияние так называемого «парникового эффекта», обусловленного увеличением концентрации таких газообразных компонентов в атмосфере, как углекислый газ (CO<sub>2</sub>), метан (CH<sub>4</sub>), закись азота (N<sub>2</sub>O), водяной пар и ряда других газов. В результате потепления климата значительно сократилась площадь

горных ледников в Центральной Европе, Восточной Африке, Средней Азии, Исландии (от 10 до 50%), а площадь морских льдов в Арктике только за период с 1978 г. по 1995 г. уменьшилась на 5.7%. Средний уровень моря повысился на 0.1–0.2 м. Во многих горных районах мира наблюдалось сокращение площадей, занимаемых тундровыми сообществами (IPCC, 2014).

Многими учеными (Delcourt et al., 1992; Slatyer, 1992; de Groot, Ketner, 1994; Risser, 1995) показано, что существование экосистем, биоценозов и популяций, расположенных в пределах или вблизи лесотундрового и лесолугового высокогорных экотон, определяется главным образом климатическими факторами, поэтому они высокочувствительны к их изменениям, так как изолинии климатических градиентов, особенно температурного, располагаются на склонах гор на очень коротком расстоянии друг от друга, измеряемом часто сотнями метров.

Исследователи, изучавшие древесную растительность на верхнем пределе ее распространения в различных регионах мира, отмечают интенсивное возобновление древесных видов и смещение границ древостоев выше в горы на 30–60 м в течение последних 60–80 лет (Holtmeier, 2003; Holtmeier, Broll, 2005, 2007; Harsch et al., 2009).

Согласно мнению одних исследователей (Kearney, 1982; Jacobos, Romme, 1993; Taylor, 1995; Woodward et al., 1995; Körner, 1998, 2003; Шиятов, 1983), динамические процессы на верхнем пределе распространения древесной растительности зависят от изменений средней температуры воздуха и сумм осадков в летний период, так как они определяют интенсивность физиологических процессов в растениях в наиболее важный период их жизненного цикла. Другие (Lavoie, Payette, 1992; Weisberg, Baker, 1995; Kullman, Engelmark, 1997) отмечают, что форма роста древесных растений и выживание их на верхнем и полярном пределах произрастания во многом зависят от условий зимнего периода, в частности от высоты снежного покрова, температуры воздуха и скорости ветра, которые определяют термический режим почв и степень повреждения снежной абразией частей растений, находящихся выше уровня снежного покрова. Совсем недавно М. Харш с коллегами (Harsch et al., 2009), проведя анализ 166 публикаций по динамике древесной растительности на верхнем пределе ее распространения в различных регионах мира, сделали заключение, что наиболее существенные изменения наблюдались там, где в последнем столетии отмечалось более значительное увеличение зимних температур. Л. Куллман и Л. Оберг (Kullman, Öberg, 2009), повторно обследовав описанные в начале XX в. древостой и одиночные деревья, обнаружили, что верхняя граница редины выходит на самые высокие позиции в более многоснежных районах Скандинавии, и с 1915 г. она в наибольшей степени поднялась в горы на защищенных от ветра, вогнутых и более заснеженных участках склонов.

Южный Урал является одним из наиболее подходящих районов в мире для изучения структуры и динамики древесной растительности на верхнем пределе ее распространения по следующим причинам:

1) На всем протяжении высокогорий Южного Урала произрастают одни и те же виды древесных растений (ель сибирская (*Picea obovata* Ledeb.), береза извилистая (*Betula tortuosa* Ledeb.), лиственница сибирская (*Larix sibirica* Ledeb.), что намного облегчает проведение сравнительного анализа.

2) В отличие от многих районов мира высокогорная растительность Урала не испытывала масштабных антропогенных воздействий и развивалась в основном под влиянием естественных факторов.

3) Исследователями природы высокогорий Южного Урала, начиная с XVII в. (см. обзор: Горчаковский, 1975), накоплен значительный материал по условиям местообитаний (Иванова, 1947; Горчаковский, 1959; Горчаков-ский, Шиятов, 1971, 1973; Шиятов, 1969, 1986), структуре и высотной позиции (Игошина, 1931, 1960, 1964; Горчаковский 1966, 1975; Горчаковский, Шиятов, 1985) и динамике (Тихомиров, 1941; Горчаковский 1975; Шиятов, 1983) древесной растительности, произрастающей на верхнем пределе ее распространения (пробные площади, описания и карты растительности, наземные, аэро- и космические фотоснимки, дендрохронологические данные), что позволяет широко использовать прямые методы наблюдений и поэтому не только качественно, но и количественно оценивать происходившие изменения.

Цель настоящей работы – изучение пространственно-временной динамики древесной растительности на верхнем пределе ее распространения в северной части Южного Урала – на хребте Бол. Таганай, в связи с изменениями климата и комплекса локальных экологических условий в течение последнего столетия.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (гранты № 15-29-02449 и № 16-05-00454). Авторы выражают свою искреннюю благодарность к.б.н. Н.Б. Кошкиной и И.Г. Шевченко за помощь при сборе, обработке и анализе экспериментальных данных.

# Глава 1

## ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ

### 1.1. Рельеф и геологическое строение

Южный Урал представляет собой полициклически развивающуюся складчатую область меридионального простирания, по типу морфоструктуры и характеру геотектонического развития резко отличается от прилегающих равнин. В его пределах четко прослеживается приуроченность основных горных хребтов к антиклинальным зонам, а понижений между ними – к синклинальным (Борисевич, 1968).

Южный Урал, протягивающийся от 51°00' до 55°54' с.ш., подразделяется на две части – южную платообразную и северную гористую. На юге вблизи широтного отрезка реки Белой хребты Южного Урала в связи с погружением осей антиклинорий выклиниваются и сменяются обширными, выровненными поверхностями Зилаирского плато и плато Урал-Тау, которые сливаются, образуя Южно-Уральское нагорье. В связи с тем, что в северной части Южного Урала вздыманию Центрально-Уральского антиклинория соответствует поднятие западной зоны, где на поверхность выходят древние устойчивые породы, образующие Башкирский антиклинорий (Борисевич, 1968), приуроченная к этим антиклинориям полоса горного рельефа достигает огромной ширины (до 120 км) и представлена несколькими рядами крупных хребтов (высотой до 1200–1600 м над ур. м.). К западу от хребтов Ицыл, Уральский и Урал-Тау, являющихся водораздельными, протягивается цепочка хребтов Бол. Таганай, Уреньга, Аваляк, к которой в южной части с запада примыкает массив Иремель (1586 м). Еще западнее располагается цепь хребтов Нургуш, Зигальга, Нары и гора Ямантау (1639 м) – высшая точка Южного Урала. Эти хребты приурочены к ядру одной из антиклиналей Башкирского антиклинория.

Характерная особенность рельефа Южного Урала – наличие древних поверхностей выравнивания, поднятых на разную высоту. Поэтому здесь преобладают плосковершинные или куполовидные хребты и массивы независимо от их высоты. В наиболее высоких частях гор активны современные гольцовые процессы (морозное выветривание, солифлюкция), поэтому вершины покрыты россыпями камней (каменные моря), подчас языками спускающимися вниз по склонам и ложбинам (каменные реки). Плащ обломочного материала достигает мощности 2–5 м. На склонах развиты гольцовые нагорные террасы, которые придают ступенчатость склонам. Высота нагорных террас колеблется от нескольких метров до нескольких десятков метров, ширина – от 20–30 до 200–300 м, а длина – от десятков метров до 1.5–2 км.

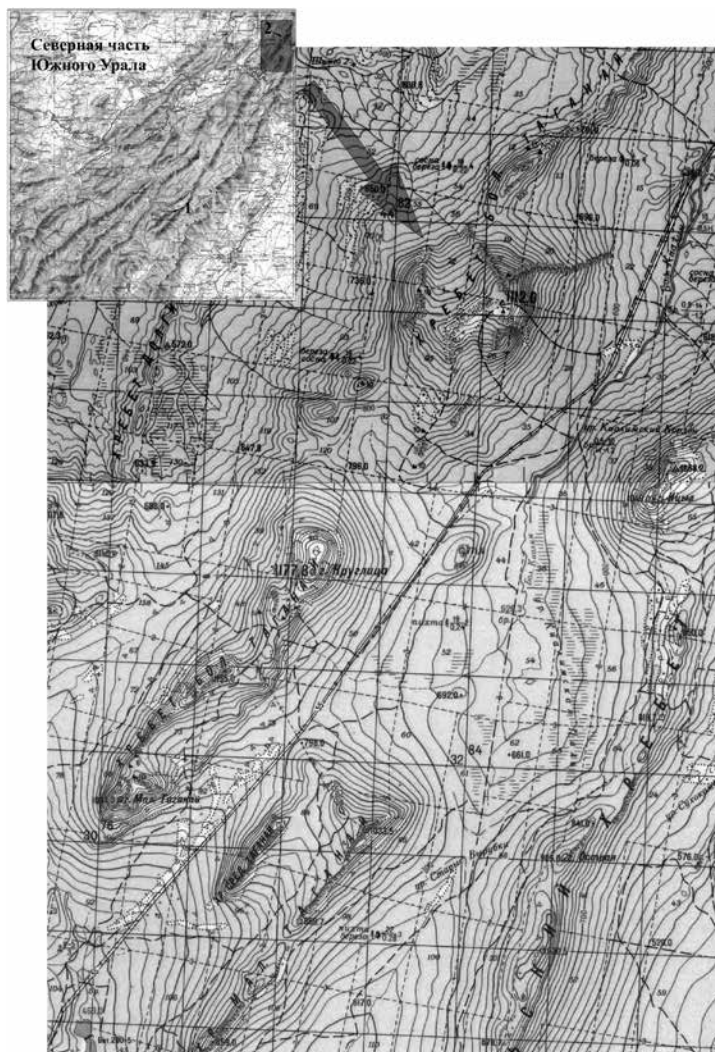
В тектоническом отношении Южный Урал является крупной линейной складчатой системой с выдержанным меридиональным простиранием основных структурных элементов (Борисевич, 1968). Здесь выделяется ряд геосинклинальных прогибов, разделенных геоантиклинальными поднятиями. Эти прогибы и поднятия существенно отличаются друг от друга по характеру строения, магматизму и степени метаморфизации пород. В областях погружений развиты главным образом палеозойские осадочные и вулканические породы, мощность которых достигает 5–10 км. Области поднятий характеризуются преимущественным развитием докембрийских пород мощностью до 8–12 км, в то время как мощность палеозойских отложений в их пределах не превышает 1.5–2 км. Области поднятий отличаются меньшей полнотой разрезов, чем прогибы, наличием крупных стратиграфических перерывов и незначительным развитием явлений магматизма. Области поднятия и погружения отделяются друг от друга зонами глубинных разломов, которые служили путями проникновения магматических расплавов, в связи с чем образовались пояса интрузий ультраосновных и габброидных пород, протягивающихся на сотни километров.

В северной части Южного Урала, в пределах Башкирского антиклинория, на поверхность выходят древние рифейские и нижнепалеозойские отложения, представленные нормальными осадочными породами, тогда как в Центрально-Уральском антиклинории – метаморфические, образовавшиеся за счет изменения различных осадочных и интрузивных пород (Борисевич, 1968). К наиболее древним породам Башкирского антиклинория относятся железистые кварциты и гнейсы тараташского комплекса, возраст которых определяется как протерозойский. Выше залегают рифейские песчано-глинистые и глинистые сланцы, кварцитовидные песчаники, известняки, доломиты и мергели. Общая мощность этих пород превышает 10 км. В южной части Центрально-Уральского антиклинория развиты отложения верхнего рифея и нижнего кембрия.

Прилегающие территории к хребту Бол. Таганай охватывают северную часть средневысотных южно-уральских горных хребтов, представляющих собой обособленный горный узел, с трех сторон переходящий в плоскогорья (рис. 1.1). Высота горных вершин этого района не превышает 1178 м над ур. м. (г. Круглица). Здесь располагаются несколько среднегорных, относительно параллельно идущих с юго-запада на северо-восток хребтов (с запада на восток): 1) хр. Назминский (наивысшая точка – 889 м), севернее его – хр. Долгий мыс, средняя высота 500–600 м; 2) хр. Бол. Таганай с четырьмя относительно крупными вершинами: Двуглавая (Малый Таганай) – 1034 и 1041 м, Откликной гребень (1155 м), Круглица (1178 м) и Дальний Таганай (1112 м), с вытянутым на северо-восток отрогом, который на севере переходит в хр. Юрма (1002 м); 3) хр. Средний Таганай (959 м) и соединяющийся с ним через плато хр. Малый Таганай (1033 м); 4) хр. Уральский



(930 м), переходящий на севере через седловину в хребет Ицыл (1068 м). Большая часть этих хребтов, кроме хр. Бол. Таганая, слабо расчленены, центральную осевую часть составляют расположенные в ее пределах вер-



*Рис. 1.1. Хребет Большой Таганай.*

шины. В верхней части хребты обычно плоские и имеют характер останцовых поверхностей – нагорных равнин, вдоль которых параллельно водоразделу местами проходят четко обрисованные скальные гребни. В отличие

от остальных у хр. Бол. Таганай отсутствует четко выраженная осевая часть и он по изогипсе 750 м разделяется на два крупных массива с вершинами-маркерами – Двуглавая–Откликной гребень–Круглица и Дальний Таганай с отрогом. По изогипсе 700 м хребет объединяется в большой конгломерат с хр. Назминский на юго-западе, с хр. Средний и Малый Таганай – на юго-востоке, с хр. Юрма – на севере.

В тектоническом отношении Таганайский горный узел лежит в пределах антиклинория Уралтау Центрально-Уральского поднятия (Геологическое строение СССР, том 3). В пределах антиклинория выделяют ряд свит геологических отложений верхнего протерозоя, из которых в районе исследований представлена Таганайская свита с выходами интрузивных пород (Геологическое строение СССР, т. 1). Она слагается устойчивыми к выветриванию толстыми, плитчатыми кварцитами (таганаитами), которым подчинены слюдяные и слюдяно-гранатовые сланцы.

## 1.2. Климат

Южный Урал подвержен воздействию различных воздушных масс: *атлантических*, более или менее влажных; *арктических континентальных*, поступающих с Карского моря и Восточной Сибири и приносящих холодную ясную погоду; *арктических морских*, поступающих с Баренцева моря и приносящих холодную сырую погоду. До гор Южного Урала доходят теплые массы тропического воздуха при выносах его в Восточную Европу, вызываемых интенсивной циклонической деятельностью на смещающемся к северу полярном фронте. Частая смена воздушных масс, взаимодействующих и порождающих при этом фронтальные процессы (на арктическом и полярном фронтах), приводит к непостоянству и частой смене погоды.

Несмотря на относительно небольшую ширину (в среднем 50–60 км) и высоту (в среднем около 1000–1200 м), горы Южного Урала являются достаточно существенным препятствием на пути движения Атлантических воздушных масс с запада на восток. Это определяет различия режима тепла и влаги на его европейских и сибирских склонах. Кроме того, деформация воздушных потоков горами вызывает изменения погоды и также способствует возникновению климатических различий территорий, расположенных западнее и восточнее Урала (Кувшинова, 1968). Наиболее заметны различия по облачности и количеству осадков (на западных склонах на 150–200 мм больше, чем на восточных), а также по режиму температуры воздуха.

Уральские горы нарушают общую картину распределения всех климатических элементов по территории Евразии, отклоняя изолинии к югу или северу, что особенно заметно при широтном направлении последних, поэтому климат Южного Урала по сравнению с соседними территориями более холодный и довольно влажный. Средняя температура января –16–17° С, а в высокогорной части –15° С. Зима на большей части территории снежная

и ветреная. При этом наблюдается резкая разница в повторяемости сильно морозных погод в Зауралье (20% и больше) и Предуралье (всего 11–17%). На восточном макросклоне лето жаркое и сухое. Средняя температура июля при движении с юга на север уменьшается с 20° С до 16° С, а в высокогорных районах она близка к 10–12° С.

Климат широких горных долин рек, открытых к северу и окаймленных относительно высокими хребтами, более контрастен, чем климат склонов прилегающих возвышенностей, особенно обращенных к западу. Поэтому средневысотный пояс горных склонов хребтов до некоторой высоты имеет более мягкий термический режим и относительно устойчивую влажность. Для всех вершин наиболее высоких хребтов достаточно четко выражены разнообразные проявления “барьерного эффекта”: обострение фронтальных климатических процессов под действием препятствий рельефа, явления адвекции и предвосхождения на наветренном склоне, “дождевой тени” и аридизация на подветренном склоне.

В южном Предуралье продолжительность солнечного сияния в год составляет 1950–2055 ч, а примерно на тех же широтах в Зауралье – 2065–2250 ч. Разная продолжительность солнечного сияния на европейском и сибирском макросклонах Урала определяется различным уровнем облачности: так, на 55° с. ш. число пасмурных дней составляет 160 на западе и 110 на востоке. Во внутренних горных частях Урала облачность бывает наибольшей и ее годовой ход несколько иной, чем у подножия гор. Такое распределение пасмурных дней обусловлено, во-первых, циркуляционными условиями и, во-вторых, восходящими движениями воздуха при западном переносе, способствующими образованию облаков на западных склонах, в то время как на восточных склонах нисходящие движения размывают облачность. Распределение облачности, задерживающей поступление тепла от солнца, заметно влияет на годовые величины суммарной солнечной радиации (на Южном Урале она колеблется от 95 до 110 ккал/см<sup>2</sup>). Так как к востоку от Уральских гор облачность меньше, то количество солнечной радиации там обычно несколько больше, чем к западу от них (в год на 5–10 ккал/см<sup>2</sup>) (Кувшинова, 1968).

Влияние рельефа на радиационный режим сложно, поскольку последний зависит не только от высоты местности, но и от экспозиции и крутизны склонов. Влияние экспозиции склонов выражается в том, что южные склоны получают тепла больше, чем северные, и даже больше, чем расположенные южнее равнины. Влияние крутизны склонов на сумму радиации различается в разные сезоны и на склонах разной экспозиции. Пологие северные склоны получают больше тепла, чем крутые, зимой и летом, южные склоны – только летом.

Южный Урал характеризуется большим увлажнением западного склона по сравнению с восточным, что связано с развитием восходящих потоков, конденсационных процессов и выпадением осадков из западных влагоносных воздушных масс при подходе их к Уралу. Особенно усиливается влия-

ние гор на процессы конденсации в зимнее время (ноябрь–март), когда на западном склоне выпадает 27–33%, а на восточном – только 16–23% годовой нормы осадков, хотя основная масса осадков выпадает летом. Более обильные осадки на западных склонах обусловлены не только общим подъемом воздушных масс по склону, но и более интенсивной конвекцией, которую усиливает макрошероховатость рельефа. На восточных склонах гор нисходящие движения воздуха размывают облачность, препятствуют конвекции, и выпадение осадков резко уменьшается. Летом, кроме закономерного увеличения количества осадков в Предуралье, отмечается смещение области максимального их выпадения шириной меньше 100 км за линию водораздела в подветренную сторону (Кувшинова, 1968). Это объясняется тем, что нисходящие движения начинаются не непосредственно над гребнями хребтов, а несколько восточнее, на их подветренной стороне. Далее на протяжении 100–150 км происходит постепенное уменьшение количества осадков. Зимой за линией водораздела количество осадков резко убывает, а затем остается почти неизменным на протяжении 100–200 км; восточнее количество осадков начинает очень незначительно увеличиваться.

В результате этих процессов годовое количество осадков на Южном Урале уменьшается с северо-запада на юго-восток с 700 мм до 250 мм, высокогорной части оно превышает 800 мм. Средние градиенты увеличения годового количества осадков с высотой изменяются до 60 мм на 100 м высоты на юге Предуралья, а в Зауралье они равны в среднем 50 мм на 100 м (Кувшинова, 1968). Величины градиентов уменьшаются по мере удаления от хребтов. На большей части Южного Урала обильные осадки выпадают при прохождении западных циклонов. Высота снежного покрова в пределах Южного Урала также увеличивается с юга на север – с 0,4 м до 0,8 м, а продолжительность его залегания составляет в среднем 170–200 дней, причем, как показали наблюдения (Кувшинова, 1968), она увеличивается на каждые 100 м высоты на 11 дней.

На Южном Урале преобладают ветры южных румбов, особенно зимой. Летом часто наблюдаются северо-западные потоки воздуха, определяемые азорским антициклоном и представляющие западную циркуляцию воздуха умеренных широт. Скорости ветра на большей части территории в среднем невелики (1–5 м/сек) (Кувшинова, 1968). Сильные ветры (со скоростями более 15 м/сек) редки; их вероятность не превышает 2%. Скорость ветра различна для разных форм рельефа, например для котловин и открытых склонов гор. Если в котловинах наиболее вероятны ветры малых скоростей – 0–1 м/сек (33%) и 2–5 м/сек (53%), а вероятность ветров со скоростями 6–10 м/сек равна только 12%, то на открытых склонах гор вероятность указанных ветров составляет 14, 47 и 31% соответственно. В итоге в горах на высоте 1100 м она составляет в среднем от 9,6 до 13 м/с. Очень сильные ветры отмечаются в горах зимой при метелях. Так, зимой на вершине г. Дал. Таганая ветры достигают скорости 40 м/сек.

Безморозный период в горах сокращается до 40–50 дней. При значительной высоте вершин на них долго лежит снег. Воздух, выхолаживаясь в ясные ночи, спускается в долины и, застываясь там, вызывает даже в июле холодные утренники и заморозки. Первые осенние заморозки обычны в первых числах сентября. Величина суточных колебаний температур определяется состоянием неба: низкая слоистая облачность, резко понижая дневные температуры и ослабляя тепловое излучение, уменьшает суточную амплитуду. Вегетационный период в горах также сравнительно короткий.

При сравнении данных, полученных при наблюдениях на метеостанциях, расположенных на вершине горы Дал. Таганай (1112 м над ур. м.) и в г. Златоусте (457 м над ур. м.), заметны существенные различия климатических условий вершин и долин в этой части Южного Урала. Так, средняя месячная температура воздуха ниже на вершинах, чем в долинах, зимой на 0.7–1.4° С, весной – на 2.8–4.1° С, летом – на 3.6–4.0° С, осенью – на 2.3–3.3° С, в среднем за год на 2.8° С (табл. 1.1), при этом минимальные различия наблюдаются в декабре–январе (0.7–0.8° С), а максимальные – в мае–июне (4.0–4.1° С). Существенные различия в теплый период года обусловлены тем, что радиационный баланс снижается с высотой на 0.5 ккал/см<sup>2</sup> на каждые 100 м, вследствие чего происходит снижение температуры на 0.54–0.64° С на каждые 100 м высоты. В зимние месяцы усиливаются инверсионные процессы (стекание и застой холодного воздуха в долины) и снижается влияние солнечной радиации на температурный режим воздуха, поэтому различия становятся минимальными.

Таблица 1.1.

**Средние месячные многолетние (1961–2000 гг.) температуры воздуха на метеостанциях Таганай-гора и Златоуст, ° С.**

Метеостанции	Месяц														
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	VI–VIII	XI–III	
Таганай	-14.5	-13.8	-8.9	-0.9	5.7	10.7	12.7	10.0	4.9	-2.5	-9.1	-12.2	11.1	-11.7	
Златоуст	-13.8	-12.4	-6.1	2.8	9.8	14.7	16.4	13.6	8.4	0.8	-6.8	-11.4	14.9	-10.1	
Разница	абсолютная	0.7	1.4	2.8	3.7	4.1	4	3.7	3.6	3.5	3.3	2.3	0.8	3.8	1.6
	на 100 м высоты	0.11	0.22	0.43	0.57	0.64	0.62	0.57	0.56	0.54	0.51	0.36	0.12	0.58	0.25

Безморозный период (температура выше 0° С) начинается в долинах на 13–14 дней раньше и заканчивается на 17–18 дней позже, чем на вершинах. В долинах больше, чем на вершинах со средней суточной температурой выше

0° С на 30 дней, выше +5° С – на 31 день, выше +10° С – на 35 дней, а средних суточных температур выше +15° С на вершинах практически не бывает. Средняя месячная относительная влажность воздуха на вершине на 7–15% выше, чем в долине. Это зависит от того, что при подъеме воздушных масс снижается их температура и соответственно повышается относительная влажность.

Анализ данных, полученных при помощи температурных датчиков, размещенных в кронах деревьев ели на высоте 2 м на различных гипсометрических уровнях на северо-западном склоне Дал. Таганая, показал, что температура воздуха в течение большей части года ниже на 0.2–0.6° С на высоте 1100 м чем на 1000 м над ур. м. (табл. 1.2), а в июле-августе, наоборот, выше на 0.1–0.2° С из-за более высокой сомкнутости крон деревьев. Температура почвы на глубине 10 см на открытых участках среди деревьев на разных высотах этого же склона отличается более существенно (на 0.3–7.4° С). В ноябре-марте средняя температура почвы на высоте 1000 м над ур. м. колеблется от 0.2 до 1.3° С, на 1050 м – от –0.2 до +0.7° С, а на 1100 м (границе редин) – от –0.2 до –7.3° С (см. табл. 1.2). Такие сильные отличия в температуре почвы в зимние месяцы обусловлены различиями в толщине снежного покрова: на границе редин и в тундре (по данным метеостанции Таганай-гора) толщина снега всего 5–20 см, а в горно-лесном и подгольцовом поясах (900–1050 м над ур. м.) – 80–150 см. В летние месяцы верхний слой почвы из-за экранирования ее кронами деревьев в сомкнутых лесах (1000–1050 м над ур. м.) прогревается меньше, чем на более открытых участках в редирах (1100 м над ур. м.), поэтому его температура оказывается ниже на 0.8–0.9° С.

Таблица 1.2.

**Средние месячные температуры воздуха и почвы (на глубине 10 см) в 2002–2003 гг. на различных высотах в южной части северо-западного склона г. Дал. Таганай.**

Высота, м над ур. м.		1100	1050	1000	Разница 1000 и 1100	1105	1050	1000	Разница 1000 и 1100
Год	Месяц	Температура воздуха, ° С				Температура почвы, ° С			
2002	XI	–7.7	–7.4	–7.1	0.6	–0.2	0.7	1.3	1.5
2002	XII	–20.4	–20.6	–20.2	0.2	–3.5	0.3	0.8	4.3
2003	I	–14.3	–14.2	–13.7	0.6	–5.5	0	0.4	5.9
2003	II	–16.8	–16.8	–16.3	0.5	–7.2	–0.2	0.2	7.4
2003	III	–9.6	–10.3	–9.6	0	–6.7	–0.2	0.2	6.9
2003	IV	–0.7	–1.1	–0.4	0.3	–1.2	–0.2	0.	1.4
2003	V	6.6	5.9	6.8	0.2	2.8	1.8	3.1	0.3
2003	VI	8.8	8.8	9.4	0.6	6.2	7.4	7.9	1.7
2003	VII	13.2	12.7	13.1	–0.1	11.6	10.7	10.7	–0.9
2003	VIII	15.6	15.1	15.4	–0.2	12.7	11.4	11.9	–0.8

В среднем в г. Златоуст выпадает годовых осадков на 212 мм меньше, чем на вершине Дал. Таганая (табл. 1.3). Это связано с тем, что склоны гор, выступая в качестве препятствия на пути влажных атлантических воздушных масс, подпруживают и несколько задерживают их, вызывают восходящие движения воздуха и обуславливают выпадение осадков при восхождении. Однако различия по суммам осадков неодинаковы в течение года: – минимальные количества наблюдаются в апреле–мае (3–4 мм), а максимальные – в июле–августе (32–37 мм), что определяется в целом возрастанием их количества в 3–3.5 раза от конца холодного к середине теплого периода года. С увеличением высоты над уровнем моря происходит увеличение месячных сумм осадков в апреле–мае на 0.5–0.6 мм и на 5–5.7 мм в июле–августе – на 100 м высоты. Значительное количество осадков в горах обуславливает большую толщину снежного покрова – в отдельные месяцы разница достигает от 3 до 12 см.

Число дней с силой ветра выше 15 м/сек на вершине больше в зимние месяцы в среднем на 26–43 дня, в весенние – на 31–35 дней, в летние – на 16–18 дней, в осенние – на 25–35 дней, в целом за год на 98–131 день, что связано с существованием приземного слоя трения воздуха. Число дней с туманами на вершинах хребтов значительно больше, чем в долине. Например на вершине Дал. Таганая число дней с туманами за год на 203 дня больше.

Таблица 1.3.

**Сравнение средних месячных многолетних (1961–2000 гг.) сумм осадков (мм) на метеостанциях Таганай-гора и Златоуст, мм.**

Метеостанция	Месяц												VI–VIII	XI–III	I–XII	
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII				
Таганай	49	38	42	45	64	97	148	121	94	83	72	57	362	258	911	
Златоуст	37	27	29	41	61	80	116	84	68	65	50	41	277	184	700	
Разница	абсолютная	-12	-11	-13	-4	-3	-17	-32	-37	-26	-18	-23	-16	-85	-73	-212
	на 100 м высоты	-1.8	-1.7	-2.0	-0.6	-0.5	-2.6	-5.0	-5.7	-4.0	-2.8	-3.5	-2.5	-13	-11	-33

Аналогичная закономерность наблюдается для числа дней с метелями: для вершин оно на 80 дней превышает этот показатель для долины. Разницы в количестве дней с грозами для долины и хребтов практически не наблюдается. Пасмурная погода более характерна для вершин хребтов (количество пасмурных дней на 41 больше, чем в долине). Однако число часов солнечного сияния несколько выше для вершин хребтов (на 54 ч), что свя-

зано с более ранним освещением вершин солнцем утром и более поздним его заходом.

### **1.3. Почвы**

Почвенный покров Таганайских высокогорий очень неоднороден (Субботина, 1976). Здесь прослеживается наиболее полный ряд высотных почвенных поясов, где можно наблюдать целую гамму переходов от самых начальных стадий почвообразования (на каменных глыбах, одетых скудным лишайниковым покровом) до хорошо сформировавшихся относительно плодородных почв горно-лесного и нижней части подгольцового поясов. На каменных россыпях и останцах формируются примитивные аккумулятивные почвы. В местах накопления мелкозема развиты горно-тундровые и дерновые горно-луговые почвы. Низкорослые и разреженные леса подгольцового пояса произрастают на дерновых горно-лесных почвах. Формирование названных категорий почв тесно связано с разрушением каменных россыпей и накоплением мелкозема.

Разрушающиеся остроконечные вершины гор окружены крупноглыбовыми каменными россыпями (курумами). Более крупный обломочный материал обычно остается на крутых склонах гор, тогда как мелкие обломки и мелкоземистые частицы скапливаются на террасах, более или менее пологих склонах, в долинах и на шлейфах россыпей. По всему Южному Уралу широко распространены крупноглыбовые каменные россыпи, которые занимают на отдельных вершинах основную часть склонов. Они очень медленно и постепенно спускаются по склонам. Смещению отдельных глыб способствуют колебания температуры, вызывающие изменения их объёма, и периодические колебания влажности грунта. Мелкоземистые частицы, возникшие в результате разрушения камней, смываются тальми и дождевыми водами и почти не задерживаются на крутых склонах, пространство между глыбами остается почти пустым или отчасти заполнено торфяной массой. Накопившиеся остатки образуют примитивную аккумулятивную почву, которая состоит из торфянистой темно-бурой массы, содержащей мелкие частицы разрушающейся горной породы. Из-за недостатка аэрации почва имеет очень кислую реакцию. Работавшие на Урале геологи (Алешков, 1937 и др.) относят образование каменных россыпей к ледниковому периоду. Хотя морозное выветривание продолжается и теперь, процесс образования россыпей в настоящее время происходит более медленно.

Горно-тундровые почвы развиты на маломощном элювии горных пород и поэтому имеют характер почвоэлювия (Погодина, Розов, 1968). В поясе распространения данных почв климатические условия суровы, поверхность не всегда хорошо прогревается и деятельность почвенных микроорганизмов ослаблена. Ввиду этого отмершие растения разлагаются очень



медленно. Верхний горизонт горно-тундровых почв перегнойно-торфянистый, в нем значительно больше разложившихся растительных остатков, чем минеральных частиц. Ясного разделения на генетические горизонты нет, по механическому составу измененная почвообразованием порода обычно суглинистая. Почвы имеют сильно кислую реакцию.

Дерново-луговые почвы характерны для подгольцового пояса. Они лучше развиты, чем горно-тундровые, особенно под крупнотравными и злаковыми лугами (Погодина, Розов, 1968), характеризуются большой мощностью (до 40–50 см), рыхло задерненной поверхностью, явным подразделением на горизонты. Перегнойный горизонт богаче гумусом, также содержит торфянистые вещества, но в меньшем количестве. В этих почвах накапливается илестая фракция; по механическому составу они среднесуглинистые, намечается пороховидная структура. Сумма поглощенных оснований значительно выше, чем в горно-тундровом поясе; реакция почвы слабокислая, и чем ниже по склону, тем более нейтральная. Количество обменных катионов Са и Mg возрастает.

Дерновые горно-лесные почвы низкорослых лесов подгольцового пояса по механическому составу глинистые и суглинистые. Они развиваются на щебнистом элювии и имеют очень однообразный профиль коричнево-бурой окраски, почти без расчленения на горизонты. Реакция кислая, высока обменная кислотность и наблюдается слабая оподзоленность.

В самой верхней части лесного пояса (под редкостойными лесами) формируются горно-луговые оподзоленные почвы (Погодина, Розов, 1968). Занятые ими площади достаточно велики и выделяются в виде контуров даже на мелкомасштабных почвенных картах. Под елово-широколиственными, реже под широколиственными травяными лесами преобладают горные серые и темно-серые лесные почвы. Среди массивов серых лесных почв встречаются горные дерново-лесные почвы под елово-мелколиственными и сосново-березовыми лесами с травяно-моховым покровом. Чаще всего они приурочены к вершинам увалов. Характерной особенностью горных дерново-лесных почв является маломощный гумусовый горизонт мощностью до 10 см и неясно выраженный горизонт В.

На Южном Урале горные дерново-лесные почвы как бы замещают горные дерново-подзолистые (Погодина, Розов, 1968). Последние встречаются в лесном поясе Южного Урала редко и приурочены к выположенным участкам склонов северной экспозиции, не образуя крупных массивов. В широких межгорных понижениях встречаются массивы торфяных болот.

#### **1.4. Растительность и флора**

В схеме лесорастительного районирования исследуемый район находится в Южно-Уральском высокогорном округе Южно-Уральской провин-

ции горных южно-таежных и смешанных лесов Уральской горной лесорастительной области. С севера по хребтам сюда заходят горные елово-пихтовые леса, с востока подступают южно-таежные березо-сосновые леса с примесью лиственницы.

В горах Южного Урала выражены следующие пояса растительности, сменяющие друг друга при движении снизу вверх: горно-степной, горно-лесостепной, горно-лесной, подгольцовый и горно-тундровый. Поскольку высота гор Южного Урала относительно невелика, набор высотных поясов здесь ограничен (от 2 до 4) и во многом определяется положением той или иной части Южного Урала в общей системе ботанико-географической зональности.

На всех вершинах хр. Бол. Таганай верхняя граница леса не достигает максимально возможной по температурным условиям высоты. Безлесие верхних частей склонов определяется в основном сильными ветрами, малоснежностью местообитаний и наличием крутых каменистых склонов и крупных каменных останцов. Верхняя граница подгольцового пояса в наиболее возвышенной части Южного Урала (массивы Иремель и Ямантау, хр. Зигальга) совпадает с изогипсами 1250–1350 м.

Верхняя граница леса в высокогорьях Южного Урала образована главным образом еловыми и пихтово-еловыми редкостойными мелколесьями паркового типа с сильно развитым травяным покровом. Березовые криволесья встречаются небольшими участками и приурочены к местообитаниям, более подверженным воздействию ветров. Лиственница (*Larix sibirica* Ledeb.) в подгольцовом поясе встречается крайне редко и нигде не выступает в роли доминанта. Более благоприятный термический режим, обилие осадков и повышенная влажность воздуха в подгольцовом поясе, как и в примыкающей к нему верхней части горно-лесного пояса способствуют пышному развитию травянистой растительности. Участки с хорошо развитым травяным покровом под пологом леса чередуются с луговыми полянами. Для горно-тундрового пояса наиболее характерны травяно-моховые тундры.

Подножия вершин хр. Бол. Таганай и их склоны до высоты 950–1050 м над ур. м занимают темнохвойные и смешанные леса. В нижних и средних частях склонов распространены смешанные леса с участками таких широколиственных видов, как клен остролистный, горный вяз, липа мелколистная. В долинах на сфагновых болотах и склонах гор от 500 до 700 м над ур. м. по окраинам каменных рек и россыпей встречаются сосновые (*Pinus sylvestris* L.) леса. В верхних частях склонов гор преобладают густые пихтово-еловые и елово-пихтовые леса, среди которых встречаются почти все их типы: сфагновые, осоково-сфагновые, долгомошники, брусничники, черничники, кисличники, липовые и сфагно-травяные, разнотравные с преобладанием горца альпийского, ельники-хвощевники, ельники-поручейни-

ки. По мере подъема в горы участие пихты в составе древостоев снижается, а ели возрастает. В качестве примеси в составе темнохвойных лесов также встречаются береза пушистая (*Betula pubescens* Ehrh.), береза повислая (*B. verrucosa* Ehrh.), осина (*Populus tremula* L.) и лиственница сибирская.

В подгольцовом поясе основными видами, образующими древостой, являются ель сибирская (доминирующий по площади вид) и береза извилистая (*Betula pubescens* ssp. *tortuosa* Ledeb.). Последняя преобладает на отдельных участках склонов. Местами на верхнюю границу леса выходят лиственница сибирская, сосна обыкновенная и пихта сибирская.

На высотах более 1000–1050 м над ур. м. встречаются тундровые и тундроподобные сообщества, основными доминантами которых являются: голубика (*Vaccinium uliginosum* L.), водяника (*Empetrum nigrum* L. subsp. *hermaphroditum* (Hagerup) Bocher), ситник трехраздельный (*Juncus trifidus* L.), овсяница овечья (*Festuca ovina* L.), ветреница пермская (*Anemone narcissifolia* L. subsp. *biarmiensis* (Juz.) Jalas), осока влагалищная (*Carex vaginata* Tausch), лишайники родов цетрария (*Cetraria*) и кладония (*Cladonia*). Крутые склоны заняты литофильными лишайниковыми сообществами. Относительно обширные участки типичных горных тундр встречаются сейчас лишь на горах Круглица и Дальний Таганай. Общая площадь тундр на них не превышает 20 га.

Флора высших сосудистых растений этой территории чрезвычайно богата – здесь произрастает около 800 видов. Поскольку рассматриваемая территория лежит в бореальной зоне, ядро флоры образовано циркумполярными бореальными видами. К ним примыкает комплекс аркто-бореальных видов, приуроченных главным образом к верховым и переходным болотам, а также к подгольцовому поясу гор (*Rubus chamaemorus* L., *Oxycoccus microcarpus* Turcz. ex Rupr.). На вершинах самых высоких гор встречаются аркто-альпийские виды. Растительность многочисленных скальных и каменных останцов (кварцитовых, гранитных) представлена своеобразной скальной флорой. Рудеральная и адвентивная флора сравнительно бедна, что говорит об относительно слабом влиянии антропогенных факторов, основными из которых являются пожары, достигавшие на г. Двуглавой и Откликном гребне подгольцового пояса, вырубка лесов и рекреация.

## *Глава 2*

# МЕТОДИКА И ОБЪЕМ ВЫПОЛНЕННЫХ РАБОТ

При изучении влияния климата на динамику лесных экосистем и их отдельных компонентов необходимо располагать данными об изменении их состава, структуры и пространственного распределения, а также климатических условий за длительный промежуток времени. Обычно методы изучения динамических явлений подразделяют на прямые и косвенные (Александрова, 1964). К прямым относят такие методы, как изучение прямых свидетельств (остатки давно отмерших деревьев, старые ландшафтные фотоснимки, аэро- и космоснимки, наблюдения на постоянных пробных площадях и профилях, анализ возрастной структуры древостоев, данные других исследователей), а к косвенным – методы, основанные на знании взаимосвязей между структурой экосистем и их отдельных компонентов с теми или иными характеристиками климата.

Наиболее достоверен и объективен метод непосредственных наблюдений на постоянных пробных площадях, требующий проведения длительных стационарных исследований, измеряемых порой десятками, а то и сотнями лет. Так как данная проблема – влияние изменений климата на структуру современных экосистем, стала актуальной сравнительно недавно, то длительные стационарные наблюдения проводились лишь в единичных случаях: на Полярном и Северном Урале (Капралов и др., 2006; Шиятов, Мазепа, 2007) и в Скандинавии (Kullman, Oberg, 2009). Во многих районах планеты (по причинам растущего антропогенного влияния на наземные экосистемы) проведение таких работ практически неосуществимо. Нами в 1999–2009 гг. были заложены на Южном Урале постоянные пробные площади с точной географической привязкой при помощи GPS и маркировкой центров и углов. Поскольку период наблюдений с момента их закладки был сравнительно небольшой, повторные исследования проводились лишь по оценке урожайности шишек и семян, а также численности проростков и всходов.

Одним из вариантов метода непосредственных наблюдений за динамикой растительности является создание серий тематических карт, отражающих горизонтальную структуру сообществ в различные временные периоды (годы, десятки и сотни лет). До сих пор детальных карт распространения древесной растительности для высокогорий Урала не создано, поэтому нами было проведено крупномасштабное картирование древостоев на склонах хр. Бол. Таганай.

Использованы были и такие прямые методы, как анализ изменений климата по данным инструментальных наблюдений на метеостанциях, расположенных вблизи районов исследований, и непосредственные наблюдения

на заложенных пробных площадях за температурой воздуха и почвы при помощи автономных термодатчиков и мини-метеостанций и за высотой снежного покрова во время максимального снегонакопления (начало марта).

Для исследования динамики древостоев на верхнем пределе их распространения на хр. Бол. Таганай мы использовали такие прямые свидетельства, как старые (исторические) ландшафтные фотоснимки (начиная с 1903 г.), топографические карты, полученные в 1950–1960-х годах, научные публикации с указанием фактических данных (например, урожайные годы, состав и высотное положение верхней границы леса и т.д.). Для реконструкции динамики древостоев применяли такие методы, как анализ возрастной структуры древостоев с привязкой времени появления деревьев к хронологической шкале.

### **2.1. Методы изучения состава и структуры древостоев**

Состав и структуру древостоев, возобновление ели, условия местообитаний в районе исследований изучали на постоянных пробных площадях и высотных профилях в пределах экотона верхней границы древесной растительности (ЭВГДР), под которым понимается переходный пояс растительности в горах между верхними границами распространения сомкнутых лесов и отдельных деревьев в тундре (Горчаковский, Шиятов, 1985; Шиятов и др., 2005), который включает несколько категорий верхних пределов древесной растительности:

1. *Верхняя граница одиночных деревьев* – линия, соединяющая кратчайшим путем самые верхние пункты произрастания одиночных древесных растений различных форм роста и возраста среди горных тундр или лугов.

2. *Верхняя граница редин* – линия, соединяющая кратчайшим путем самые верхние местонахождения отдельных деревьев или их небольших групп, а также появившиеся под их кронами подрост и виды, характерные для нижних ярусов лесных фитоценозов (сомкнутость крон деревьев 0.05–0.1, расстояние между ними от 20–30 до 50–60 м).

3. *Верхняя граница редколесий* – линия контакта между самыми верхними лесными фитоценозами и примыкающими к ним нелесными (сомкнутость крон деревьев 0.2–0.3, расстояние между ними от 7–10 до 20–30 м).

4. *Верхняя граница сомкнутых лесов* – лесные фитоценозы сомкнутостью крон деревьев более 0.4–0.5 и расстоянием между ними < 7–10 м, образующие более или менее сплошные массивы.

На северо-западном склоне г. Дал. Таганай были заложены 5 круговых пробных площадей радиусом 12.6 м (500 м<sup>2</sup>) в 1999 г. и 5 шт. радиусом 8 м (200 м<sup>2</sup>) в 2001 г. вдоль высотного градиента от 950 до 1090 м над ур. м. На каждой пробной площади для отдельного дерева (одноствольной и многоствольной форм роста) определяли вид, местоположение, высоту и диаметр

(у основания и на высоте груди) ствола, диаметр проекции кроны по двум направлениям и жизненное состояние.

Для определения календарного времени появления живых деревьев (одноствольной формы роста) или стволов (многоствольной формы роста) диаметром > 3–4 см брали буровые образцы древесины на высоте до 40 см от поверхности земли, а у усохших выпиливали диск. У каждого второго молодого дерева высотой > 0.2 м, но диаметром у основания ствола < 3–4 см на уровне корневой шейки брали поперечный диск. В лабораторных условиях каждый из 523 поперечных дисков и буровых образцов были зачищены режущим инструментом, а затем на зачищенную поверхность втирался зубной порошок для увеличения контрастности годичных колец.

Большинство образцов древесины были датированы стандартными дендрохронологическими методами визуально, так как ширина колец, их изменчивость и длительность были достаточными для сравнения с данными обобщенных хронологий, построенных С.Г. Шиятовым (1986). Для некоторых образцов годичные приросты измеряли на установке LINTAB-III. При помощи программного обеспечения TSAP-3.0 абсолютно датировали год формирования самого ближнего к центру годичного кольца. Если взятые керны не достигали центра ствола, то для уточнения года формирования центрального кольца производили расчет недостающих колец при помощи прозрачной пленки с нанесенными линиями окружностей разного размера. Поскольку возраст подроста выше 0.2 см и диаметром < 3–4 см был определен по спилам, взятым на уровне корневой шейки, то он был достоверным в наибольшей степени. Используя возраст таких деревьев и высоту их стволиков, было рассчитано уравнение регрессии зависимости между этими показателями, с помощью которого вычисляли поправки для определения более точного возраста каждого изученного нами дерева диаметром > 3–4 см.

## **2.2. Сравнение изображений древесной растительности на разновременных ландшафтных фотоснимках**

Особое внимание в работе было уделено использованию старых (исторических) и современных ландшафтных фотоснимков, сделанных с одной и той же точки, для качественной и количественной оценки пространственно-временных изменений в составе, структуре и распределении лесотундровых, лесолуговых и лесных сообществ, произрастающих в экотоне верхней границы древесной растительности.

Благодаря легкой доступности и ландшафтной привлекательности хребт Бол. Таганай посещали многие путешественники и любители природы в начале прошлого столетия (В.Л. Метенков, А.Н. Павлович, М.А. Круковский и др.), которые сделали довольно большое количество ландшафтных

фотоснимков. Их широко использовали для оформления открытых почтовых писем (открыток), а также для иллюстрации природы высокогорий Урала в различных печатных изданиях. Многие исторические фотоснимки и негативы, использованные для оформления почтовых открыток, сохранились до настоящего времени в коллекциях филокартистов и различных архивах. Значительное количество старых фотоснимков размещено в Интернете. В нашем распоряжении в настоящее время имеется свыше 40 фотоснимков, полученных в период с 1903 по 1917 гг. на хр. Бол. Таганай.

Большое количество ландшафтных фотоснимков на хр. Бол. Таганай сделано после 1950-х годов, в основном научными сотрудниками (К.Н. Игошиной в 1956 г., П.Л. Горчаковским в 1959 и 1961 гг., С.Г. Шиятовым в 1971 г., П.А. Моисеевым в 1990 г. и др.). В течение последних 20 лет массовое фотографирование производилось туристами, при этом многие снимки выложены в Интернете (Google Планета Земля). Эти фотоснимки не использовались для повторного фотографирования в связи с их небольшой давностью. Важнейшими условиями для использования старых ландшафтных фотоснимков являются знание района, календарного времени съемки и автора съемки.

Старые негативные и позитивные фотоснимки были отсканированы с разрешением не менее 300 dpi, при этом у них были устранены такие дефекты, как царапины, пятна, потемнения, осветления, пожелтения и др. при помощи программы Adobe Photoshop CS2. Поскольку большинство старых фотоснимков были черно-белыми, а современные снимки цветными, что затрудняло сопоставление характеристик древесной растительности, мы производили тонирование черно-белых цифровых изображений. Это позволило произвести более детальный анализ изменений в составе, структуре и пространственном положении древесной растительности.

Поиск точек, с которых были получены старые фотоснимки, и повторное фотографирование выполняли П.А. Моисеев и А.А. Григорьев в 2011–2015 гг. при помощи цифровых камер с фокусным расстоянием от 50 мм, позволяющих получать качественные цветные снимки.

В районе исследований, где преобладают открытые и многоплановые горные ландшафты, отыскать точку, с которой был сделан старый снимок, в большинстве случаев не представляло большой сложности. Поиск таких точек производился при помощи хорошо разработанного в топографии способа, который состоит в нахождении места пересечения двух и более линий, проходящих через хорошо заметные ориентиры на фотоснимке и местности. С помощью этого способа можно определить точку съемки с точностью до 10–15 м. Для достижения большей степени точности (1–2 м) учитывали взаимное расположение более или менее крупных объектов на переднем плане (нано- и микрорельеф, наличие камней, деревьев и кустар-

ников и их отмерших остатков). Если такие объекты отсутствовали, то производилось совмещение границ кадра, которые мы видели на фотоснимке и в рамке фотоаппарата, приближаясь или удаляясь от объекта съемки. Большую помощь в определении местонахождения точки съемки оказывали крупномасштабные топографические карты. Для каждой точки съемки определяли географические координаты с помощью GPS-приемников.

Повторная фотосъемка производилась в дни с благоприятным солнечным освещением (безоблачное небо или легкая дымка). Следует отметить, что для нахождения некоторых прежних точек съемки требовалось затратить довольно много времени. Затруднения возникали в результате закрытия вершин гор и заметных ориентиров густыми облаками, а также в связи с увеличением густоты и высоты древостоев вблизи прежней точки съемки. Положение Солнца на горизонте сильно влияет на качество изображения древесной растительности. Наиболее благоприятен для фотографирования промежутков времени с 10 до 15 ч, когда тени от деревьев наиболее короткие.

К настоящему времени на хр. Бол. Таганай повторные снимки сделаны на 107 исторических точек, из которых для анализа были отобраны снимки с 73 точек. Кроме того, использованы 7 исторических одиночных фотоснимков, показывающих угнетенное состояние древесной растительности в конце XIX в. – начале XX в. на верхнем пределе ее распространения, а также 3 современных снимка, показывающих влияние пожара, снежного покрова и вырубок на древесную растительность.

Качественные и количественные изменения растительных объектов визуально оценивали на разновременных позитивных фотоснимках, сделанных в одном и том же масштабе. К наиболее легко определяемым параметрам относятся видовой состав древостоя, высота деревьев и древостоев, диаметр стволов, густота и сомкнутость крон древесного яруса, форма роста деревьев, жизненное состояние деревьев и древостоев, наличие сухостоя и валежа, наличие подроста. На многих склонах удавалось определить величину вертикального и горизонтального смещения верхней границы распространения сомкнутых лесов, редколесий и редиин, переход одного типа лесотундрового сообщества в другой, а также изменение степени облесенности территории.

Специфика метода ландшафтных фотоснимков состоит в том, что по мере удаления от точки съемки количество оцениваемых параметров древесной растительности изменяется. Если лесотундровый и лесной фитоценозы находятся на удалении до 100 м, то можно оценить все основные параметры конкретного древостоя, включая подрост. На расстоянии от 100 до 800–1000 м некоторые параметры (диаметр ствола, подрост, семеношение, наличие валежа) определить трудно или невозможно, но зато хорошо оцениваются верхние границы распространения различных типов лесотундровых сообществ и степень облесенности территории. На большем удалении



с меньшей точностью определяются густота и проективное покрытие древесного яруса, степень облесенности территории и пространственное положение лесотундровых и лесных сообществ. На участках склонов, удаленных на 3–4 км и более, оценка состояния некоторых параметров древесной растительности производилась лишь в тех случаях, когда качество старых фотоснимков было удовлетворительным.

Анализ разновременных фотоснимков произведен на всех наиболее крупных вершинах хребта Бол. Таганай, начиная с г. Двуглавой и заканчивая г. Дальний Таганай. Местонахождение точек съемки показано на космических снимках (см. рис. 3.1–3.4). Год фотосъемки указан в верхней части каждого снимка. Под снимками приведено краткое описание изменений в древесной растительности за рассматриваемый промежуток времени.

Таким образом, анализ разновременных ландшафтных фотоснимков позволил получить ценные сведения об изменениях в составе, структуре и пространственном положении высокогорной древесной растительности на хр. Бол. Таганай за последние 110–25 лет.

### **2.3. Методы картирования растительности и реконструкции ее динамики**

На всех вершинах хр. Бол. Таганай, кроме г. Двуглавой, где произрастают или ранее произрастали горно-тундровые и горно-луговые сообщества, проводилось среднемасштабное картирование растительности в пределах ЭВГДР. На основе предварительно ортотрансформированных спутниковых снимков высокого пространственного разрешения (менее 1 м<sup>2</sup>/пикс.), сделанных в 2010–2015 гг., было произведено контурное визуальное дешифрирование по яркости и структуре изображения различных типов растительных сообществ и их сочетаний.

При создании карт в полевых условиях результаты предварительного камерального дешифрирования аэрокосмоснимков уточнялись, а на топографическую карту конкретных горных вершин наносили окончательные границы выделов растительности. Производилось описание таких характеристик местообитаний, как степень каменистости поверхности земли (в %), экспозиция (в град.) и уклон склона (в град.), сомкнутость крон древостоев (в %), состав и высота древостоя, состав и обилие подроста древесных видов, проективное покрытие поверхности кустарниковым, травянисто-кустарничковым и мохово-лишайниковым покровом и состав их доминантов. Основным критерием для выделения служили изменения более чем на 10% состава или сомкнутости доминирующих видов древесного, кустарникового и травяно-кустарничкового ярусов. На основе собранной информации была создана геоинформационная база данных, характеризующая растительность и условия местообитаний на выделах созданной карты.

Ранее нами (Капралов и др., 2006) было показано, что верхняя граница мелколесий (сомкнутость крон около 20%), описанных С.Г. Шиятовым на Тылайско-Конжаковско-Серебрянском горном массиве (южная часть Северного Урала) в 1956 г. была в среднем на 18 м выше границы, которая была отображена на топографической карте 1957 г. М 1:25000. Сравнение контуров лесных границ на ряде современных топографических карт (М 1:25000) и созданных нами картах древесной растительности для отдельных вершин Южного и Северного Урала на основе современных аэрокосмоснимков высокого разрешения (менее 1 м<sup>2</sup>/пикс.) показало что контуры границ лесных сообществ, отображенных на топографических картах, совпадают с границами древостоев с сомкнутостью крон 35–40%. Для уточнения контуров таких границ была привлечена информация, полученная при сравнении исторических и современных ландшафтных фотоснимков, аэрофотоснимков, геоботанических карт и описаний.

Количественную оценку смещения верхней границы древостоев различной сомкнутости и сокращения площадей, занимаемых горно-тундровыми и горно-луговыми сообществами, производили посредством сравнения контуров реконструированных и современных границ древостоев различной сомкнутости. Предварительно склоны изучаемых вершин разделяли на участки по крутизне, экспозиции и каменистости, после чего оценивали высотное положение древостоев в каждый отдельный временной период, полученные значения сравнивали и вычисляли величины сдвигов границ участков. Информация о площади малооблесенных и безлесных участков выше верхней границы древостоев с сомкнутостью крон 35–40% была получена при помощи инструмента создания «полигонов» в программе SAS.Планета (<http://sasgis.ru/sasplaneta/>).

### Глава 3

## ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ДИНАМИКА ДРЕВЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ

### 3.1. Гора Двуглавая

Самой южной вершиной хр. Бол. Таганай является гора Двуглавая, состоящая из Южной (высота 1034 м), и Северной (высота 1041 м) сопки. Она характеризуется крутыми каменистыми склонами и наличием большого количества крупных каменных останцов причудливой формы. На вершине Северной сопки тянется длинный гребень из останцов, который получил название «Бараньи лбы». Эта гора является наиболее доступной и чаще всего посещаемой научными сотрудниками, туристами и любителями природы. От ее подножия берет начало «каменная река» длиной свыше 4 км. С г. Двуглавой сделано большое количество ландшафтных фотоснимков, в том числе и те, что произведены до 1917 г. Нами сделаны повторные снимки всего с 12 точек, из которых в работе приведены фотоизображения с 10 точек (рис. 3.1). Изменения древесной растительности для каждой точки описаны отдельно. Год съемки указан в верхней части каждого снимка.

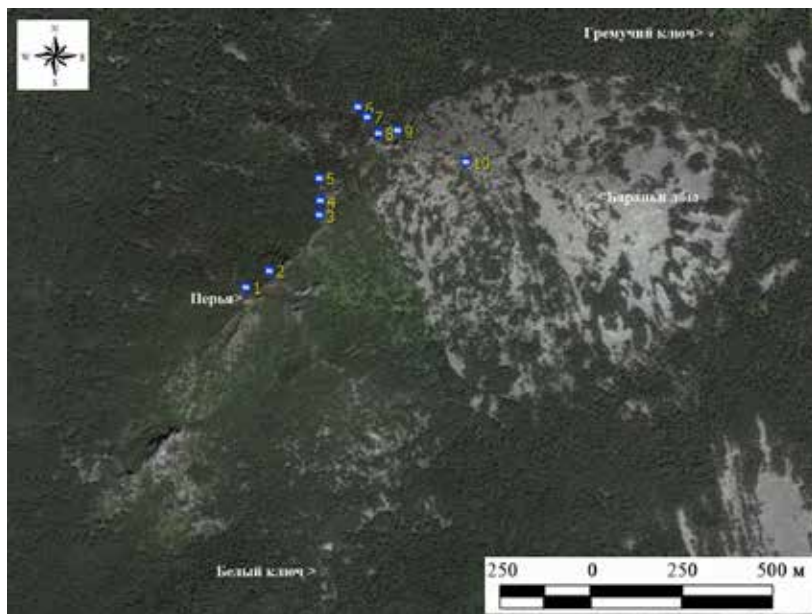


Рис. 3.1. Космический снимок г. Двуглавая. Цифрами 1–10 обозначены номера точек, с которых были сделаны повторные фотоснимки.



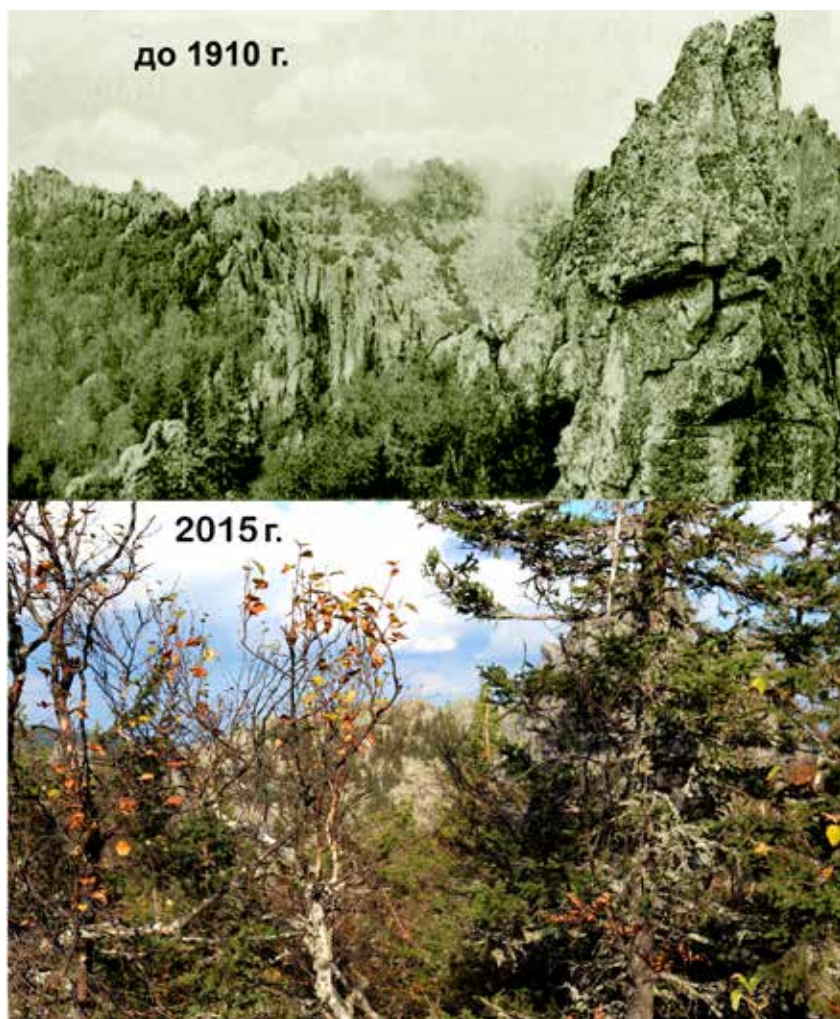
1972 г.



2012 г.

**Фото 1.** Вид с Южной сопки г. Двуглавой на север в сторону Откликного гребня. На переднем плане изображен западный склон скалистого гребня, отходящий от вершины Южной сопки и названный за причудливый вид «Перья», на втором плане – западная часть Северной сопки, на заднем плане – Митькины скалы и Откликной гребень. Верхний снимок сделан С.Г. Шиятовым, нижний – А.А. Григорьевым.

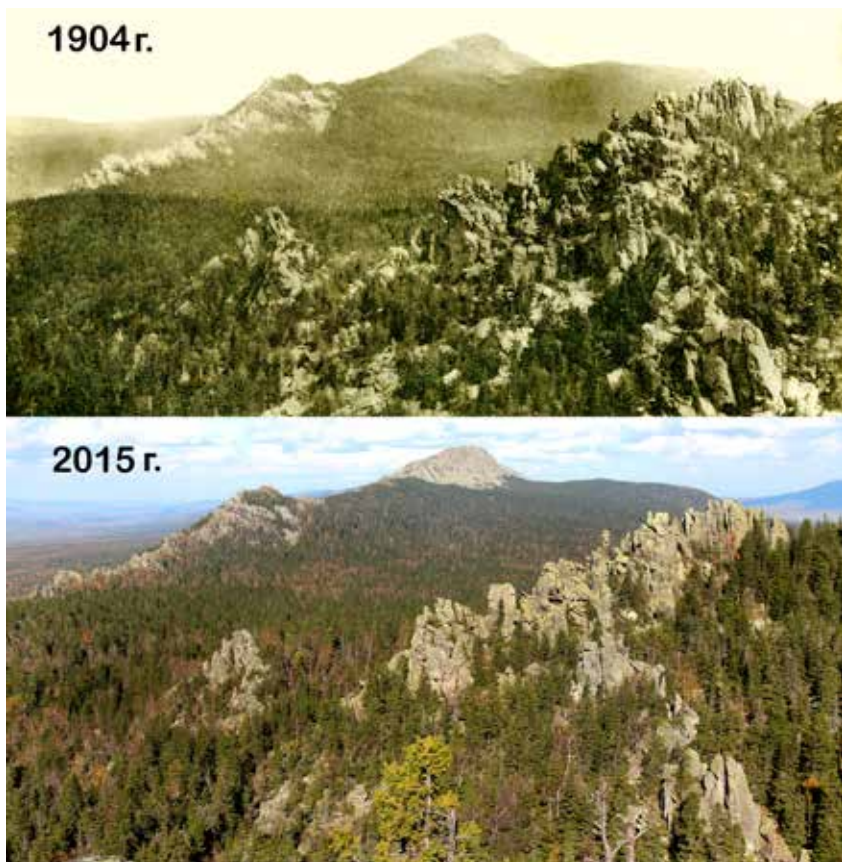
Сравнение снимков, изображенных на фото 1, показывает, что на ближнем склоне скалистого гребня за последние 40 лет на месте угнетенного редколесья сформировался сомкнутый елово-березовый лес, при этом средняя высота древостоя увеличилась на 2.5 м. Заметно облесилась водораздельная часть хребта, расположенного между Митькиными скалами и Откликным гребнем. Необлесенными остались лишь вершины крупных каменных останцов и скалистая вершина Откликного гребня.



**Фото 2.** Вид с вершины Южной сопки г. Двуглавой в направлении ее Северной сопки. Верхний снимок взят из Интернета, нижний сделан А.А. Григорьевым.

В начале прошлого столетия склоны Южной и Северной сопки были слабо облесены (фото 2). Здесь произрастали в основном березовые криволеся и угнетенные ели стланиковой формы роста. К настоящему времени у подножия скалистого гребня Южной сопки сформировалось густое березово-еловое редколесье, при этом отдельные ели достигают значительной высоты, что хорошо заметно на переднем плане снимка, сделанного в 2015 г.





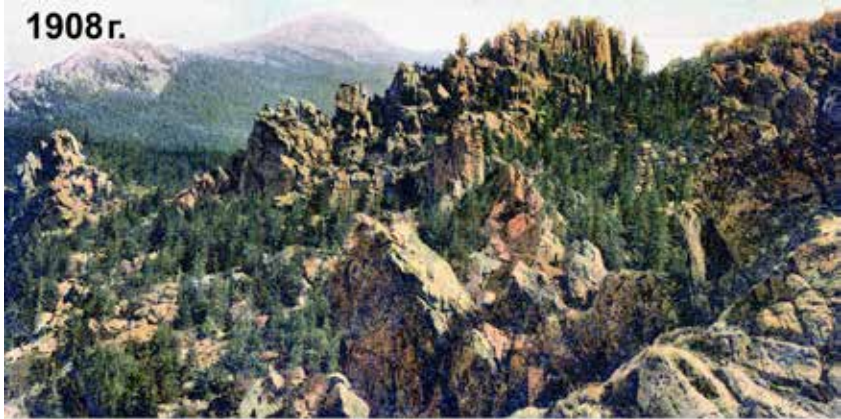
**Фото 3.** Вид с северной оконечности скалистого гребня Южной сопки г. Двуглавой. На переднем плане – западная часть Северной сопки, на заднем плане видны Митькины скалы (слева) и Откликной гребень (справа). Верхний снимок взят с открытки, выпущенной в начале XX в., нижний сделан А.А. Григорьевым.

На фото 3 хорошо видно, что в начале прошлого столетия на участках среди скал Северной сопки росли редкие елочки высотой до 2–3 м. К настоящему времени большая часть склонов вершины покрыта довольно густым еловым редколесьем, высота отдельных деревьев достигает 5–6 м. Значительно облесилась верхняя часть гребня Митькиных скал и между этими скалами и вершиной Откликного гребня. Слабо облесенными до сих пор являются вершины крупных каменных останцов, где отсутствуют условия для поселения и произрастания древесных растений.



**Фото 4.** Юго-восточный каменистый склон Северной сопки, вид с северной оконечности Южной сопки г. Двуглавой. Верхний снимок сделан В.Л. Метенковым, нижний – А.А. Григорьевым.

Сопоставление изображений на фото 4 показывает, что за последние 106 лет произошло значительное облесение каменистого склона Северной сопки. В начале XX в. в его верхней части древесная растительность практически отсутствовала, в средней части произрастали небольшие и сильно угнетенные еловые куртинки, а нижняя была покрыта редколесьем, в котором высота деревьев не превышала 2–4 м. К настоящему времени здесь сформировалось березово-еловое редколесье, сомкнутость крон которого колеблется от 40% до 60%. Высота деревьев в нижней части склона достигает 7–10 м, а в верхней – 3–4 м. Необлесенными остались небольшие сильно каменистые участки в средней части склона. Обращает на себя внимание значительное увеличение доли березы в составе древостоев, особенно в верхней части склона.



**Фото 5.** Вид на север со скалистого гребня в седловине между Южной и Северной сопками г. Двуглавой. На переднем плане – край северной оконечности гребня Южной сопки, на среднем – западная часть Северной сопки, на заднем – Митькины скалы и Откликной гребень. Верхний снимок выполнен на основе выпущенной в 1908 г. почтовой открытки, нижний сделан А.А. Григорьевым.

На фото 5 хорошо видно, что на западной оконечности гребня произошло увеличение сомкнутости крон, густоты и высоты редколесий примерно в 1.5–2 раза. В составе древостоев заметно увеличилась роль березы извилистой. Некоторые ели в 2012 г. обильно плодоносили. На переднем плане видна одна усохшая многоствольная ель. Значительно облесились вершина Митькиных скал и пологий перевал между Митькиными скалами и южной оконечностью Откликного гребня, где на месте тундры и слабо облесенных участков сформировались редколесья и сомкнутые леса.





**Фото 6.** Каменный останец на западной оконечности Северной сопки г. Двуглавой. Верхний снимок взят из книги М.А. Круковского (1909), нижний сделан А.А. Григорьевым.

Сравнение изображений на фото 6 показывает, что в 1908 г. рядом с каменным останцем произрастали одна угнетенная ель высотой около 2 м и два кустика березы. К настоящему времени здесь сформировалось березово-еловое криволесье, имеющее угнетенный вид в связи с воздействием сильных зимних ветров. Вероятно, произрастающие здесь деревья временами испытывают недостаток почвенной влаги.

до 1917 г.



2015 г.



**Фото 7.** Вид с западного края «Бараньих лбов» на скальный комплекс с каменным останцем изображенным на фото 6. Автор и точный год съемки верхнего снимка не известны, нижний снимок сделан А.А. Григорьевым.

Как видно на фото 7, в начале прошлого столетия скальный комплекс был слабо облесенным. В защищенных от ветра участках склона отдельные ели достигали высоты 3–4 м. К настоящему времени на этих участках сформировался сомкнутый березово-еловый лес, без признаков угнетения. Высота деревьев достигает 7–8 м, флагообразность крон отсутствует.



1909 г.

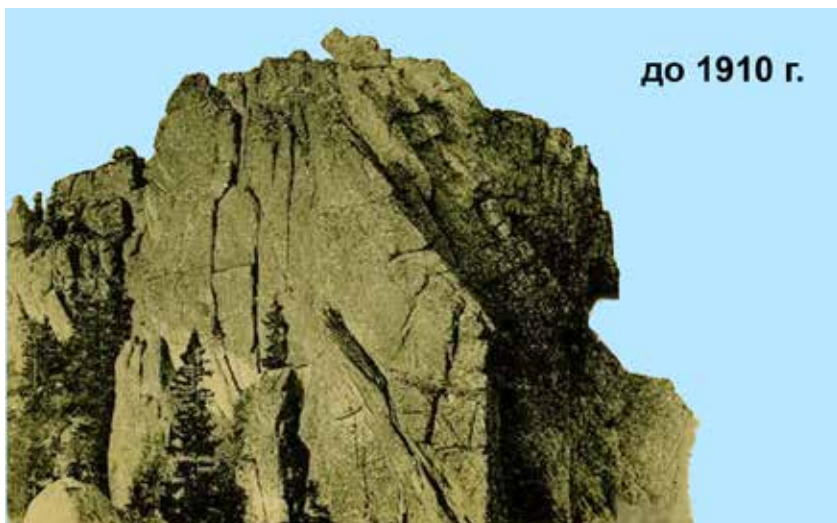


2015 г.

**Фото 8.** Вид с северного края Северной сопки г. Двуглавой на Откликной гребень и прилегающие к нему участки. Верхний снимок сделан К.Н. Теплоуховым в 1909 г. (предоставлен издательством «Каменный пояс»), нижний – А.А. Григорьевым.

На фото 8 хорошо видно, что наиболее существенные изменения произошли у восточного подножия Откликного гребня и на каменных останцах, расположенных к югу от него. На останцах в начале прошлого столетия древесная растительность отсутствовала. К настоящему времени на них произрастает сомкнутый березово-еловый лес. Лишь на небольших участках крутых каменистых склонов и верхних участках наиболее крупных каменных останцов древесная растительность отсутствует. Наиболее интенсивное облесение произошло на относительно пологих склонах у восточного подножия Откликного гребня. Здесь верхняя граница сомкнутых лесов поднялась выше по склону не менее чем на 30–50 м по вертикали.





**Фото 9.** Каменный останец в западной части Северной сопки г. Двуглавой. Верхний снимок взят из Интернета, нижний сделан А.А. Григорьевым.

В начале XX в. на каменном останце, изображенном на фото 9, росло небольшое количество елей высотой до 2–2.5 м. К настоящему времени вокруг останца сформировался довольно густой еловый древостой высотой 6–7 м. Вершины некоторых деревьев сравнялись с верхней частью каменного останца. Все деревья имеют здоровый вид, за исключением одной наиболее крупной ели, которая недавно усохла. Поскольку у нее сломана вершина, то наиболее вероятной причиной усыхания ели стал облом ствола в результате налипания в кроне большой массы мокрого снега.

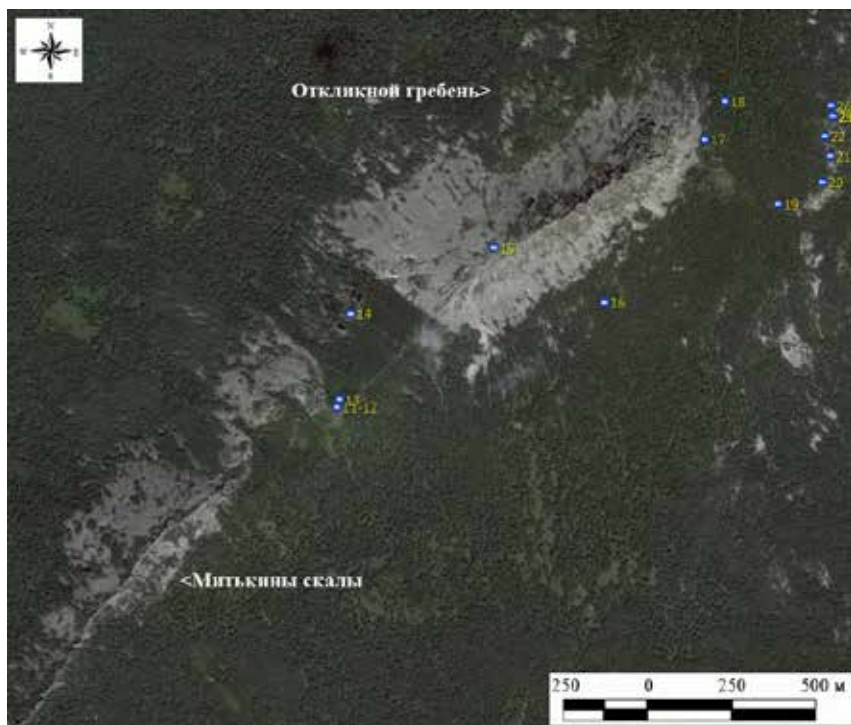


**Фото 10.** Вид с центральной части «Бараньих лбов» на северную оконечность Южной сопки г. Двуглавой. Верхний снимок взят из Интернета, нижний сделан А.А. Григорьевым.

В начале прошлого века у подножия скалистого гребня Южной сопки г. Двуглавой произрастали одиночные угнетенные ели различной высоты (фото 10). К настоящему времени эта территория покрыта березово-еловым редколесьем, при этом некоторые ели достигают высоты 8–10 м и у большинства из них отсутствуют признаки угнетения. Слабо облесенной остается лишь самая верхняя часть каменистого гребня.

### 3.2 . Митькины скалы и Откликной гребень

Севернее г. Двуглавой расположены две близко расположенные вершины: Митькины скалы (1027 м) и Откликной гребень (1155 м), которые разделены нешироким облесенным понижением (рис. 3.2). Эти вершины характеризуются наличием крутых каменистых склонов и большого количества крупных каменных останцов, особенно на восточном плече Откликного гребня. Митькины скалы – наиболее низкая вершина, поэтому древесная растительность поднимается до ее верхних частей, укореняясь в расщелинах и защищенных от ветра участках. Ниже приведен анализ изменений в древесной растительности для 16 точек.



*Рис. 3.2. Космический снимок Митькиных скал и Откликного гребня. Цифрами (11–26) обозначены номера точек, с которых были сделаны повторные фотоснимки.*



1915 г.



2011 г.



**Фото 11.** Вид на Митькины скалы с оконечности южного отрога Откликного гребня. На переднем плане изображена сильно ветрообдуваемая седловина между этими вершинами, а на заднем – северо-восточный склон Митькиных скал. Левый снимок сделан на основе старой почтовой открытки, правый – сделан П.А. Моисеевым.

В начале XX в. на водораздельной площадке между Митькиными скалами и Откликным гребнем произрастали ели стланиковой формы роста высотой 1–3 м, которые, в целом, покрывали поверхность не более чем на 20 % (фото 11). Сейчас сомкнутость древостоев составляет не менее 50%, при этом лесовозобновление продолжается, о чем свидетельствует наличие молодых берез и елей высотой до 1.5–2 м. К настоящему времени нижняя и средняя части склона Митькиных скал покрылись сомкнутым березово-еловым лесом, при этом высота деревьев достигает 5–7 м. На их восточном склоне скал вплоть до вершины, в ветровой тени, сформировались небольшие березово-еловые куртины. Западный каменистый склон покрылся елово-березовой рединой и угнетенным редколесьем. Верхняя граница произрастания сомкнутого леса и редколесья поднялась выше в горы на 50–60 м по вертикали.



1971 г.



2011 г.

**Фото 12.** Вид на Митькины скалы с оконечности южного отрога Откликного гребня с более высокой позиции, чем на фото 11. Верхний снимок сделан С.Г. Шиятовым, нижний – П.А. Моисеевым.

На фото 12 показано подножие восточного склона главной вершины Митькиных скал. За последние 40 лет произошло увеличение сомкнутости крон и высоты деревьев, в результате чего сформировалось лесное сообщество. В составе древостоя заметно увеличилась доля ели сибирской.



1971 г.

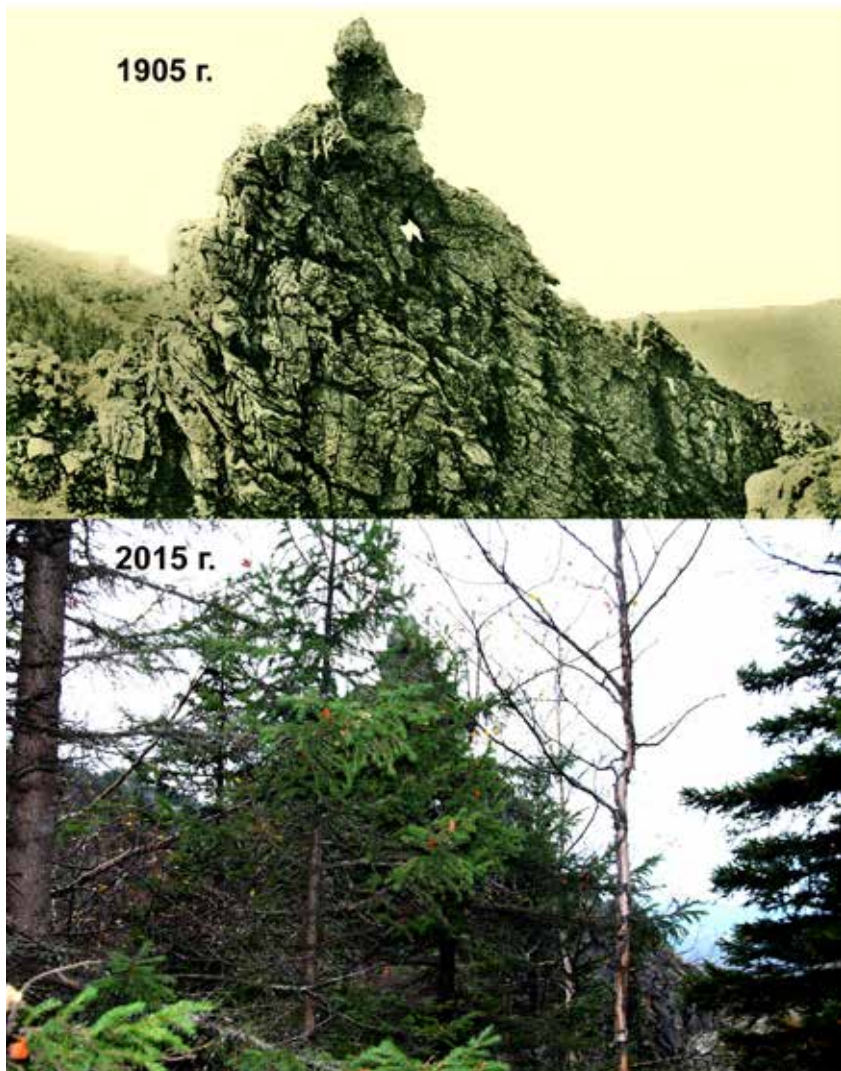


2011 г.



**Фото 13.** Вид на Откликной гребень с его южного отрога. На переднем плане изображено водораздельное возвышение южного отрога, а на заднем – южная часть Откликного гребня. Верхний снимок сделан С.Г. Шиятовым, нижний – П.А. Моисеевым.

Если в 1971 г. верхняя часть водораздельного отрога Откликного гребня была безлесной и лишь на более низких гипсометрических уровнях произрастали угнетенные березово-еловые редколесья, то к настоящему времени здесь сформировался сомкнутый елово-березовый древостой высотой до 5–6 м (фото 13). Необлесенной осталась лишь небольшая каменистая площадка. На юго-западном каменистом склоне Откликного гребня заметно увеличилась площадь, занятая березово-еловыми редколесьями.



**Фото 14.** Скалистый останец, расположенный к юго-западу от Откликного гребня на высоте 985 м над ур.м. (см. рис. 3.2). Верхний снимок взят из Интернета, нижний сделан А.А. Григорьевым.

Как видно из верхнего снимка на фото 14, в начале прошлого столетия в непосредственной близости к останцу древесная растительность отсутствовала. К настоящему времени вокруг останца сформировался березово-еловый лес, высота некоторых деревьев достигает 8–10 м, диаметр 20 см.





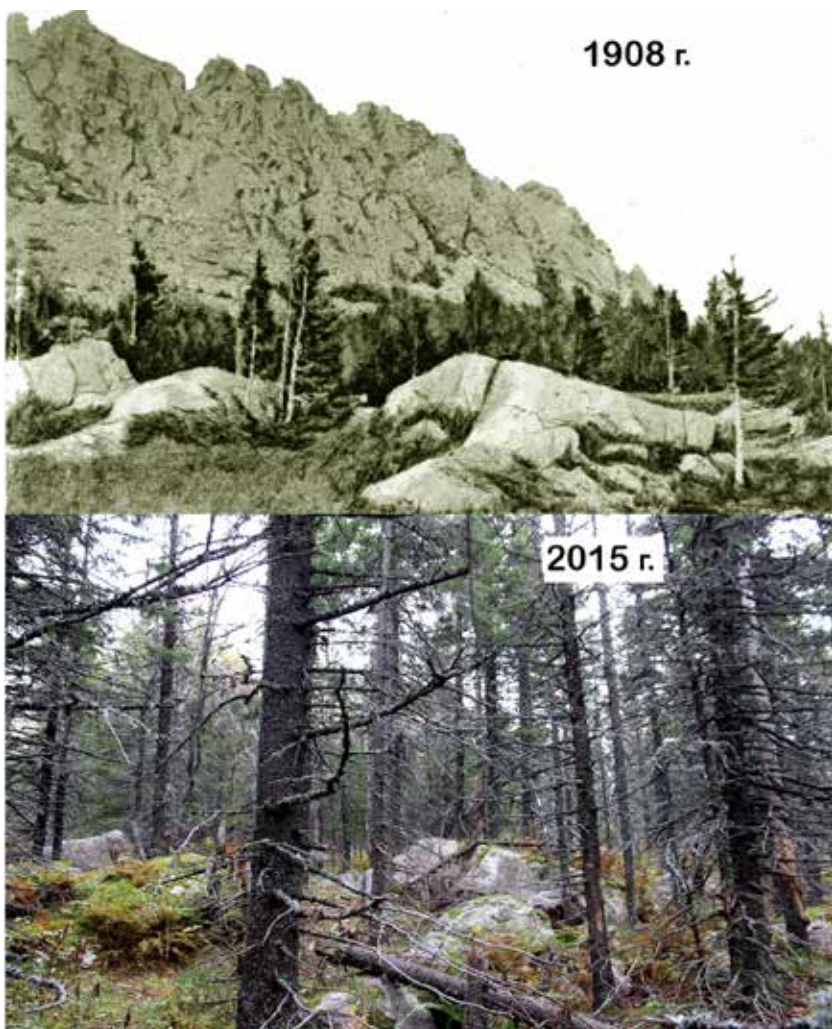
1903 г.



2012 г.

**Фото 15.** Вид на юг с точки, находящейся в 50 м от вершины Откликного гребня. С этой точки уральским художником А.К. Денисовым-Уральским в начале XX в. была написана картина. На переднем плане изображен южный склон Откликного гребня, на втором – Митькины скалы, на заднем – г. Двуглавая с двумя вершинами. Современный фотоснимок сделан А.А. Григорьевым.

На этой художественной картине (верх фото 15) и современном фотоснимке (низ фото 15) обращает на себя внимание большая схожесть изображений горного рельефа, особенно на ближнем и среднем планах. Имеются основания считать (по снимкам, сделанным с г. Двуглавой (см. фото 5 и 8), что изображение древесной растительности на картине на переднем и втором планах, соответствует реальной ситуации в начале XX в. На современном фотоснимке отчетливо видно, что все склоны южной оконечности Откликного гребня покрыты сомкнутым березово-еловым лесом. За последние 110 лет произошло поднятие верхней границы редколесий и сомкнутых лесов как минимум на 50–60 м по вертикали и 300–400 м по горизонтали.

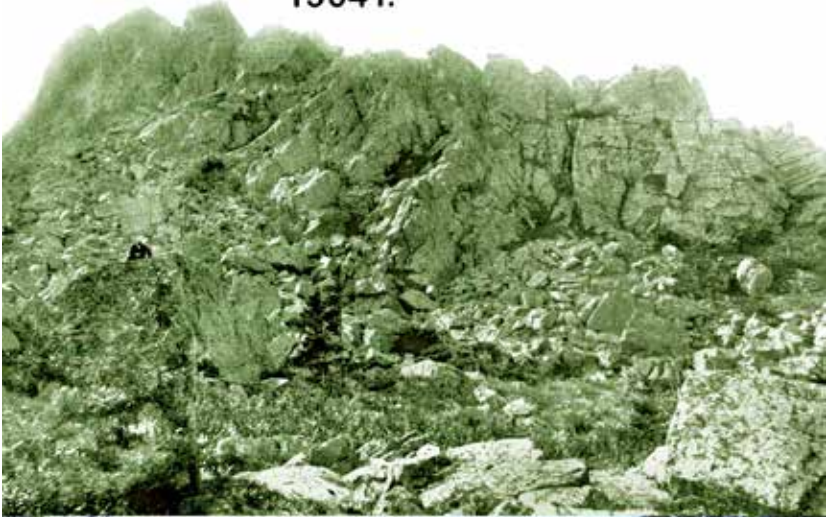


**Фото 16.** Вид на Откликной гребень с точки, находящейся в 100 м от его юго-восточного подножия. Верхний снимок сделан А.Н. Павловичем, нижний – А.А. Григорьевым. Место старой фотосъемки удалось обнаружить благодаря нахождению крупных каменных глыб, изображенных на переднем плане.

Если в начале прошлого века на этом участке произрастали угнетенные ели высотой до 2–3 м, то в настоящее время здесь сформировался довольно сомкнутый еловый древостой (фото 16). Высота отдельных деревьев достигает 12 м, а диаметр на высоте груди 15–20 см. Современный древостой закрывает крутой каменистый склон Откликного гребня, которых виден на старом снимке.



1904 г.

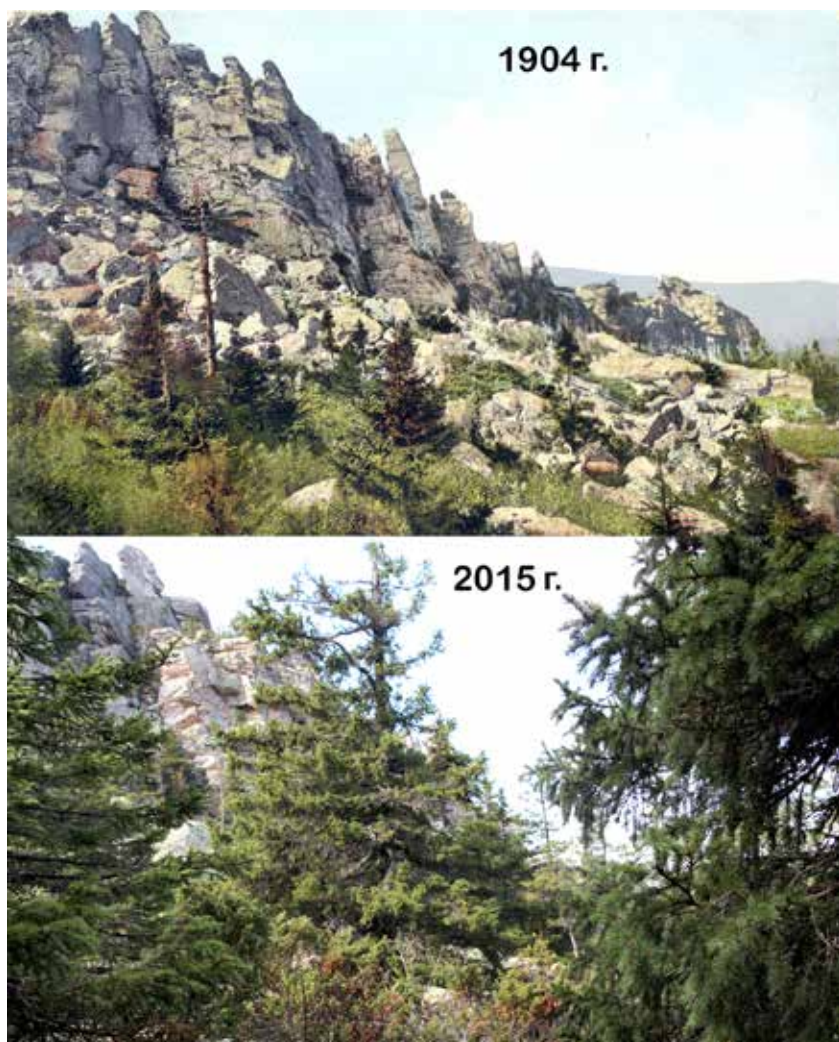


2015 г.



**Фото 17.** Вид с северо-востока на северную часть Откликного гребня. Верхний снимок сделан В.Л. Метенковым, нижний – А.А. Григорьевым.

В 1904 г. у подножия крутого склона Откликного гребня произрастало 4 угнетенные ели высотой 2–3 м (фото 17). К настоящему времени здесь сформировалось довольно жизнеспособное еловое редколесье. Высота отдельных деревьев достигает 8–10 м. У одной высокой ели выражена флагообразная форма кроны, что свидетельствует о воздействии на деревья этом участке склона сильных зимних ветров.



**Фото 18.** Северо-восточная оконечность Откликного гребня и его подножие, покрытое крупноглыбовой каменной россыпью. Верхний снимок сделан В.Л. Метенковым, нижний – А.А. Григорьевым.

В начале прошлого столетия (фото 18) в нижней части крутого склона в понижениях между каменными глыбами произрастали одиночные угнетенные молодые елочки с флагообразной формой кроны и усохшими вершинами и боковыми ветвями. В настоящее время здесь сформировалось жизнеспособное еловое редколесье, а высота некоторых деревьев достигает 9–10 м. Под пологом редколесья видны полузасохшие кусты можжевельника сибирского.





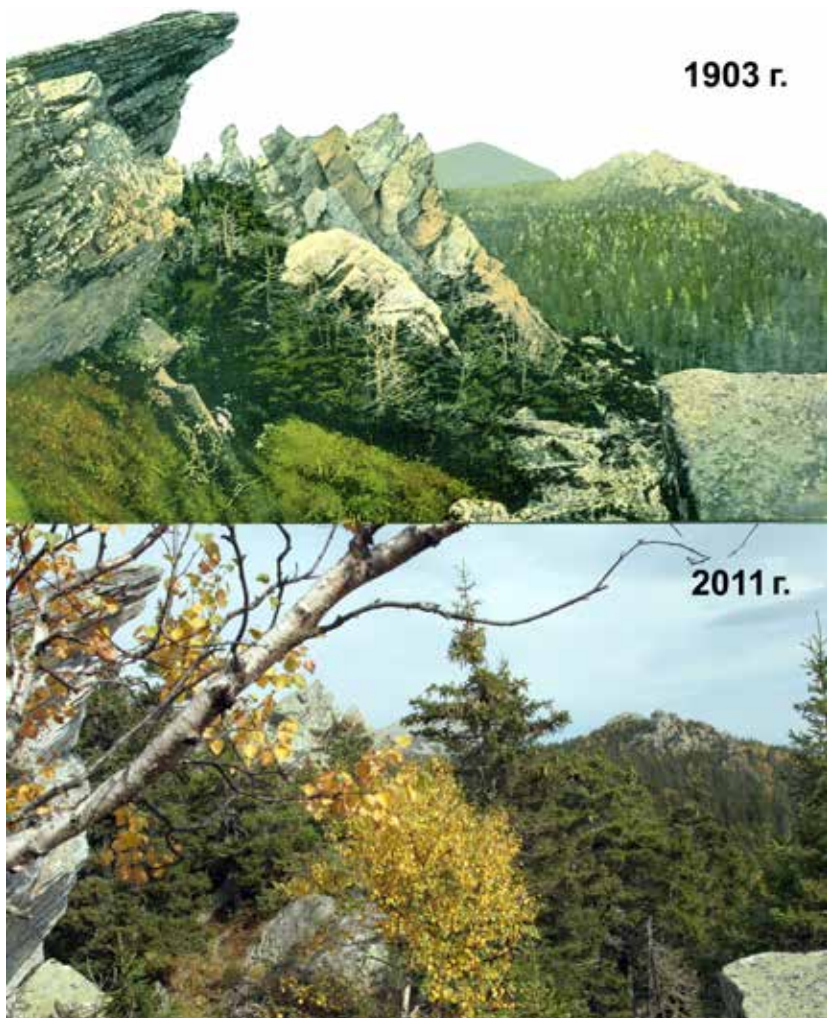
1903 г.



2011 г.

**Фото 19.** Вид в сторону Окликного гребня с его северо-восточного отрога. Верхний снимок сделан В.Л. Метенковым, нижний – П.А. Моисеевым. Точку съемки удалось найти в густом лесу (в 300 м от восточного подножия Откликного гребня) благодаря обнаружению двух крупных валунов, изображенных на историческом снимке.

В 1903 г. на участке от точки съемки до подножия крутого каменистого склона Откликного гребня произрастали небольшие куртины еловых стлаников, отдельные стволы которых достигали высоты 1–1.5 м (фото 19). У вертикальных стволиков в зоне метелевого переноса снега отсутствовали боковые ветви, многие стволы были усохшими. Это свидетельствует о том, что древесные растения на этом участке подвергались воздействию сильных зимних ветров. Через 108 лет на этом участке сформировался густой березово-еловый древостой высотой до 8–9 м и диаметром до 18–20 см без признаков угнетения.



**Фото 20.** Вид на север с каменного останца, расположенного в 430 м восточнее подножия Откликного гребня. На втором плане видна сопка высотой 1050 м над ур. м., на заднем плане – г. Круглища. Верхний снимок сделан В.Л. Метенковым, нижний – П.А. Моисеевым.

В начале прошлого столетия у основания каменных останцов росли стланиковые ели высотой до 1–1.5 м, которые к настоящему времени имеют высоту 5–7 м (фото 20). Появились две многоствольные березы. Нижняя часть склона сопки (1060 м) была покрыта еловыми древостоями небольшой высоты, верхняя часть была безлесной. К настоящему времени она полностью покрылась березово-еловым лесом, за исключением некоторых самых верхних каменных останцов.





**Фото 21.** Вид на север с другого каменного останца, расположенного в 470 м восточнее подножия Откликного гребня. На переднем плане скальный комплекс, на втором плане видны гребень с отметкой высоты 1063 м (слева) и скальные возвышения на южном отроге г. Круглицы (справа), а на заднем плане – южный склон г. Круглицы. Верхний снимок скопирован со старой почтовой открытки, выпущенной в 1905 г., нижний – сделан П.А. Моисеевым.

В самом начале прошлого века водораздельная часть седловины, соединяющей северо-восточный отрог Откликного гребня и южный отрог г. Круглицы была покрыта угнетенными еловыми редколесьями высотой 3–5 м, в которых имелось довольно много сухостоя (фото 21). На западном склоне каменистого гребня высотой 1063 м и на участке между ним и скальными возвышениями на южном отроге г. Круглицы древесный ярус был редкостойным. К настоящему времени эта территория заросла густым березово-еловым лесом высотой 6–8 м, а безлесными остались лишь осевая часть гребня высотой 1063 м и крутые стенки каменных останцов. На южном склоне г. Круглицы в его нижней части появились довольно большие еловые куртины.

1904 г.



2015 г.



**Фото 22.** Один из каменных останцов оригинальной формы на оконечности северо-восточного отрога Откликного гребня. Верхний снимок сделан В.Л. Метенковым, нижний – А.А. Григорьевым.

Как видно на верхнем снимке фото 22, на каменном останце древесная растительность отсутствовала, лишь у его основания росли угнетенные стланики ели высотой не более 1 м. Через 110 лет ситуация кардинально изменилась. У основания останца появились довольно крупные ели и одна береза, высота которых достигает 5–7 м. Кроме того, на вершине останца произрастают многостольные угнетенные ели высотой до 2–2.5 м. Ствол одной из елей был сломан и усох из-за навала мокрого снега.



**Фото 23.** Вид на Откликной гребень с его северо-восточного отрога. Место съемки расположено на небольшом каменном возвышении в 430–470 м от его подножия. Верхний снимок взят из книги М.А. Круковского (1909), нижний сделан А.А. Григорьевым.

Как видно из фото 23, в начале XX в. территория к востоку от подножия Откликного гребня была занята тундровыми и луговыми сообществами, среди которых встречались одиночные экземпляры и многоствольные куртины ели. На северо-восток ниже по склону в виде широкой полосы произрастал угнетенный, но довольно сомкнутый еловый лес. К настоящему времени этот лес стал березово-еловым, значительно более густым, высоким и продуктивным. В нижней части крутого скалистого склона Откликного гребня увеличилась площадь, занятая еловыми куртинами.



1971 г.



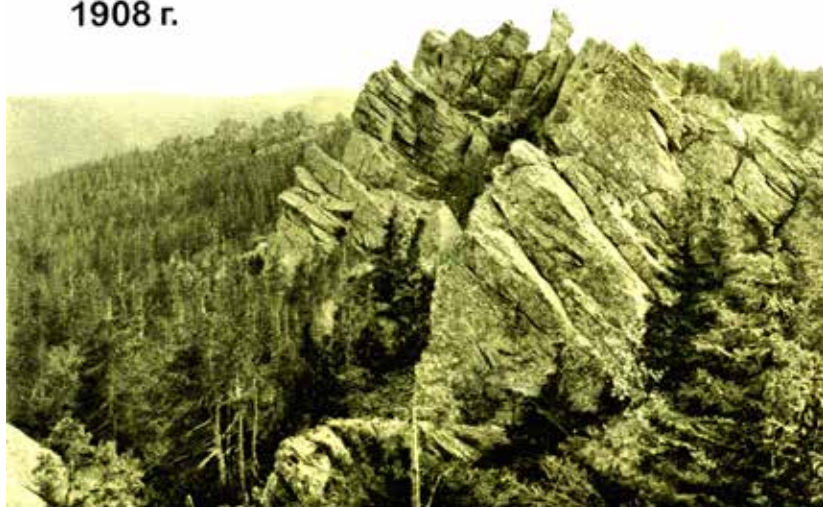
2011 г.



**Фото 24.** Вид на один из скальных комплексов на оконечности северо-восточного отрога Откликного гребня. Верхний снимок сделан С.Г. Шиятовым, нижний – П.А. Моисеевым.

За прошедшие 40 лет заметных изменений в облесенности местности, изображенной на фото 24, не произошло. В составе древостоев увеличилась доля березы и древостои стали более продуктивными.

1908 г.



2015 г.



**Фото 25.** Вид на тот же скальный комплекс, что и на фото 24, с другой стороны и расстояния. Верхнее фото сделано А.Н. Павловичем, нижнее – А.А. Григорьевым.

Как видно на фото 25, в начале прошлого века перед каменными останцами было открытое место, небольшое количество угнетенных деревьев росло в расщелинах скал. Сейчас это место заросло крупными еловыми деревьями высотой до 8–10 м, у которых отсутствуют признаки угнетения. На среднем плане склон был покрыт довольно густым редколесьем, оценить происшедшие изменения на этом склоне невозможно из-за его закрытия крупными деревьями.

1908 г.



2015 г.



**Фото 26.** Вид на север с самой крайней точки северо-восточного отрога Откликного гребня. На втором плане виден гребень с отметкой высоты 1063 м (слева) и скальные возвышения на южном отроге Круглицы (справа), а на заднем плане – южный склон г. Круглицы. Верхний снимок сделан А.Н. Павловичем, нижний – А.А. Григорьевым.



Анализ снимков, изображенных на фото 26, показывает, что вокруг расположенных на переднем плане каменных останцов росло лишь несколько угнетенных елочек, а на среднем плане склон был покрыт довольно густым редколесьем. Вершина небольшой сопки перед г. Круглицей была безлесной. В настоящее время около каменных останцов сформировалось еловое редколесье, среди которого один ствол сломался и усох в результате навала мокрого снега. Высота деревьев достигает 6–8 м, поэтому склон на среднем плане виден плохо. Вершина небольшой сопки перед г. Круглицей полностью покрылась сомкнутым лесом.

По нашим оценкам, площадь безлесных и малооблесенных участков на склонах Откликного гребня в начале XX в. была около 52 га (рис. 3.3). К югу от него (на Митькиных скалах и на его южном отроге) их площадь была близка к 56 га, а к востоку (на северо-восточном отроге) – около 35 га.

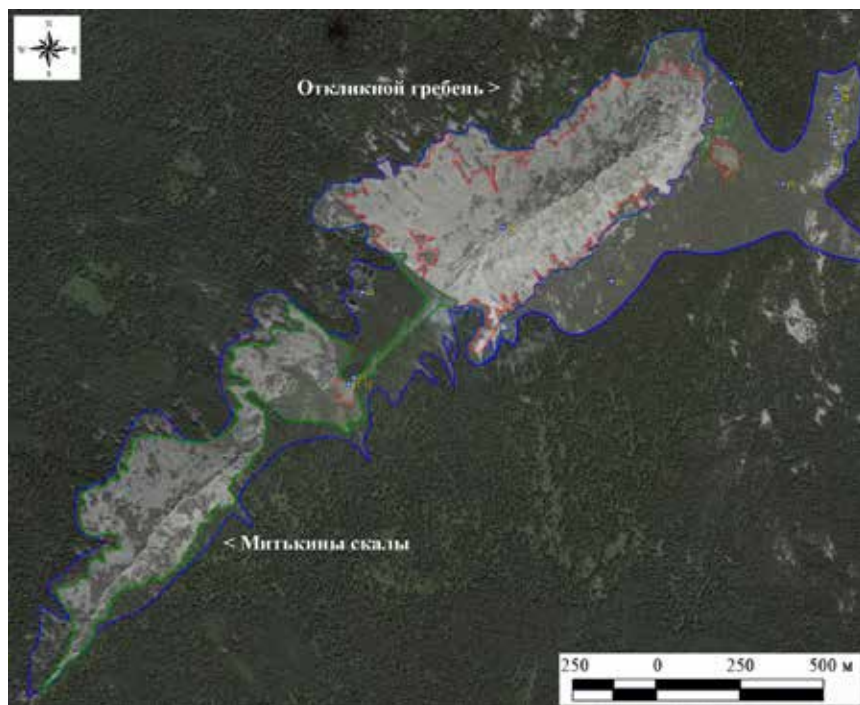


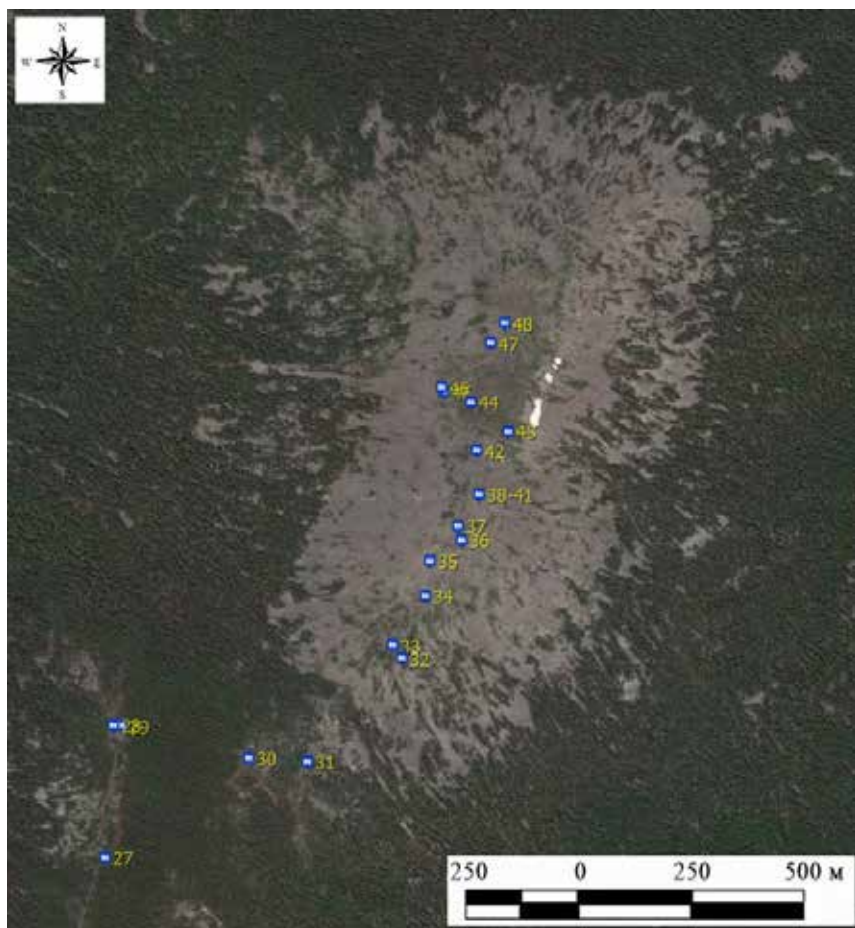
Рис. 3.3. Верхние границы древостоев с сомкнутостью крон более 40% на склонах Откликного гребня и Митькиных скал (синяя линия – в начале XX в., зеленая – в 1950–1960 гг. и красная – в настоящее время).

В 1920–1930-х годах на западных склонах в верхней части горно-лесного и подгольцовом поясах прошел пожар, и большая часть еловых древостоев погибла. Поэтому к 1955–1960 гг., к моменту создания крупномасштабной топографической карты, на которой была детально отражена верхняя граница лесных массивов с сомкнутостью крон более 40%, поднятия верхней границы древесной растительности на склонах Откликного гребня не произошло. Площадь безлесных и малооблесенных участков, расположенных южнее гребня, сократилась до 32 га (до 56%), а на северо-восточном отроге – до 1 га (до 3.5 %). К настоящему времени площадь участков с сомкнутостью древостоев ниже 40% на склонах Откликного гребня снизилась до 42 га. К югу от гребня такой участок площадью около 0.4 га сохранился лишь на склонах «Слюдяной горки», расположенной на оконечности южного отрога. На этой горке еще сохранились растительные сообщества с доминированием тундровых видов (ситник трехраздельный, овсяница овечья, голубика). На плече, расположенном северо-восточнее Откликного гребня, тундровых растений вообще не сохранилось, хотя не покрытый сомкнутым лесом участок размером около 0.6 га имеется у северо-восточного подножия, но там произрастают лесолуговые виды.

### **3.3. Долина Сказок и гора Круглица**

Наиболее высокой вершиной хр. Бол. Таганай является г. Круглица (1178 м над ур. м.). На этой вершине имеются как крутые каменистые склоны, так и пологие. Верхние части склонов подвергаются воздействию сильных зимних ветров, поэтому на вершине горы произрастают угнетенные ели стланиковой и полустланиковой форм роста. На открытых участках, где имеются слой мелкозема и горно-тундровая почва, произрастают тундровые сообщества. Можно считать, что высота этой горы совпадает с верхней климатической границей распространения древесной растительности в северной части Южного Урала.





*Рис. 3.4. Космический снимок Круглицы и Долины Сказок. Цифрами (27–48) обозначены номера точек, с которых были сделаны повторные фотоснимки.*

На г. Круглице и в Долине Сказок проанализировано 22 повторных ландшафтных снимка (рис. 3.4).



1908 г.



2012 г.

**Фото 27.** Вид на Откликной гребень с южной оконечности каменистого гребня высотой 1063 м над ур. м., расположенного в 500 м к юго-западу от подножия г. Круглица. На заднем плане виден северо-западный склон Откликного гребня. Верхний снимок взят из книги М.А. Круковского (1909), нижний сделан А.А. Григорьевым.

В начале XX в. территория, расположенная между точкой съемки, с которой сделано фото 27, и Откликным гребнем, была покрыта не очень густым березово-еловым лесом, среди которого имелись довольно крупные безлесные участки. В настоящее время на всей территории растет густой продуктивный лес, при этом на одних участках в древостое преобладает ель, а на других – береза. Ранее на северо-восточном склоне Откликного гребня, где крутой склон переходит в пологий, произрастали небольшие куртинки и одиночные ели стланиковой формы роста. В настоящее время здесь растет сомкнутый лес, в результате чего его верхняя граница поднялась выше по склону не менее чем на 30–40 м.



**Фото 28.** Северная оконечность каменистого гребня высотой 1063 м над ур. м., расположенного в 500 м к юго-западу от подножия г. Круглицы. На заднем плане видна вершина Откликного гребня. Верхний снимок взят с почтовой открытки, выпущенной в 1914 г., нижний сделан А.А. Григорьевым.

Сравнение изображений на снимках (фото 28) показывает, что в течение последнего столетия произошло значительное облесение изображенного на переднем плане каменистого склона. В начале прошлого столетия в нижней части гребня росло несколько угнетенных елочек стланиковой формы роста, у некоторых из них имелись вертикальные стволы высотой не более 1–1.5 м. К 2012 г. здесь сформировалось типичное еловое редколесье с небольшой примесью березы. Высота отдельных деревьев достигает 4–5 м, а сомкнутость крон 40–50%. Верхняя граница редколесья поднялась на 40–50 м по вертикали и 150–200 м по горизонтали, до вершины скалистого гребня.

1971 г.



2012 г.



**Фото 29.** Вид на западный склон г. Круглицы с северной оконечности каменистого гребня высотой 1063 м. Верхний снимок сделан С.Г. Шиятовым, нижний – А.А. Григорьевым.

Верхняя часть западного склона г. Круглицы покрыта крупноглыбовыми каменистыми россыпями, препятствующими расселению древесной растительности (фото 29). Лишь на небольших террасах и более пологих участках склона, где имеются мелкозем и примитивные почвы, произрастают небольшие островки и куртины еловых редколесий. За последние 40 лет среди каменистых россыпей заметно увеличилось количество куртин, а в ранее существовавших островках и куртинах увеличилась высота березово-еловых древостоев. Это хорошо заметно на большом террасовидном выступе, находящемся на юго-западном склоне г. Круглицы. Наиболее существенные изменения произошли на пологом участке северо-западного склона, на котором в 1971 г. редколесьями было занято примерно 50% территории. В настоящее время степень облесенности склона составляет не менее 80%. Заметных сдвигов верхней границы редколесий выше в горы на западном склоне г. Круглицы не произошло из-за отсутствия подходящих местообитаний для поселения и произрастания древесных растений.



1908 г.

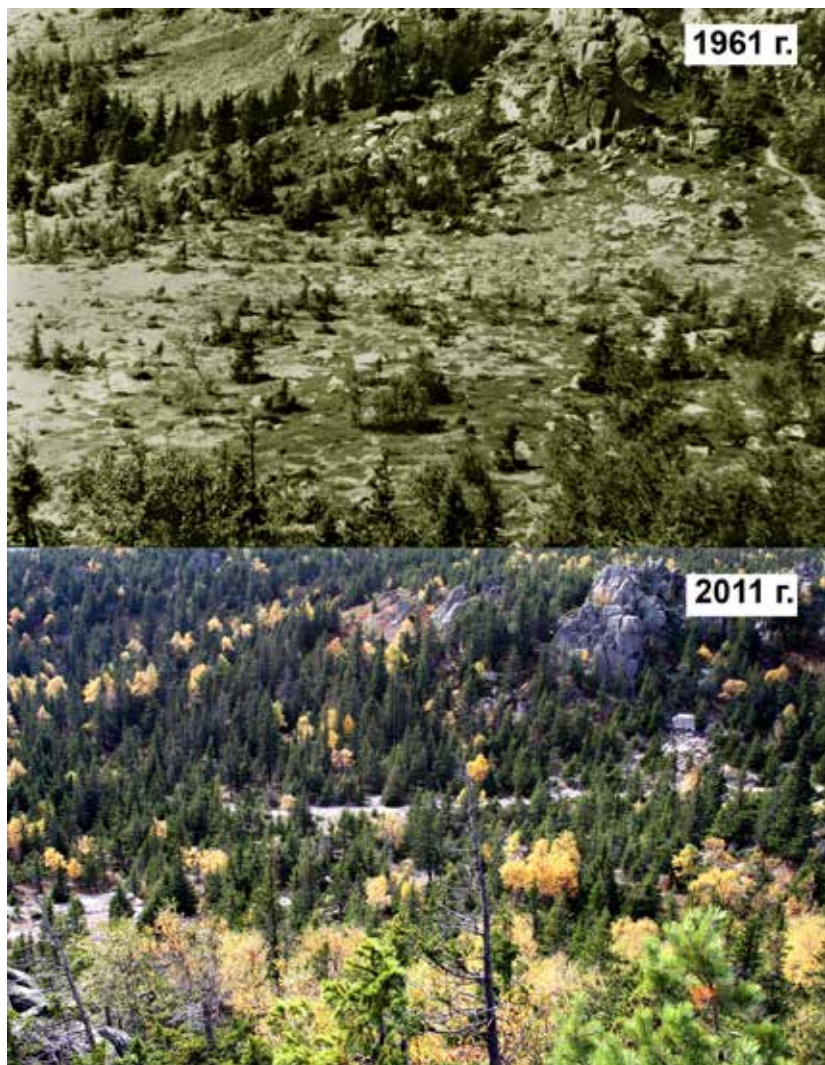


2011 г.



**Фото 30.** Вид на один из крупных каменных останцов в Долине Сказок (на южном отроге г. Круглицы). Верхний снимок сделан А.Н. Павловичем, нижний – П.А. Моисеевым.

Как видно из фото 30, в начале прошлого века у основания каменного останца росли засохшие и полужасохшие стланики ели, высота отдельных стволиков которых не превышала 1–1.5 м. Это местообитание подвергалось в прошлом воздействию сильных зимних ветров, о чем свидетельствуют флагообразные кроны и бессучковые зоны на стволиках. В настоящее время вокруг останца сформировался довольно густой еловый древостой с небольшой примесью березы высотой до 4–6 м. На вершине останца появились одиночно растущие ели высотой до 2–3 м. У современных деревьев отсутствуют видимые признаки угнетения, прирост в высоту хороший.



**Фото 31.** Вид на Долину Сказок со скального комплекса у южного подножия г. Круглицы. Верхний снимок сделан П.Л. Горчаковским, нижний – П.А. Моисеевым.

В 1961 г. ложбина и крутой каменистый склон Долины Сказок были слабо облесенными (фото 31). На дне ложбины росли одиночные и в виде небольших куртин ели высотой до 2–3 м. К настоящему времени эта территория покрылась молодым березово-еловым редколесьем, высота деревьев достигает 5–6 м. На каменистом склоне вокруг ложбины сформировался сомкнутый березово-еловый древостой.

1971 г.



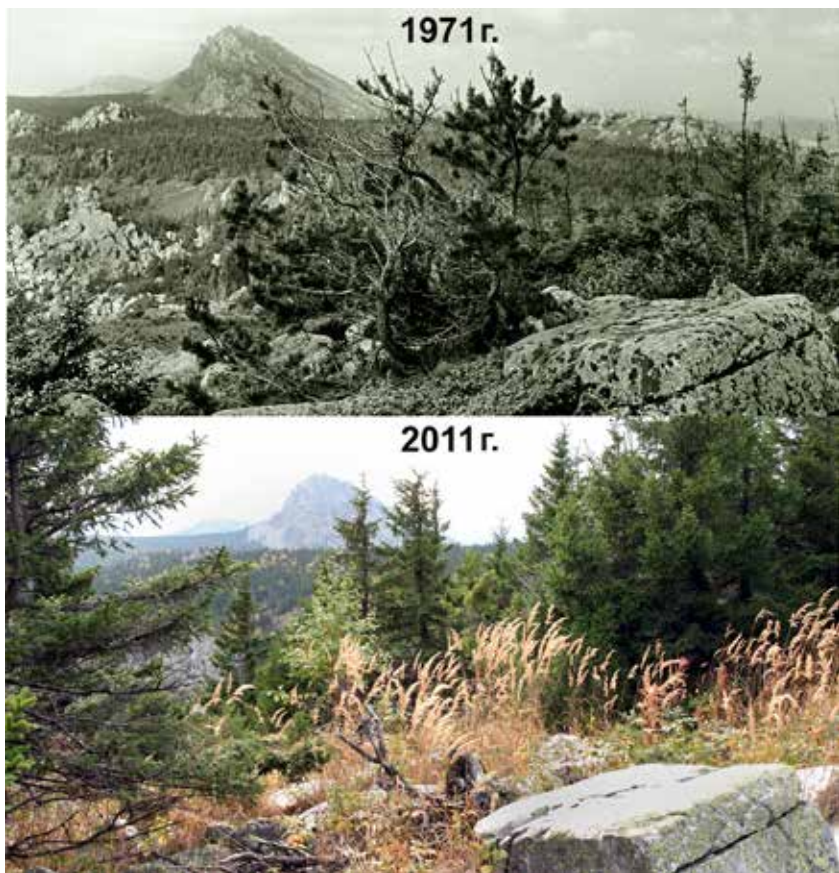
2011 г.



**Фото 32.** Вид с юго-восточного края южного террасовидного выступа г. Круглицы в сторону Долины Сказок с высоты около 1075 м над. ур. м. На переднем плане виден южный склон этого выступа, на втором плане – небольшая каменистая сопка у южного подножия Круглицы, а на заднем плане – скалистый гребень с отметкой высоты 1063 м над. ур. м. Верхний снимок сделан С.Г. Шиятовым, нижний – П.А. Моисеевым.

В 1971 г. на этом склоне г. Круглица произрастало несколько угнетенных многоствольных елей высотой до 2 м (фото 32). К настоящему времени здесь сформировалось типичное березово-еловое редколесье, верхняя граница распространения которого поднялась выше в горы не менее чем на 40 м. Большинство елей высотой до 4–5 м имеет жизнеспособный вид, лишь два крайних ствола недавно были повалены навалами мокрого снега и усохли. Расположенные на переднем плане среди каменных россыпей куртины можжевельника разрослись и стали более высокими. Оценить изменения в древесной растительности на втором и заднем планах на основе этих снимков затруднительно из-за сильного разрастания произрастающих на переднем плане многоствольных еловых древостоев.





**Фото 33.** Вид с южного террасовидного выступа г.Круглицы в сторону Долины Сказок и г. Откликной гребень. Верхний снимок сделан С.Г. Шиятовым, нижний – П.А. Моисеевым.

В начале 1970-х годов на участке склона г. Круглица, изображенном на фото 33, произрастали угнетенные деревья высотой до 2–2.5 м. На переднем плане виден многоствольный куст сосны обыкновенной, который отмер около 10–15 лет назад и от него сохранились наиболее толстые стволы. Следует отметить, что на Южном Урале сосна на верхней границе древесной растительности встречается единично, имеет сильно угнетенный вид и доживает лишь до 20–30 лет. Ель гораздо лучше переносит экстремальные высокогорные условия среды, о чем свидетельствует превращение ранее полусохших экземпляров в жизнеспособные особи высотой до 5–6 м.





1961 г.



2011 г.

**Фото 34.** Вид с южного склона г. Круглица в сторону Долины Сказок и Откликного гребня с высоты около 1110 м над ур. м. На переднем плане центральная часть южного террасовидного выступа Круглицы. Верхний снимок сделан П.Л. Горчаковским, нижний – П.А. Моисеевым.

В течение 1971–2011 гг. происходило постепенное облесение каменистой и сильно ветрообдуваемой террасы на южном склоне г. Круглица (фото 34). Если в начале 1960-х годов здесь росло несколько угнетенных стланиковых елей, то к настоящему времени сформировалось типичное еловое редколесье: сомкнутость крон древостоя составляет около 20–30%, а высота деревьев достигает 2–4 м. Значительно облесился северо-восточный крутой склон Долины Сказок и гребень с отметкой высотой 1063 м над ур. м., которые в настоящее время покрыты в основном сомкнутыми березово-еловыми лесами и редколесьями.

1961 г.



2011 г.



**Фото 35.** Вид с южного склона г. Круглица в сторону Долины Сказок и г. Откликной гребень с высоты около 1135 м над ур. м. Верхний снимок сделан П.Л. Горчаковским, нижний – А.А. Григорьевым.

За рассматриваемый промежуток времени (1961–2011 гг.) произошло существенное облесение южной оконечности г. Круглица: если раньше здесь произрастали еловые сильно угнетенные стланики высотой до 1,5 м, то к настоящему времени сформировалось довольно сомкнутое редколесье, представленное многоствольными деревцами высотой до 2–4 м. Значительно возросла сомкнутость крон на крутом северо-восточном склоне и вокруг каменных останцов в Долине Сказок (фото 35).

1959 г.



2011 г.



**Фото 36.** Вид с южного склона г. Круглица в сторону Долины Сказок и г. Откликной гребень с высоты около 1150 м над ур. м.. Верхний снимок сделан П.Л. Горчаковским, нижний – П.А. Моисеевым.

На фото 36 хорошо видно, что ранее безлесном северо-восточным склоном Долины Сказок сформировалось березово-еловое редколесье. Кроме того, существовавшие на участке между Долиной Сказок и скалистым гребнем с отметкой 1063 м над ур. м. большие луговые поляны превратились в сомкнутые лесные сообщества. Постепенно зарастает южная оконечность г. Круглица многоствольными экземплярами ели (см. передний план).





**Фото 37.** Вид с южного склона г. Круглица в сторону Долины Сказок и г. Откликной гребень с высоты около 1160 м над ур. м. На переднем плане находятся крупноглыбовые каменные россыпи этой вершины, на среднем – Долина Сказок, на заднем – г. Откликной гребень и отходящее от этой горы в северо-восточном направлении облесенное плечо. Верхний снимок сделан П.Л. Горчаковским, нижний – П.А. Моисеевым.

За прошедшие 50 лет (1959–2011 гг.) заметно увеличилась облесенность Долины Сказок, особенно крутых склонов и каменных останцов (фото 37). Возросла роль березы (желтый цвет), особенно на месте выгоревшего в 1920–1930-х годах хвойного леса на западном склоне Откликного гребня.



**Фото 38.** Вид на юг с главной вершины г. Круглица с отметкой 1178 м над ур. м. На среднем плане изображена Долина Сказок, на заднем – Откликной гребень. Верхний снимок сделан Н.И. Березиным (1909 г.), нижний – П.А. Моисеевым.

В 1909 г. водораздельная поверхность Долины Сказок была занята горными тундрами, среди которых произрастали одиночные куртины еловых стлаников (фото 38). В настоящее время эта территория покрыта сомкнутым березово-еловым лесом, верхняя граница распространения которого поднялась на 60–80 м. Продвинулась выше в горы и верхняя граница сомкнутого елового леса у подножия восточного склона Откликного гребня. Более пологий северо-западный склон гребня в настоящее время покрыт крупным массивом березового леса (на снимке он изображен желтым цветом), который сформировался после прохождения пожара в 1920–1930-х годах.



**Фото 39.** Вид с главной вершины г. Круглица на ее восточный крутой склон. Верхний снимок сделан П.Л. Горчаковским, нижний – П.А. Моисеевым.

На крутых и сильно каменистых склонах, каким является восточный склон г. Круглица, верхняя граница редколесий и сомкнутых лесов проходит по более низким гипсометрическим уровням. Несмотря на это, за последние 50 лет верхняя граница распространения древесной растительности все же несколько продвинулась выше по склону (фото 39). Произошло увеличение размеров деревьев и сомкнутости крон ранее существовавших древостоев, что привело к подъему границы сомкнутых лесов на 20 м.





1909 г.



2011 г.

**Фото 40.** Вид с главной вершины Круглицы на север. На переднем плане виден восточный край платообразной северной части этой горы и ее восточный каменистый склон, на заднем – г. Дал. Таганай. Верхний снимок сделан М.А. Кружковским (он изображен на верхнем снимке), нижний – П.А. Моисеевым.

В течение последних 100 лет (1908 – 2011 гг.) на восточном каменистом склоне г. Круглица произошли незначительные изменения древесной растительности из-за сильной его каменистости: несколько увеличилась площадь, занимаемая островками еловых редколесий, а также увеличилась высота деревьев и диаметр их крон (фото 40). Более существенные изменения произошли на пологом склоне, расположенном выше крутого склона. Если в конце 1910-х годов здесь произрастали одиночные ели стланиковой формы роста, то в настоящее время сформировались куртины и участки редины, представленные в основном многоствольными елями высотой до 2–3 м. Большая часть юго-восточного склона г. Дал. Таганай ранее была пройдена рубками, на вырубках обильно возобновилась береза.





**Фото 41.** Вид с главной вершины г. Круглица на ее северную платообразную часть. Верхний снимок сделан П.Л. Горчаковским, нижний – А.А. Григорьевым.

За последние 50 лет произошло существенное облесение как северной платообразной части г. Круглица, так и ее северо-западного склона (фото 41). Если в 1961 г. на седловине произрастало несколько стланиковых елей высотой не более 1 м, то к настоящему времени здесь сформировалась редица из многоствольных и одноствольных деревьев. Образовалось несколько крупных еловых куртин, высота вертикальных стволиков достигает 2–3 м. В начале 1960-х годов на северо-западном каменистом склоне несколько куртин стланиковой ели были вытянуты вдоль склона, т.е. господствующего направления ветров. Сейчас куртины стали более крупными и густыми, в них имеется большое количество вертикальных стволиков высотой до 3–4 м. Появилось несколько новых небольших еловых куртин. Восточный склон северной части вершины ранее был практически безлесным, наблюдалось лишь несколько небольших куртин ели стланиковой формы роста. Сейчас там сформировалась редица, состоящая из многоствольных и одноствольных деревьев высотой до 2–3 м.



**Фото 42.** Вид с северного склона главной вершины г. Круглица, где на каменистой россыпи произрастает одиночная многоствольная лиственница. На среднем плане видна северная часть горы, а на заднем – г. Дал. Таганай. Верхний снимок сделан П.Л. Горчаковским, нижний – П.А. Моисеевым.

Лиственница, произрастающая в высокогорьях Южного Урала, обычно имеет угнетенный вид и образует небольшое количество мелких шишек. По-видимому, причиной ее угнетения является недостаток света в связи с частым закрытием вершин гор плотными облаками и туманами. Изображенная на фото 42 лиственница высотой более 2 м как в 1961 г., так и в настоящее время имеет угнетенный вид и флагообразную крону. В то же время появившаяся у основания этой лиственницы одноствольная ель имеет вполне жизнеспособный вид. На восточном склоне северной части г. Круглица поселилось довольно много елей многоствольной и одноствольной форм роста высотой до 2–3 м.



**Фото 43.** Северная платообразная часть г. Круглища с небольшим каменным останцом на вершине. Верхний снимок сделан С.Г. Шиятовым, нижний – П.А. Моисеевым.

Как видно на снимках (фото 43), в начале 1970-х годов на платообразной части вершины произрастало несколько еловых стлаников высотой до 0.5 м. В течение последних 40 лет здесь происходило интенсивное возобновление ели. Древесные растения на этом склоне испытывают крайне неблагоприятное воздействие сильных зимних ветров, свидетельством этого является наличие флагообразных крон практически у всех поселившихся елей. Однако условия для поселения и роста молодых елей за рассматриваемый промежуток времени улучшились.





1961 г.



2011 г.

**Фото 44.** Вид на северо-западное подножие главной вершины г. Круглица с ее северной платообразной части. На переднем плане изображен южный край платообразной части горы, на втором – северо-западный склон главной вершины. Верхний снимок сделан П.Л. Горчаковским, нижний – П.А. Моисеевым.

Южный край платообразной части г. Круглица в начале 1960-х годов был безлесным, лишь на более крутом каменистом склоне произрастали еловые стланики высотой до 1 м, а на горизонте, на подветренном склоне, росли более крупные куртины, у которых вертикальные стволы достигали высоты 2 м (фото 44). К настоящему времени на платообразной части появились многоствольные и одноствольные ели высотой до 2–3 м. На каменистом северо-западном склоне еловые многоствольные стланики превратились в куртины, причем занятая ими площадь увеличилась примерно в 2 раза.

1961 г.



2011 г.



**Фото 45.** Вид на главную вершину г. Круглица с ее северо-западного склона. Верхний снимок сделан П.Л. Горчаковским, нижний – П.А. Моисеевым.

В течение последних 50 лет происходило довольно интенсивное расселение ели как в пределах седловины, так и на более крутом каменистом склоне (фото 45). Сильно угнетенные еловые стланики превратились в более крупные многоствольные куртины – высота отдельных стволиков достигает 2–3 м. Около одной из еловых куртин вырос куст березы высотой 1.5 м. Значительно увеличились размеры и плотность многоствольных еловых куртин в верхней части каменистого склона и даже на вершине.





**Фото 46.** Вид на северо-западный склон г. Круглица с края ее платообразной северной части. Верхний снимок сделан П.Л. Горчаковским, нижний – П.А. Моисеевым.

Сопоставление изображений на фото 46 показывает, что за последние 50 лет произошло значительное увеличение густоты, сомкнутости крон и продуктивности древостоев на менее каменистом и пологом участке северо-западного склона г. Круглица. Увеличились густота и высота вертикальных стволиков в расположенных выше куртинах, а также занимаемая ими площадь. Заметно возросла роль березы в составе древостоев. Сейчас сомкнутые древостои поднимаются по ложбинам почти до платообразного участка северной части вершины.



1961 г.



2011 г.

**Фото 47.** Вид с южного подножия каменистой возвышенности в северной части г. Круглица. На переднем плане изображены платообразный участок северной части и западный склон главной вершины горы, на заднем – каменистый гребень с отметкой 1063 м над ур. м. и г. Откликной гребень. Верхний снимок сделан П.Л. Горчаковским, нижний – П.А. Моисеевым.

На платообразном участке северной части и западном склоне главной вершины г. Круглица в начале 1960-х годов произрастали одиночные еловые стланики, у некоторых из них имелись вертикальные стволы высотой до 1.5 м (фото 47). К настоящему времени здесь сформировалась еловая редина с единичной березой, состоящая из многоствольных и одноствольных деревьев высотой до 3–4 м. На переднем плане увеличилась высота можжевельника и занимаемая им площадь.



1961 г.



2011 г.

**Фото 48.** Вид с вершины каменистой возвышенности в северной части г. Круглица. На заднем плане виден Откликной гребень. Верхний снимок сделан П.Л. Горчаковским, нижний – А.А. Григорьевым.

В начале 1960-х годов западный склон главной вершины г. Круглица был практически безлесным, произрастали одиночные еловые стланики высотой до 0.5 м (фото 48). К настоящему времени на этом склоне сформировались небольшие многоствольные куртины высотой до 1.5–2 м и появилось довольно много молодых елей многоствольной и одноствольной формы роста высотой до 1–1.5 м. Древесные растения на этом склоне подвержены влиянию сильных зимних ветров. На платообразном участке сформировалась еловая редина с сомкнутостью крон 15–20%.

Точно сказать, какая площадь участков, не покрытых сомкнутыми лесами (меньше 40%), на крутых каменистых склонах г. Круглица была в начале XX в., так как в нашем распоряжении было крайне мало фотоснимков, отражающих ситуацию в этот период. По нашим расчетам, она была близка к 130 га. К югу от подножия г. Круглица, в Долине Сказок, площадь малооблесенных участков в начале XX в. была около 40 га. Пожаров в 1920–1930-х годах здесь не было, как, например, на западном склоне Откликного гребня, поэтому к 1955–1960 гг., изменения были более выраженные, при этом площадь не покрытых сомкнутыми лесами участков в Долине Сказок сократилась до 18 га, а на каменистых и крутых склонах г. Круглица – до 120 га.



К настоящему времени площадь таких участков в Долине Сказок уменьшилась до 1 га (около 3 % от первоначальной), а на г. Круглица до 78 га, при этом участки, где преобладают растительные сообщества с доминированием типичных тундровых видов (голубика, водяника, ситник, овсяница), имеют площадь не более 9 га. Видимо, к середине XXI в. не покрытыми сомкнутыми лесами останутся в этом районе лишь крутые, каменистые склоны г. Круглица (около 40 га), а тундроподобные сообщества возможно сохранятся на платообразном участке к северу от ее главной вершины (см. рис. 3.5).

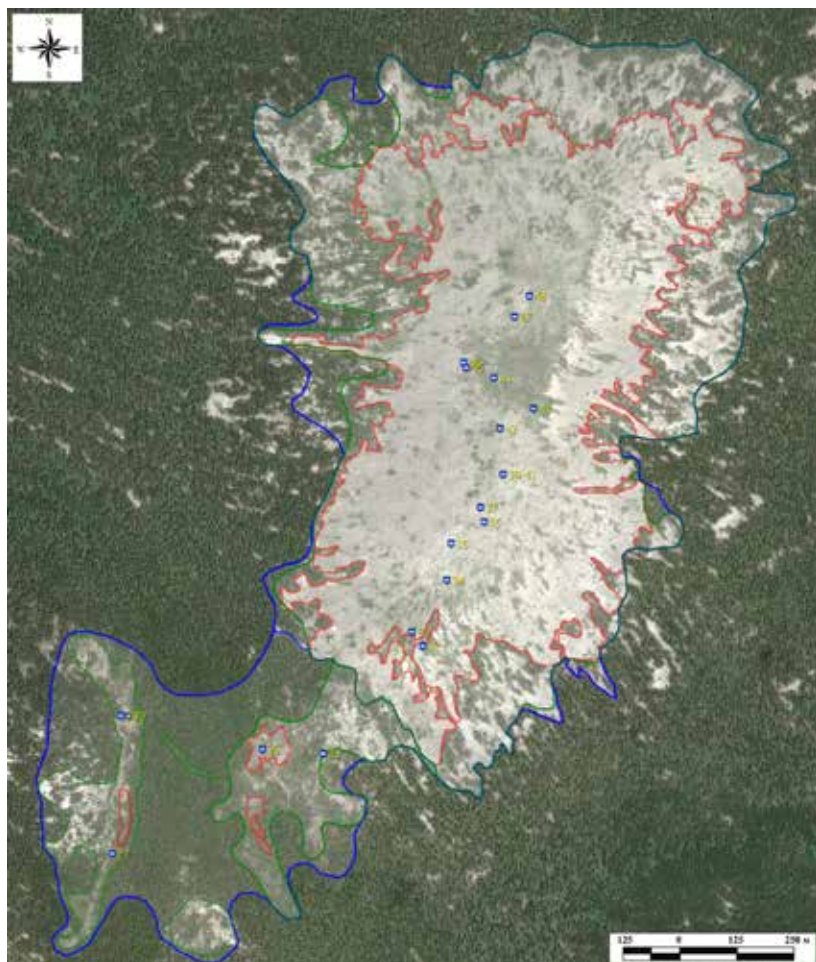
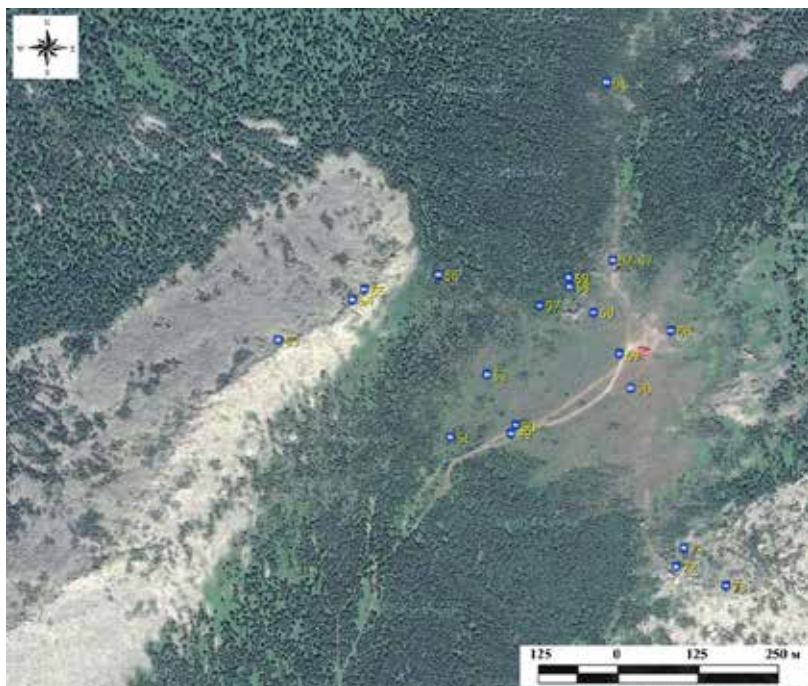


Рис. 3.5. Верхние границы древостоев с сомкнутостью крон более 40% на склонах г. Круглица и в Долине Сказок (синяя кривая – в начале XX в., зеленая – в 1950–1960 гг., красная – в настоящее время).

Как видно из проведенного выше анализа, граница древостоев с сомкнутостью крон выше 40% в районе Откликного гребня и г. Круглица была в начале XX в. значительно ниже современной – на высотах между 900 и 1000 м над ур. м. (см. рис. 3.3 и 3.5). К середине XX в. на слабо- и среднекаменистых склонах произошло поднятие границы сомкнутых лесов выше в горы на 20–50 м, в результате чего тундровые сообщества практически полностью исчезли на северо-восточном отроге Откликного гребня и в Долине Сказок.

### 3.4. Гора Дальний Таганай

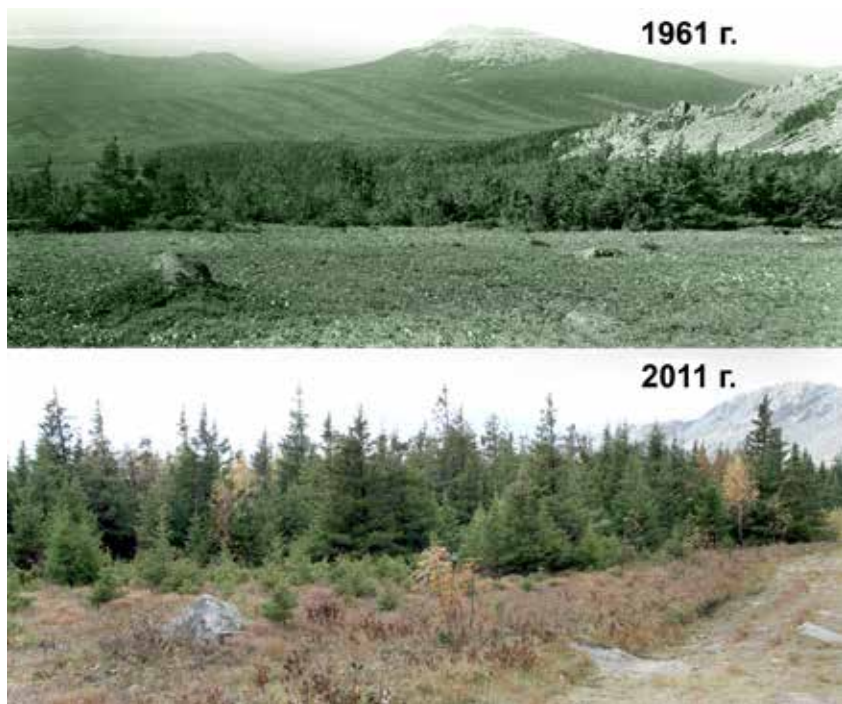
Гора Дальний Таганай (1112 м над ур. м) является наиболее крупной горной вершиной, расположенной в северной части хр. Бол. Таганай. По высоте она немного уступает Круглице (1178 м) и Откликному гребню (1155 м). Для нее характерно наличие нескольких длинных каменистых гребней, отходящих веерообразно от вершины. Наиболее крупный гребень, длиной более 2 км, состоящий из крупноглыбовых каменных россыпей и останцов, находится на юго-западном склоне. Вершина горы состоит из пологой сопки, на которой произрастают тундровые сообщества и одиночные угнетенные деревья ели и березы.



*Рис. 3.6. Космический снимок центральной части г. Дал. Таганай. Цифрами (49–73) обозначены номера точек, с которых были сделаны повторные фотоснимки.*



На вершине горы в 1932 г. была открыта метеостанция (Таганай-гора), которая прекратила свое существование в 2008 г. От Киалимского кордона на вершину горы проложена грунтовая дорога. На Дал. Таганая были использованы повторные ландшафтные фотоснимки с 24 точек (№ 49–73). В отличие от других вершин здесь отсутствуют фотоснимки, сделанные до 1917 г., но зато имеется большое количество снимков, полученных в период с 1956 по 1990 гг. (рис. 3.6).



**Фото 49.** Вид с грунтовой дороги, проходящей по южному склону г. Дал. Таганай. Определить место съемки помог крупный валун, лежащий недалеко от дороги. На втором плане видна южная оконечность юго-западного скалистого гребня Дал. Таганая, а на третьем – г. Круглища. Верхний снимок сделан П.Л. Горчаковским, нижний – П.А. Моисеевым.

На верхнем снимке фото 49, сделанном в 1961 г., видно, что верхняя граница редколесий находилась примерно в 60 м от дороги. В настоящее время стена сомкнутого березово-елового леса подступила прямо к ее краю. При этом высота отдельных елей достигает сейчас 6–7 м. Около стены леса имеется большое количество елового подроста высотой до 1 м и через 10–15 лет на этом участке может сформироваться сомкнутое лесное сообщество.



**Фото 50.** Вид с грунтовой дороги, идущей на вершину г. Дал. Таганай к метеостанции Таганай-гора. Верхнее фото сделано С.Г. Шиятовым, нижнее – П.А. Моисеевым.

В начале 1970-х годов участок рядом с дорогой в сторону юго-западного гребня (фото 50) был покрыт тундровым сообществом, в котором росли одиночные стланиковые ели высотой до 0.5 м. Ближе к гребню произрастало угнетенное еловое редколесье, в котором высота деревьев не превышала 3–4 м. На каменистом крутом склоне гребня древесная растительность отсутствовала. В настоящее время на тундровом участке сформировалось молодое редколесье, высота деревьев достигает 5–6 м без признаков угнетения. Лесовозобновительный процесс продолжается на более изреженных участках редколесья, о чем свидетельствует наличие молодых елей высотой до 1.5–2 м. Редколесье закрывает задний план, поэтому оценить изменения в древесной растительности у подножия гребня по современному снимку представляется невозможным.



**Фото 51.** Вид со старой дороги, идущей к роднику, в сторону подножия восточного склона скалистого гребня, расположенного на юго-западном склоне г. Дал. Таганай. Верхний снимок сделан С.Г. Шиятовым, нижний – П.А. Моисеевым.

В средней части юго-западного гребня г. Дал. Таганай имеются ложбины, по которым древесная растительность поднимается почти до его вершины (фото 51). В начале 1970-х годов на склоне гребня произрастали куртины различного размера, состоящие из многоствольных и стланиковых елей. Высота отдельных стволиков не превышала 1.5–2 м. К настоящему времени куртины стали более густыми, а высота стволиков достигает 3–4 м. Интенсивное облесение произошло у подножия гребня, где увеличилась площадь, занятая еловым редколесьем, а также сомкнутость крон и высота древостоев (до 6–8 м).





**Фото 52.** Вид в сторону южной оконечности юго-западного скалистого гребня г. Дал. Таганай. Верхний снимок сделан П.Л. Горчаковским, нижний – П.А. Моисеевым.

В конце 1950-х годов участок в сторону старой дороги был занят горной тундрой, в пределах которой произрастали одна ель высотой 6 м и несколько елей стланиковой формы роста (фото 52). Верхняя граница редколесий и сомкнутого леса находились на значительном удалении от места съемки (около 150 м). В настоящее время около одиночного дерева сформировалась большая куртина сомкнутого леса, при этом возраст деревьев уменьшается по мере удаления от центра куртины. Процесс облесения тундры продолжается и в настоящее время, о чем свидетельствует наличие довольно большого количества жизнеспособных молодых деревьев и подроста на современном снимке.





**Фото 53.** Вид с точки, расположенной на северной оконечности юго-западного скалистого гребня г. Дал. Таганай. На заднем плане изображен западный склон центральной вершины горы с отметкой 1112 м над ур. м. (рядом со зданием бывшей метеостанции). Верхний снимок сделан П.Л. Горчаковым, нижний – П.А. Моисеевым.

Сравнение изображений на разновременных снимках (фото 53) показывает, что на юго-западном склоне за последние 52 года произошло превращение еловой редины из многоствольных и одноствольных елей в сомкнутый березово-еловый лес, за исключением участков у подножия гребня и на центральной вершине горы. На этом склоне верхняя граница сомкнутых лесов поднялась выше в горы на 30–40 м. Западный склон северного отрога центральной вершины за прошедшие годы зарос практически полностью. Росшие на скальной крутой стенке (передний план) несколько куртин можжевельника не увеличились в размерах.

1990 г.



2011 г.



**Фото 54.** *Панорамный вид с северной оконечности юго-западного скалистого гребня г. Дал. Таганай на ее центрально-ральную вершину и южный пологий склон. Снимки сделаны П.А. Моисеевым.*

Несмотря на небольшой промежуток времени между съемками (20 лет), на фото 54 хорошо видны изменения в облесенности на южном склоне Дал. Таганая (фото 54). Если в 1990 г. на этом склоне преобладали березово-еловые редколесья, то в настоящее время сообщества сомкнутых березово-еловых лесов. Роль березы в составе этих лесов увеличилась. Прораставшие в верхней части склонов одиночные многоствольные еловые куртины сильно разрослись и совместно с молодыми одноствольными елями сформировали типичное редколесье. Безлесной осталась лишь вершина горы с отметкой 1112 м над. ур. м. и восточный край южного склона.



1956 г.



2012 г.

**Фото 55.** Вид с вершины юго-западного скалистого гребня г. Дал. Таганай на южный склон главной сопки. Верхний снимок сделан К.Н. Игошиной, нижний – П.А. Моисеевым.

В середине 1950-х годов на этом склоне произрастало не более 20–30 еловых куртин высотой до 1–2 м (фото 55). В настоящее время в нижней части склона произрастает густой березово-еловый лес (сомкнутость крон до 75%, средняя высота древостоя 5–7 м), а в средней части – березово-еловое редколесье (сомкнутость крон 30–40%, средняя высота древостоя 2–4 м). На этих участках имеется довольно много молодых деревьев и подроста. Кроме верхней части южного склона, не облесился также небольшой хорошо увлажненный участок у подножия гребня, где происходит сток талых и дождевых вод, способствующий произрастанию высокопродуктивного луга, который препятствует возобновлению древесных растений.





1959 г.



2012 г.

**Фото 56.** Вид на северную оконечность юго-западного скалистого гребня г. Дал. Таганай. Верхний снимок сделан П.Л. Горчаковским, нижний – П.А. Моисеевым.

Обычно в течение зимы у подножия северной оконечности гребня скапливается мощный сугроб снега, таяние которого задерживается, что сокращает длительность вегетационного периода. В течение последних 50 лет здесь происходило постепенное формирование молодого березово-елового редколесья (фото 56). Процесс лесовозобновления продолжается, о чем свидетельствует наличие молодых деревьев и подроста ели. Если климатические условия будут благоприятными для роста и развития древесных растений, то через 15–20 лет здесь может сформироваться сомкнутое лесное сообщество.



1956 г.



2012 г.



**Фото 57.** Вид на центральную вершину г. Дал. Таганай (1112 м над ур. м.) с ее юго-восточного склона (в 170 м от метеостанции). Точку съемки удалось найти благодаря выступающим над пологом древостоя каменным останцам, расположенным на вершине горы. Верхний снимок сделан К.Н. Игошиной, нижний – П.А. Моисеевым.

В 1956 г. здесь (см. фото 57) произрастала еловая редина, высота угнетенных деревьев не превышала 2.5 м. Большую часть участка занимало тундровое сообщество. В настоящее время произрастает достаточно сомкнутый березово-еловый лес. Высота отдельных деревьев составляет 5–6 м.



1971 г.



2012 г.

**Фото 58.** Оригинальной формы каменные останцы в 100 м к юго-западу от центральной вершины г. Дал. Таганай («Кепка Ильича»). Верхний снимок сделан С.Г. Шиятовым, нижний – П.А. Моисеевым.

В начале 1970-х годов около каменных останцов древесная растительность отсутствовала (фото 58). Лишь на заднем плане, на удалении около 20 м, росли угнетенные ели многоствольной формы роста высотой до 2.5 м. Через 40 лет вокруг каменных останцов появились ели и березы высотой до 4 м, имеющие следы механических повреждений от ветров и навалов мокрого снега.



**Фото 59.** Вид на северную часть юго-западного скалистого гребня г. Дал. Таганай и расположенный от него к востоку пологий склон с выходами на поверхность крупных каменных останцов. Верхний снимок сделан С.Г. Шиятовым, нижний – П.А. Моисеевым.

В начале 1970-х годов многоствольные ели преобладали на этой территории. Кроме того, было два островка более сомкнутого леса (фото 59). Лесопокрываемая площадь составляла около 40% видимой части территории. К настоящему времени около 70% территории покрыто густым березово-еловым лесом. Признаки угнетения древесной растительности отсутствуют.

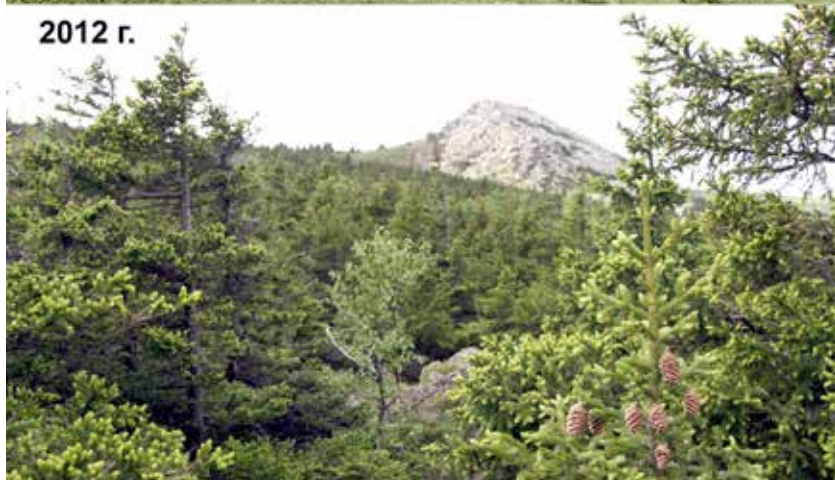




**Фото 60.** Многоствольные, оригинальной формы роста ели в тундре в 85 м к югу от вершины г. Дал. Таганай. Верхний снимок сделан С.Г. Шиятовым, нижний – П.А. Моисеевым.

Растущие деревья испытывают влияние сильных зимних ветров и снеговой корразии, в результате у деревьев флагообразная форма кроны, они наклонены по ветру и имеют усохшие ветви. За истекшие 12 лет особых изменений в древесной растительности не произошло (фото 60).





**Фото 61.** Вид на юго-западный скалистый гребень г. Дал. Таганай с северного отрога вершины. Верхний снимок сделан П.Л. Горчаковским, нижний П.А. Моисеевым.

В 1959 г. на ближнем плане (фото 61), сразу за небольшой россыпью крупных камней, росла одна угнетенная береза и три ели высотой до 2–3 м. К настоящему времени крупные камни закрыты довольно густым древесным пологом, высота отдельных деревьев достигает 4–6 м. Появилось несколько молодых елей и берез. На расположенном дальше пологом склоне, на котором раньше отсутствовала древесная растительность, появилось несколько одиночных елей. Наиболее сильные изменения произошли у подножия северной оконечности скалистого гребня. Если 50 лет назад там произрастало редколесье, представленное в основном многоствольной формой роста деревьев, то в настоящее время там сформировался сомкнутый елово-березовый лес.



**Фото 62.** Вид на северную часть скалистого гребня с вершины г. Дал. Таганай. Верхний снимок сделан К.Н. Игошиной, нижний – П.А. Моисеевым

На седловине между точкой съемки и каменистым гребнем в течение последних 56 лет происходило интенсивное лесовозобновление (фото 62). Раньше на этом участке произрастали отдельные многоствольные куртины ели. К настоящему времени здесь сформировался сомкнутый и продуктивный древостой, в составе которого преобладает береза извилистая и ель сибирская. На крутом каменистом склоне гребня расселение древесной растительности не происходило из-за отсутствия участков, пригодных для поселения и произрастания деревьев.

1971 г.



2011 г.



**Фото 63.** Вид на центральную и северную части юго-западного скалистого гребня с вершины г. Дал. Таганай. Верхний снимок сделан С.Г. Шиятовым, нижний – П.А. Моисеевым.

В начале 1970-х годов около 40% площади седловины, соединяющей юго-западный скалистый гребень и центральную вершину, было покрыто редколесьем и довольно крупными еловыми куртинами (фото 63). К 2011 г. почти вся седловина покрылась сомкнутым березово-еловым лесом, причем роль березы в составе древостоев увеличивается по мере удаления от гребня. На крутом юго-западном скалистом гребне увеличились размеры островков и куртин редколесий, а также произошло заметное увеличение сомкнутости крон и высоты древостоев.

1971 г.



2011 г.



**Фото 64.** Вид с вершины г. Дал. Таганай в сторону г. Круглица. На переднем плане изображена южная часть вершины, на втором – южная часть юго-западного скалистого гребня, на заднем – Круглица. Верхний снимок сделан С.Г. Шиятовым, нижний – П.А. Моисеевым.

На вершине г. Дал. Таганай имеется большое количество каменных останцов и крупных камней (фото 64). В 1971 г. верхняя часть вершины была безлесной, вдали виднелись одиночные многоствольные ели высотой до 1.5 м. У подножия восточного склона каменистого гребня виднелась куртина невысоких деревьев. К настоящему времени древесная растительность поднялась немного выше, а многоствольные кусты ели стали крупнее. Появилось несколько многоствольных кустов березы. Безлесная площадка у подножия каменистого гребня покрылась березово-еловым редколесьем.



1956 г.



1971 г.



2012 г.



*Фото 65. Вид с вершины г. Дал. Таганай на ее северный отрог. Верхний снимок сделан К.Н. Игошиной, средний – С.Г. Шиятовым, нижний – П.А. Моисеевым.*

В середине 1950-х годов водораздельная часть северного отрога г. Дал. Таганай была безлесной, лишь под защитой крупных камней ютились одиночные угнетенные деревья высотой до 1.5 м (фото 65). К настоящему времени водораздельная часть гребня покрылась березово-еловым редколесьем, за исключением верхних частей наиболее высоких каменных останцов. Несколько ниже водораздельного гребня сформировался сомкнутый березово-еловый лес, при этом на отдельных участках береза преобладает в составе древостоя. В настоящее время высота деревьев достигает 5–6 м.



**Фото 66.** Вид с вершины г. Дал. Таганай на юг. На переднем плане изображена южная часть вершины, на втором – пологий южный склон, на третьем – западная часть скалистого гребня, расположенного на юго-восточном склоне этой горы. Верхний снимок сделан С.Г. Шиятовым, нижний – П.А. Моисеевым.

В начале 1970-х годов на ближнем плане (фото 66), сразу за россыпью крупных камней, росла одна угнетенная береза и одна ель высотой менее 1 м. К настоящему времени эти деревца превратились в многоствольные куртины высотой 2–2.5 м. Кроме того, здесь появилось несколько молодых елей и берез. На пологом склоне, на котором раньше отсутствовала древесная растительность, появилось несколько одиночных елей. Наиболее сильные изменения произошли на южной оконечности пологого склона, где он переходит в более крутой склон. Если 40 лет назад там произрастало редколесье, представленное в основном многоствольной формой роста деревьев, то в настоящее время сформировался сомкнутый елово-березовый лес.



1956 г.



2012 г.

**Фото 67.** Вид с вершины г. Дал. Таганай на юго-восток. На верхнем снимке (К.Н. Игошина, 1956 г.) за каменным останцом видна часть крыши первого небольшого дома, построенного для сотрудников метеостанции в 1936 г. На нижнем снимке (П.А. Моисеев, 2012 г.) слева от упомянутого выше останца виден фундамент второго разрушенного дома. На вершине горы виден третий дом, который после закрытия метеостанции Таганай-гора передан в собственность национального природного парка «Таганай».

В середине прошлого столетия на вершине росло всего 2 куста (один березовый и один еловый высотой до 1 м). К настоящему времени здесь произрастает около 10 березовых и 5 еловых кустов высотой до 2.5 м (фото 67). Около разрушенного второго дома появилась целая куртина молодых березок высотой до 1 м.

Как видно из фото 68, раньше тундра занимала гораздо большую площадь, вплоть до подножия юго-восточного гребня, на которой произрастало небольшое количество молодых елей и берез высотой до 1.5 м. К настоящему времени они стали более крупными, высотой до 2–3 м. Наиболее существенные изменения произошли у подножия гребня, где елово-березовое редколесье превратилось в сомкнутый березово-еловый лес, который продвинулся как в сторону тундры, так и выше по скалистому склону гребня.

В начале 1960-х годов вокруг останцов древесная растительность отсутствовала (фото 69), а через 50 лет появились многоствольные ели высотой до 3 м. В ситниковой тундре появилось несколько кустиков березы высотой до 0.5 м. Ель и береза подвергаются воздействию сильных зимних ветров, поэтому у многих деревьев сформировалась флагообразная форма кроны.





1990 г.



2011 г.

**Фото 68.** Вид на юг со скальной группы, расположенной в 30 м к востоку от здания бывшей метеостанции. На переднем плане изображена горная тундра с доминированием ситника, на заднем – юго-восточный скалистый гребень. Снимки сделаны П.А. Моисеевым.



1961 г.



2011 г.

**Фото 69.** Вид с восточного края южного склона г. Дал. Таганай на горную тундру и скальную группу. Верхний снимок сделан П.Л. Горчаковским, нижний – П.А. Моисеевым.





**Фото 70.** Вид на юго-запад с точки, расположенной в 80 м к югу от современного жилого здания на г. Дал. Таганай. На переднем плане изображена ситниковая тундра, широко распространенная на восточном краю южного склона вершины, на среднем – южная оконечность юго-западного скалистого гребня, а на заднем – г. Круглица. Верхний снимок сделан П.Л. Горчаковским, нижний – П.А. Моисеевым.

В начале 1960-х годов ситниковая тундра на г. Дальний Таганай занимала гораздо большую площадь по сравнению с настоящим временем (фото 70). В течение 50 лет происходила постепенная экспансия древесной растительности в тундровые сообщества. Сильно разрослась ближняя еловая куртина, расположенная в левой части снимка. Полоса леса, произрастающая у подножия юго-западного скалистого гребня, стала более широкой за счет продвижения в тундровое сообщество и выше по склону у подножия каменистого гребня.



1963 г.



2011 г.

**Фото 71.** Вид с западной части юго-восточного скалистого гребня г. Дал. Таганай на север. В левой части снимков изображен южный пологий склон, а в правой – юго-восточный склон и вершина горы, на которой расположен жилой дом. Верхний снимок сделан Ю.Л. Вигоровым, нижний – А.А. Григорьевым.

На южном склоне (левая часть снимка) редкая еловая редина превратилась в березово-еловое редколесье, при этом высота деревьев увеличилась с 1.5–2 до 3–4 м (фото 71). Юго-восточный склон (правая часть снимка) облесился незначительно: в нижней части склона на месте отдельно растущих елей стланиковой формы роста сформировалась редина. В верхней части этого склона появились одиночные деревья высотой до 2.5 м.

1971 г.



2011 г.



**Фото 72.** Вид с юго-восточного гребня Дал. Таганая на восточный склон юго-западного гребня. Верхний снимок сделан С.Г. Шиятовым, нижний – П.А. Моисеевым.

Сопоставление изображений показывает, что за 40-летний промежуток времени произошло значительное увеличение сомкнутости крон и высоты древостоев на пологом склоне у подножия юго-западного гребня (фото 72). Раньше здесь произрастали березово-еловые редколесья, которое превратилось в сомкнутый продуктивный лес. При этом на переднем плане в составе древостоев преобладает береза, а выше по склону – ель. В еловых куртинах, произрастающих на крутом каменистом склоне, произошло увеличение высоты деревьев.



1971 г.



2011 г.

**Фото 73.** Вид с юго-восточного скалистого гребня на вершину г. Дал. Таганай. На снимках изображена верхняя часть юго-восточного склона горы. Верхний снимок сделан С.Г. Шиятовым, нижний – А.А. Григорьевым.

Сравнение изображений на снимках (фото 73) свидетельствует о том, что в течение последних 40 лет происходило облесение нижней части склона и скалистого гребня (фото 73). На месте небольших куртин ели и березы сформировалось типичное елово-березовое редколесье, причем ель произрастает на более высоких гипсометрических уровнях. На ранее безлесной верхней части склона появились одиночные молодые ели. Небольшая еловая куртина в верхней части снимка, сделанного в 1971 г., превратилась в довольно крупный остров редколесья, при этом высота деревьев увеличилась с 1.5 до 3–4 м.



На северо-западном склоне г. Дальний Таганай в 1999 г. вдоль высотного градиента от 950 до 1090 м над ур. м. было заложено 5 круговых пробных площадок радиусом 12.6 м (500 м<sup>2</sup>) (№ 1–5, рис. 3.10) и в 2001 г. 5 площадей радиусом 8 м (200 м<sup>2</sup>) (№ А–Е, рис. 3.10). Общая площадь обследованных участков составила 0,35 га. В общей сложности было описано 951 ствол одно- и многоствольных деревьев, у 595 стволов было определено время их появления.

Помимо доминирующей здесь ели, на отдельных площадках в верхней и нижней частях профиля в значительном количестве (до 30% и более) произрастает береза извилистая. Кроме ели и березы, в составе древостоев в верхней части встречаются также рябина (*Sorbus aucuparia* L. ssp. *sibirica* (Hedl.) Krylov), сосна обыкновенная, пихта, но их доля не превышает 1–2%. На остальной части профиля эти виды практически отсутствуют, и лишь на самой нижней пробной площади встречено несколько деревьев пихты.

При сравнении характеристик древостоев на профиле выявлено уменьшение в 4–5 раз морфометрических параметров деревьев по мере увеличения высоты над уровнем моря (табл. 3.1 и 3.2). При этом количество живых деревьев ели высотой более 20 см и старше 8–10 лет увеличивается в 10 раз (с 360–400 до 3600–3950 шт/га), а доля отмерших и поврежденных деревьев в общей выборке уменьшается. Сумма площадей проекций крон ели сначала повышается в 1.5–2 раза в средней части профиля, потом снижается в его нижней части. Количество подроста высотой >20 см максимально в нижней и верхней частях профиля, при этом в средней части он практически отсутствует.

Таблица 3.1.

**Характеристики древостоев на площадках высотного профиля на г. Дальний Таганай, заложенных в 1999 г. (северная часть профиля, площадки № 1–5).**

Характеристика	Пробная площадка				
	1	2	3	4	5
Высота пробной площадки, м над ур. м.	1080	1065	1050	1005	950
Средний диаметр у основания ствола, см	7.3±0.4	13.4±0.4	18.5±0.9	22.9±0.8	37.6±4.6
Макс. диаметр у основания ствола, см	14.5	34.0	40.5	37.0	76.0
Средний диаметр на высоте груди, см	6.5±0.5	11.3±0.3	15.1±0.8	19.5±0.6	27.5±3.0
Макс. диаметр на высоте груди, см	19.5	29.0	38.0	30.0	59.0
Средняя высота ствола, м	2.2±0.1	4.6±0.1	6.6±0.3	9.1±0.4	10.6±0.9
Максимальная высота ствола, м	5.1	8.9	12.0	13.8	16.0
Средний возраст деревьев, лет	42±3	106±3	127±9	158±4	144±11

Продолжение таблицы 3.1.

Максимальный возраст деревьев, лет	124	177	329	206	196
Средний диаметр кроны, м	1.6	1.9	2.6	2.7	5.0
Максимальный диаметр кроны, м	5.0	5.0	5.0	5.0	8.0
Кол-во живых стволов ели (Е), шт./га	3900	3620	1740	1120	360
Кол-во живых стволов березы (Б), шт./га	2120	160	400	140	80
Кол-во подраста ели (>20 см), шт./га	700	0	100	460	2420
Кол-во отмерших стволов ели, %	1.9	15.8	20.2	30.0	5.3
Кол-во поврежденных стволов ели, %	30.3	19.1	31.2	18.8	10.5
Кол-во неповрежденных стволов ели, %	67.7	65.1	48.6	51.3	84.2
Сумма площадей проекций крон ели, м <sup>2</sup> /га	7318	11670	9904	6626	7490
Сумма площадей проекций крон березы, м <sup>2</sup> /га	1008	434	3936	2756	758

Таблица 3.2.

**Характеристика древостоев на площадках высотного профиля, заложенного в 2001 г. на г. Дал. Таганай (южная часть профиля, площадки № А–Е).**

Характеристика \ Пробная площадка	А	В	С	Е
Высота пробной площади, м над ур. м.	1095	1085	1050	990
Средний диаметр у основания ствола, см	10.6±0.7	9.3±0.6	19.6±1.1	34.7±3.8
Макс. диаметр у основания ствола, см	30.0	23.0	39.0	80.0
Средний диаметр на высоте груди, см	6.4±0.5	5.4±0.5	15.4±0.8	28.8±3.3
Макс. диаметр на высоте груди, см	19.0	18.0	29.0	70.0
Средняя высота ствола, м	2.8±0.1	2,7±0,1	6,8±0,3	8,4±0,7
Максимальная высота ствола, м	4.7	5.5	9.0	11
Средний возраст деревьев, лет	50±4	27±2	74±3	198±21
Максимальный возраст деревьев, лет	143	152	186	306
Средний диаметр кроны, м	1.3	1.8	2.5	4.0
Максимальный диаметр кроны, м	3.2	4.2	4.0	6.4
Кол-во живых стволов ели, шт./га	3950	3650	2400	400
Кол-во живых стволов березы, шт./га	2150	250	0	75
Кол-во подраста ели (>20 см), шт./га	2500	1600	0	0
Кол-во отмерших стволов ели, %	15.9	3.3	35.6	11.1
Кол-во поврежденных стволов ели, %	13.4	8.2	18.6	38.9
Кол-во неповрежденных стволов ели, %	70.7	88.5	45.8	50.0
Сумма площадей проекций крон ели, м <sup>2</sup> /га	5420	8515	11085	5725
Сумма площадей проекций крон березы, м <sup>2</sup> /га	3765	270	0	978

При сравнении возрастной структуры древостоев на трех высотных уровнях (см. рис. 3.8 и 3.9) видно, что в нижней части профиля поколения ели сформированы индивидуумами, в основном появившимися в период с 1720 г. по 1880 г. При этом в южной части профиля большая часть деревьев появилась в 1720–1740 гг., а в северной – в 1810–1880 гг. В средней части профиля (1050–1065 м над ур. м.) деревья появились в основном в 1850–1950 гг., хотя возраст самых старых из них около 300 лет. На этих высотах также есть различия в возрастной структуре древостоев между южной и северной частью профиля. Так, в северной части выявлено два периода с активным возобновлением ели – в 1860–1890-х и в 1910–1940-х годах, а в южной в 1860–1890-х годах появилось лишь 5–10% от общей численности ныне растущих деревьев, а формирование древостоев происходило в основном в 1910–1940-х годах.

В верхней части профиля (1080–1095 м над ур. м.) древостои в его северной части образованы индивидуумами, в основном появившимися в период с 1860 г. по 1970 г., а в южной части появление деревьев началось также с 1860 г., но основная часть возникла после 1955 г.

Анализ рис. 3.8 и 3.9 показывает, что формирование древостоев на северо-западном склоне г. Дал. Таганай выше 1050 м над ур. м. началось еще во второй половине XIX в., хотя наиболее активное заселение происходило лишь в XX в.

К сожалению, ландшафтных фотоснимков, сделанных ранее 1956 г. на г. Дал. Таганай, обнаружить не удалось. Поэтому на северо-западном склоне был заложен высотный профиль, на котором при помощи анализа возрастной структуры древостоев удалось реконструировать положение верхней границы древостоев с сомкнутостью крон около 40% на начало XX в. (см. рис. 3.10). Для этой цели мы использовали сохранившиеся самые верхние остатки усохших стланиковых куртин елей, которые встречаются на высоте 1020–1040 м над ур. м. До этой высоты поднимались подгольцовые редколесья и сомкнутые леса в начале XX в. Указанная выше высота близка к высоте 990–1010 м над ур. м., до которой поднималась верхняя граница сомкнутых лесов на г. Откликной гребень и г. Круглица (см. рис. 3.3 и 3.5). По нашим расчетам, площадь малооблесенных участков на склонах Дал. Таганая в начале XX в. составляла 170 га: 55 га – на юго-западном скалистом гребне, около 90 га – в центральной части вокруг центральной вершины и около 25 га – на склоне юго-восточного каменистого отрога (рис. 3.10).

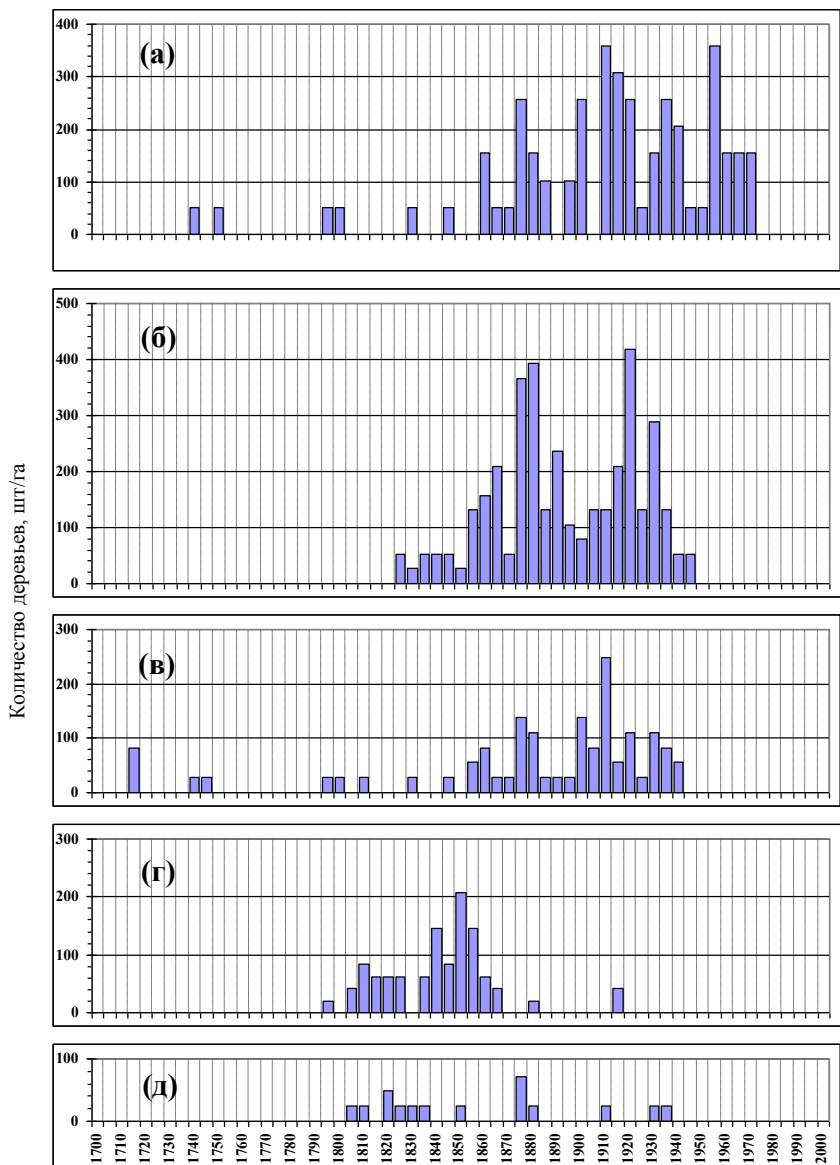


Рис. 3.8. Возрастная структура еловых древостоев в северной части северо-западного склона г. Дал. Таганай на различных высотах над ур. м.: а – 1080 м; б – 1065 м; в – 1050 м; г – 1005 м; д – 950 м.



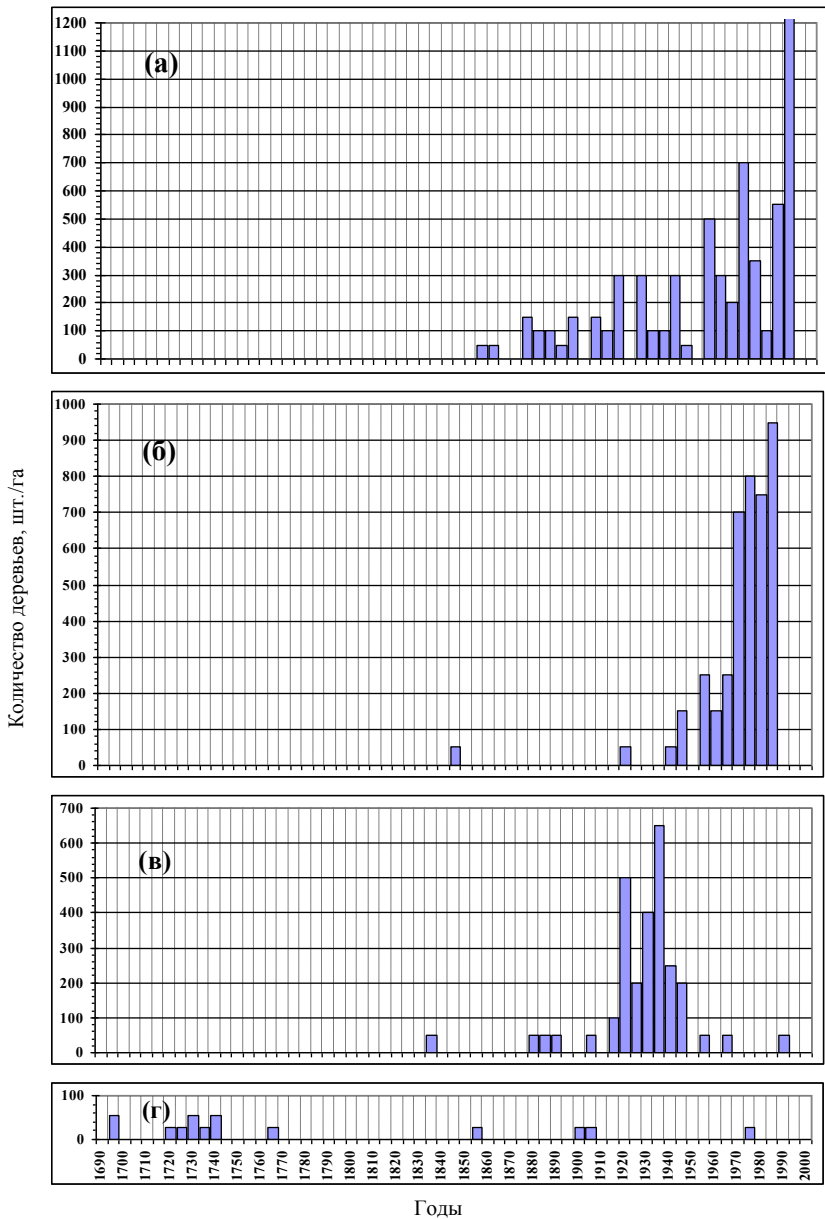
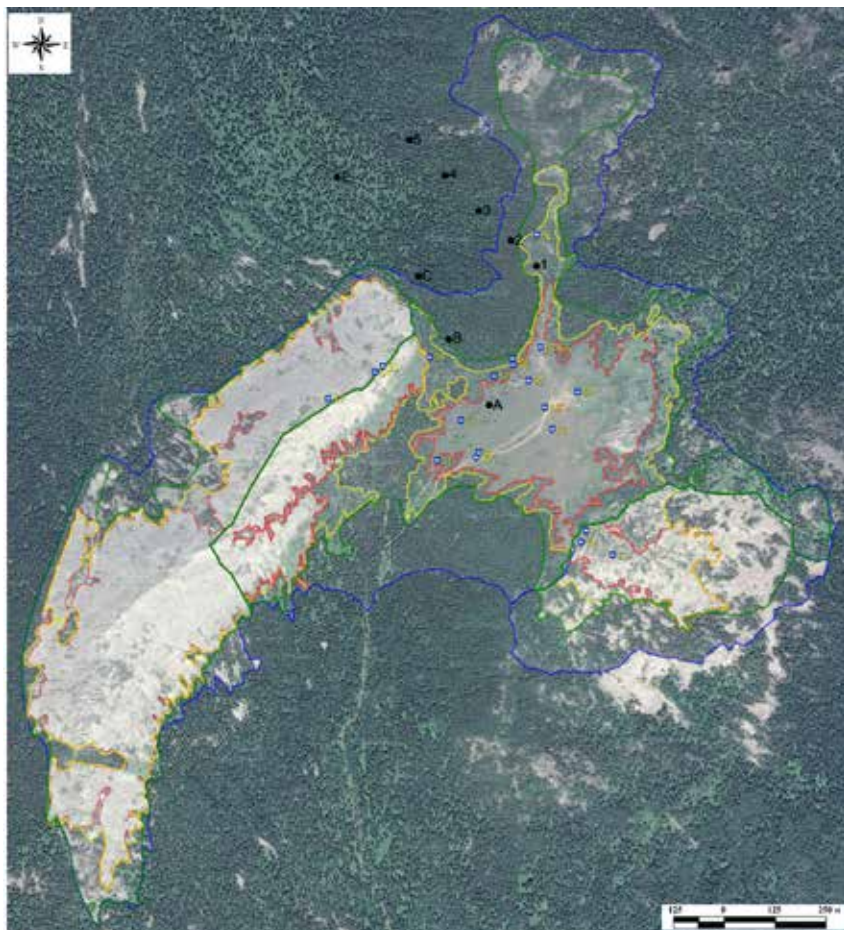


Рис. 3.9. Возрастная структура еловых древостоев в южной части северо-западного склона г. Дал. Таганай на различных высотах над ур. м.: а – 1095 м; б – 1085 м; в – 1050 м; г – 990 м.



*Рис. 3.10. Верхние границы древостоев с сомкнутостью крон более 40% на склонах г. Дал. Таганай: синяя кривая – в начале XX в., зеленая – в 1950–1960 гг., желтая – в 1980-х годах, красная – в настоящее время.*

Фотоснимки середины XX в. и старые топографические карты свидетельствуют о том, что граница сомкнутых лесов за последние 50–60 лет продвинулась на 20–40 м выше вертикали. В результате этого площадь малооблесенных участков на склонах юго-западного гребня сократилась до 50 га, в центральной части – до 60 га, а на юго-восточном гребне – до 15 га. Анализ ландшафтных снимков и аэрофотоснимков 1970–1980 гг. показал, что за последние 20 лет площадь малооблесенных участков сократилась еще в 1.5 раза. В настоящее время на юго-западном гребне она составляет

около 37 га, в центральной части – 26 га, а на восточном гребне – около 5 га. При этом типично тундровые сообщества на всей вершине занимают примерно 16 га (рис. 3.10). Местами под пологом подгольцовых редколесий и сомкнутых лесов сохранились островки голубичников и ситниковых куртин до высоты 1050 м над ур. м. Мы считаем, что при сохранении современных темпов экспансии древесной растительности в наиболее возвышенной части г. Дал. Таганай через 40–50 лет не покрытая сомкнутым лесом площадь будет занимать не более 15 га, а типичные горные тундры сохранятся лишь на восточном краю платообразного южного склона в непосредственной близости от здания бывшей метеостанции.

## Глава 4

# ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ДРЕВЕСНУЮ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ

### 4.1. Изменения климата и условий местообитаний в XIX – XXI вв.

Температура воздуха в мае–июне на вершине г. Дальний Таганай, вблизи которой сейчас проходит верхняя граница редин, повысилась на  $1.2^{\circ}\text{C}$  с 1840–1880 гг. до начала XXI в. (рис. 4.1), в июле–августе практически не изменялась, а в отдельные периоды (1838–1880 и 1961–2000 гг.) даже снижалась на  $0.2^{\circ}\text{C}$  (рис. 4.2).

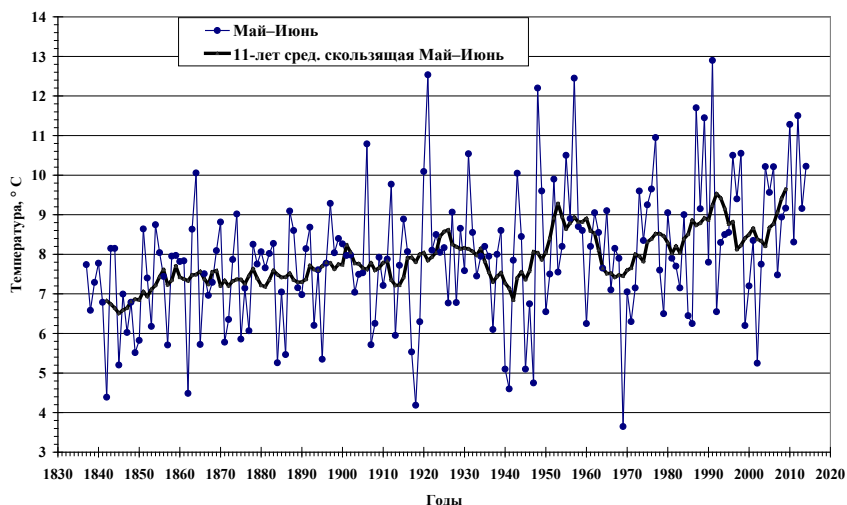


Рис. 4.1. Изменения температуры воздуха в мае–июне на вершине Дал. Таганая: (с 1932 г. по 2008 г. – по данным наблюдений на метеостанции Таганай-гора, а с 1838 г. по 1931 г. и 2009 г. по 2014 г. – реконструированные по данным метеостанции Златоуст).

В начале осени (сентябрь–октябрь) температура к концу XX в. повысилась на  $0,6^{\circ}\text{C}$  по сравнению с серединой XIX в. (рис. 4.3), но максимальные изменения произошли в зимние месяцы. В температуры воздуха в отдельные месяцы холодного периода года выросли на  $3.3^{\circ}\text{C}$ , что привело к увеличению средней температуры ноября–марта на  $1.8^{\circ}\text{C}$  (рис. 4.4). Особенно интенсивное потепление наблюдалось между 1838 г. и 1920 г. (на  $1^{\circ}\text{C}$ ), а также с 1960-х годов по наше время. В период между 1920 г. и 1960 г. зимняя температура колебалась незначительно – между  $-15,9$  и  $-9,7^{\circ}\text{C}$ , хотя сравнение средних многолетних указывает на небольшое похолодание (на несколько десятых градуса).



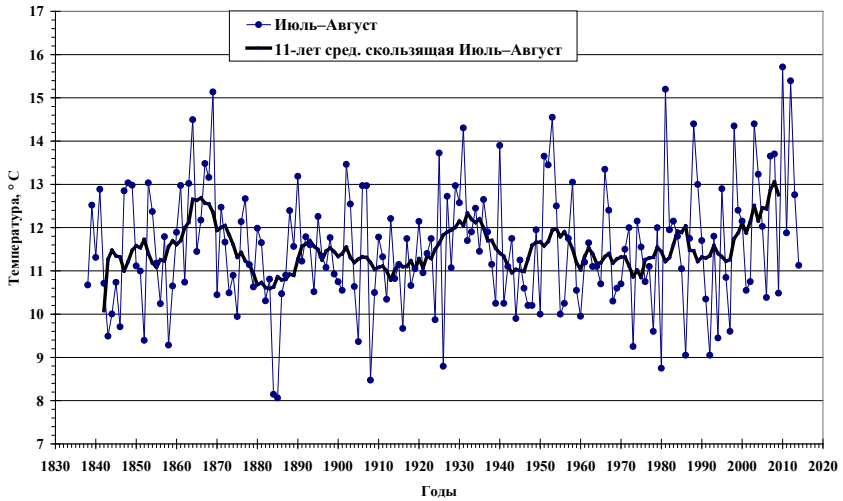


Рис. 4.2. Изменения температуры воздуха в июле-августе на вершине Дал. Таганая: (с 1932 г. по 2008 г. – по данным наблюдений на метеостанции Таганай-гора, а с 1838 г. по 1931 г. и 2009 г. по 2014 г. – реконструированные по данным метеостанции Златоуст).

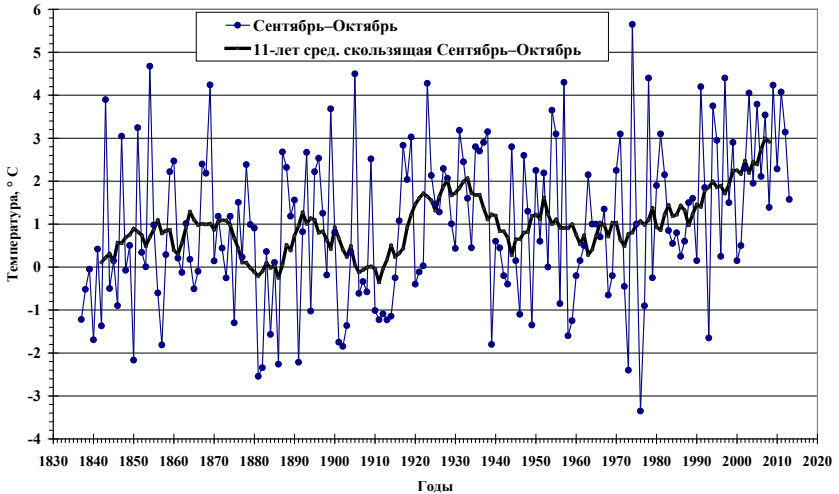


Рис. 4.3. Изменение температуры воздуха в осенние месяцы на вершине г. Дал. Таганай (с 1932 г. по 2008 г. – по данным наблюдений на метеостанции Таганай-гора, а с 1838 г. по 1931 г. и 2009 г. по 2014 г. – реконструированные по данным метеостанции Златоуст).

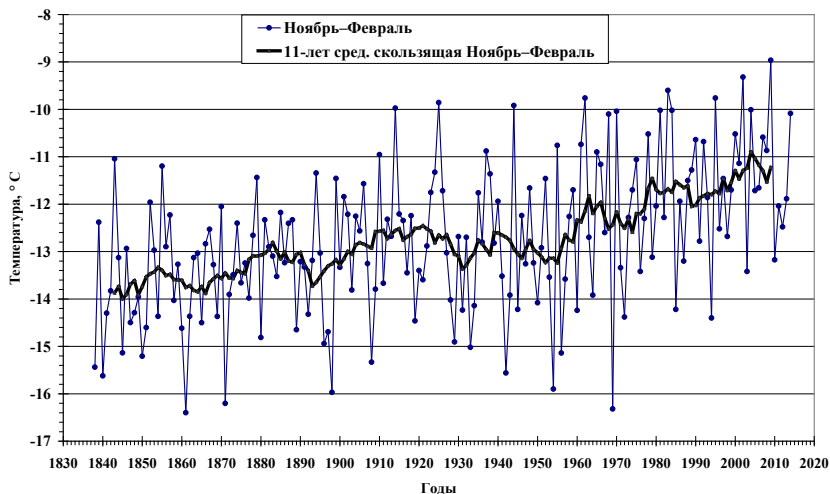


Рис. 4.4. Изменение температуры воздуха в зимние месяцы на вершине г. Дал. Таганай (с 1932 г. по 2008 г. – по данным наблюдений на метеостанции Таганай-гора, а с 1838 г. по 1931 г. и 2009 г. по 2014 г. – реконструированные по данным метеостанции Златоуст).

Суммы осадков, как в летние, так и в зимние месяцы существенно изменились на Южном Урале с середины XIX в., причем это происходило достаточно синхронно во всем регионе (см. рис. 4.5 и 4.6).

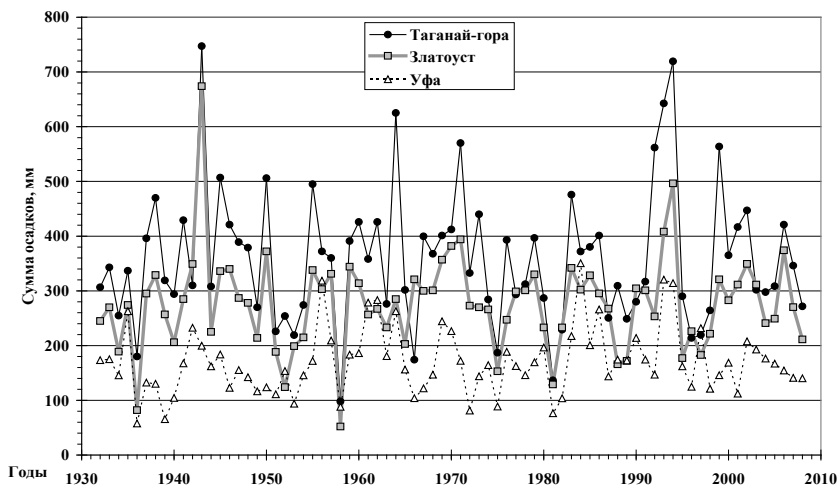


Рис. 4.5. Изменение сумм осадков в летние (июнь–август) месяцы по данным метеостанций Таганай-гора, Златоуст и Уфа с 1932 г. по 2008 г.

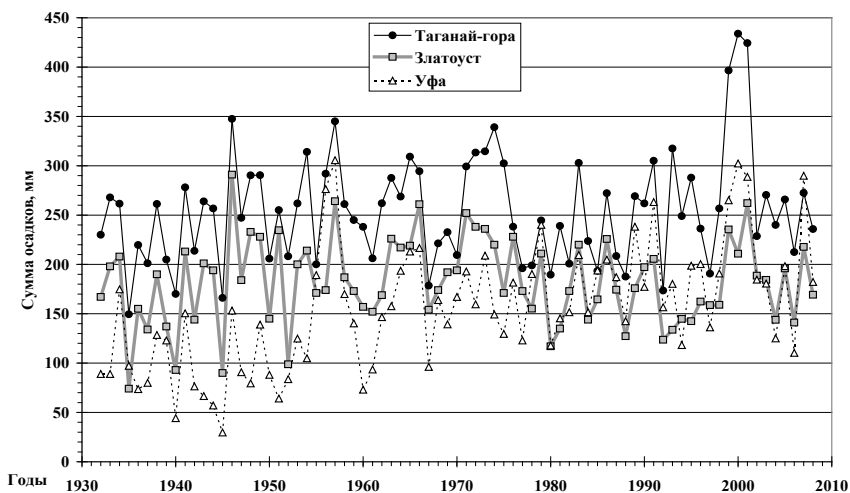


Рис. 4.6. Изменение сумм осадков в зимние (ноябрь–март) месяцы по данным метеостанций Таганай-гора, Златоуст и Уфа с 1932 г. по 2008 г.

По данным метеостанции Златоуст количество осадков в летние месяцы с 1840 г. по 1930 г. колебалось между 200 мм и 270 мм, а затем увеличилось до 220–300 мм (рис. 4.7). Это происходило в основном за счет роста количества осадков во второй половине лета.

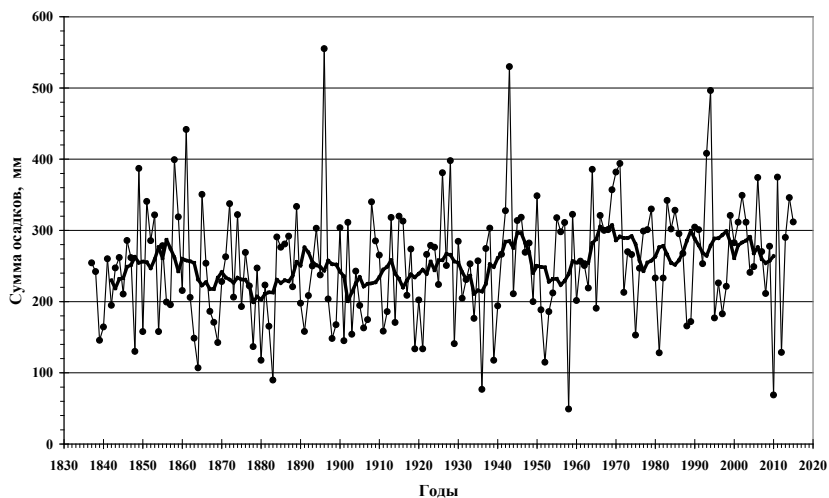
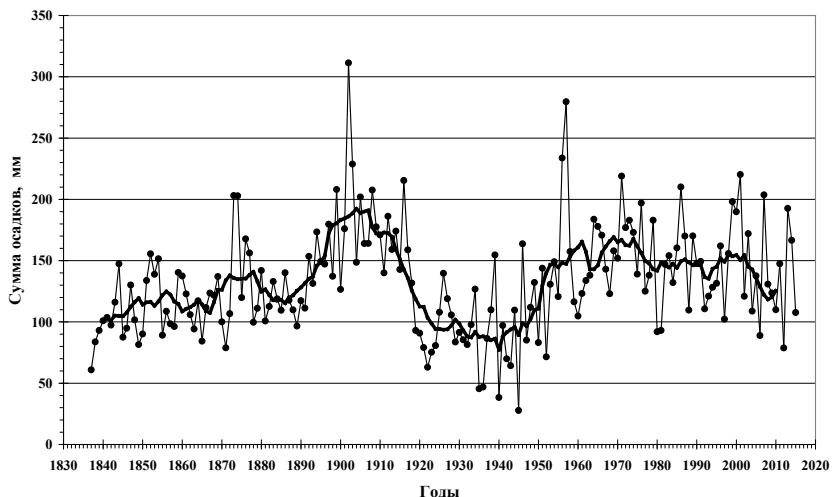


Рис. 4.7. Изменение сумм осадков в летние месяцы (июнь–август) по данным метеостанции Златоуст с 1837 г. по 2015 г.



*Рис. 4.8. Изменение сумм осадков в зимние месяцы (ноябрь-февраль) по данным метеостанции Златоуст с 1837 г. по 2015 г.*

Средняя многолетняя сумма осадков в зимние месяцы (рис. 4.8) сначала увеличивалась с 110–120 мм до 170–190 мм между 1840 г. и 1900 г., затем она снизилась до 80–90 мм к 1940-м годам, а далее вновь повысилась до 150–160 мм к 1960-м годам и продолжает изменяться около этих значений до нашего времени (см. рис. 4.8). Анализ имеющихся метеоданных свидетельствует о том, что в течение последних 170 лет наблюдались потепление и увлажнение климата, особенно в зимние месяцы. Кроме того, произошло увеличение вегетационного периода в среднем на 3–5 дней, что крайне важно для роста и развития древесных растений, особенно в период интенсивного роста.

Высота снежного покрова также существенно изменилась в XX в. как в связи с изменениями сомкнутости древостоев в экотоне верхней границы древесной растительности (рис. 4.9), так и с общими изменениями количества твердых осадков, выпадавших на Южном Урале в этот период (рис. 4.8.). При увеличении сомкнутости древостоев до 15–20% высота снежного покрова резко возрастала, но это происходило в разные десятилетия в различных по интенсивности снегонакопления местообитаниях и частях экотона верхней границы древесной растительности.



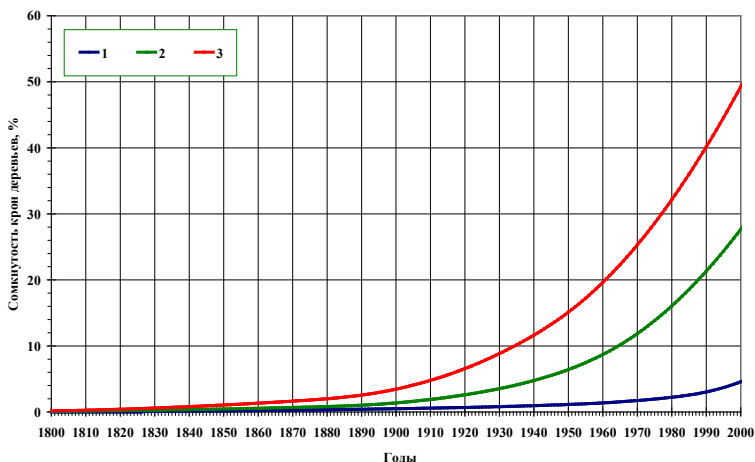


Рис. 4.9. Изменение сомкнутости крон деревьев на северо-западном склоне г. Дальний Таганай на современной верхней границе: 1 – редина, 2 – редколесий, 3 – сомкнутых лесов.

Как видно из рис. 4.9, до 1900 г. высота снежного покрова была близка на всех высотных уровнях. Увеличение высоты снежного покрова (более 40 см) на верхней границе современных сомкнутых лесов наблюдалось после 1900 г, редколесий – после 1955 г, редина – лишь после 2000 г.

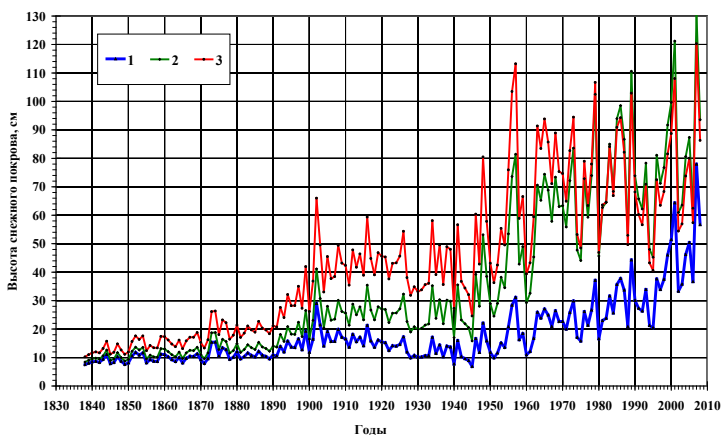


Рис. 4.10. Реконструированные изменения высоты снежного покрова на северо-западном склоне г. Дальний Таганай на современной верхней границе: 1 – редина, 2 – редколесий, 3 – сомкнутых лесов.

Температура верхнего слоя почвы (на глубине 10 см) в конце зимы находится в прямой зависимости от высоты снежного покрова и сумм отрицательных температур. Эти параметры существенно менялись в пределах современного ЭВГДР, и поэтому этот важный показатель гидротермических условий также значительно изменялся (см. рис. 4.10).

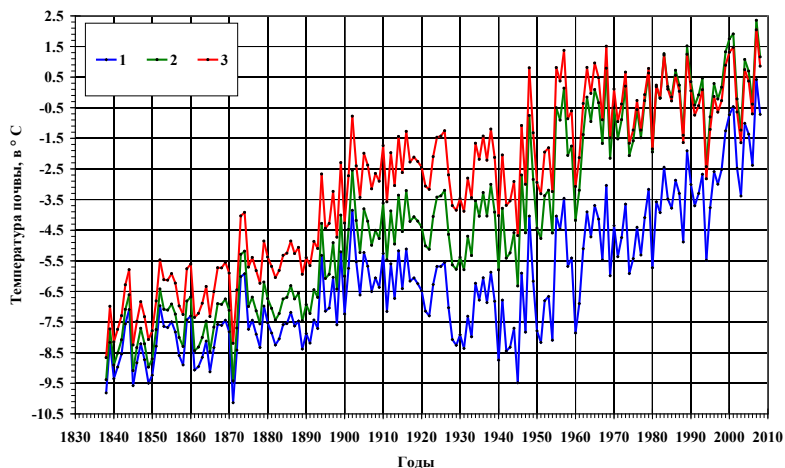


Рис. 4.11. Реконструированные изменения температуры почвы в конце зимы на северо-западном склоне г. Дальний Таганай на современной верхней границе: 1 – редин, 2 – редколесий, 3 – сомкнутых лесов.

Так, температура почв в феврале была ниже  $-3,5^{\circ}\text{C}$  на всех типах верхних границ до 1900 г., и лишь затем она стала превышать его на участках, где сейчас встречаются сомкнутые леса. Этот же порог был устойчиво превзойден на современной верхней границе редколесий после 1955 г., а редин – после 1995 г. Почвы на верхних границах сомкнутых лесов и редколесий стали слабо промерзающими (около  $-0,5^{\circ}\text{C}$ ) лишь после 1955 г., а в редирах температура приблизилась к этому уровню лишь сейчас.

#### 4.2. Жизненное состояние древесной растительности на верхнем пределе своего распространения в конце XIX – начале XX вв.

Анализ ландшафтных фотоснимков, полученных 100–110 лет тому назад, позволил оценить жизненное состояние древесной растительности, произраставшей на верхнем пределе своего распространения в конце XIX – начале XX вв. На отдельных фотоснимках, сделанных на хр. Бол. Таганай до 1917 г., изображены одиночные и небольшие группы сильно угнетенных

древесных стлаников и полустлаников на верхнем пределе их произрастания (перевалах, наветренных склонах). Ниже приведены 7 снимков угнетенной древесной растительности, полученных для различных частей хр. Бол. Таганай.

1908 г.

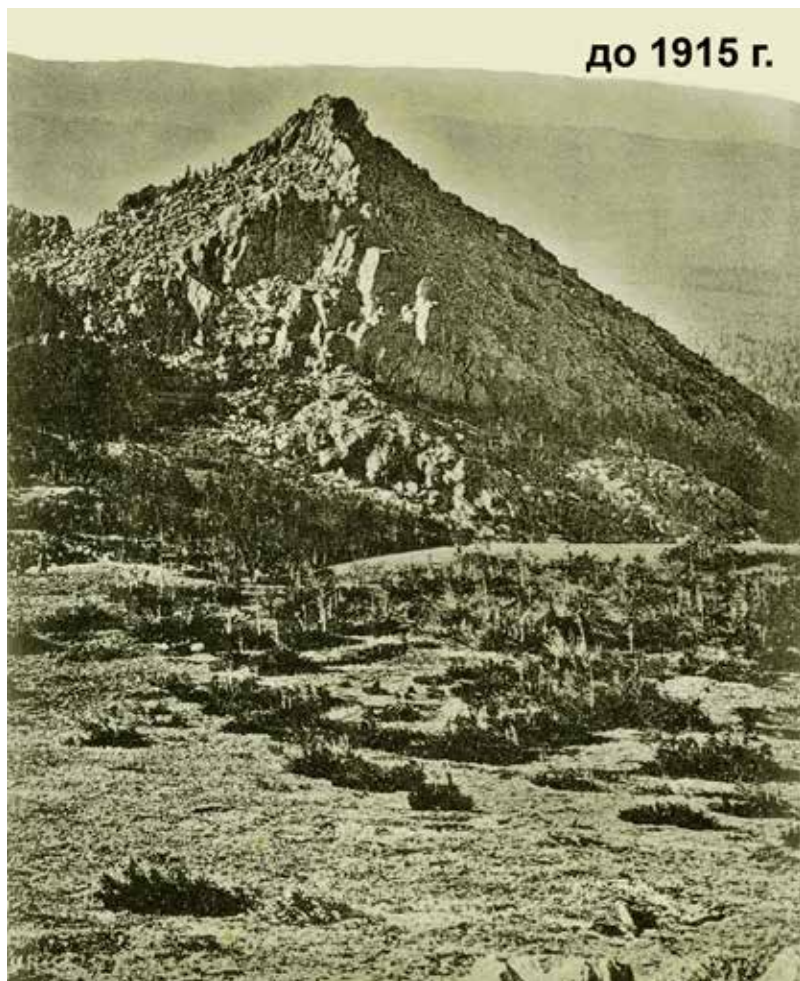


**Фото 74.** *Последний лес на г. Двуглавая (Круковский, 1909, с. 175).*

На фото 74 изображена верхняя граница густого криволесья, представленного сильно угнетенными еловыми полустланиками. Форма кроны у большинства стволиков флагообразная. Многие стволики и ветви усохли в результате воздействия сильных зимних ветров и снеговой корразии. Высота отдельных стволиков достигает 3 м. Повторный современный снимок для этой точки не был сделан. В настоящее время такие угнетенные криволесья на верхнем пределе их распространения встречаются редко – на северном платообразном участке Круgliцы и вблизи вершины Дал. Таганая.

Снимок взят с открытой почтовой открытки, выпущенной в 1915 г. (фото 75). На переднем плане изображен водораздельный перевал, подверженный воздействию сильных зимних ветров, в результате чего высота снежного покрова не превышала в то время 20–30 см. С этой точки П.А. Моисеевым в 2011 г. сделан повторный снимок (см. фото 11). На этом перевале в начале XX в. произрастали одиночные и в виде небольших куртин стланиковые и многоствольные ели высотой не более 1–1.5 м. Угнетенные деревца с флагообразной кроной росли на крутом каменистом склоне. Вер-

шинки большинства наиболее высоких стволиков ели были усохшими. К настоящему времени большая часть перевала покрылась сомкнутым березово-еловым лесом, высота деревьев достигает 4–5 м.



**Фото 75.** Вид на Митькины скалы.

На фото 76 хорошо видно, что вокруг каменных останцов в начале XX в. произрастали усохшие и ползусохшие еловые и березовые полустланики высотой до 1.5 м. Они имели сильно извилистые стволы и ветви, которые сформировались в результате усыхания побегов и ветвей, возвышающихся над поверхностью снега.





**Фото 76.** Скалистый останец, расположенный к юго-западу от г. Откликной гребень на высоте 985 м над ур.м. Снимок сделан на основе почтовой открытки, выпущенной в 1905 г.

У подножия останцов виден редкий и угнетенный подрост ели высотой до 0.5–1 м. Повторный снимок сделан с другой стороны каменного останца (см. фото 14). В настоящее время вокруг этих останцов сформировался довольно продуктивный березово-еловый древостой.

У подножия крутого каменистого гребня в начале XX в. произрастало небольшое количество сильно угнетенных елочек высотой до 1.5 м (фото 77). У многих елей в зоне метелевого переноса снега крона отсутствовала. К настоящему времени на этом участке сформировался густой березово-еловый лес, высота отдельных деревьев достигает 8–9 м, а диаметр 18–20 см. Повторный фотоснимок сделан П.А. Моисеевым в 2011 г. (см. фото 19).

У подножия крупного каменного останца в начале XX в. произрастала куртина елей высотой до 1–1.5 м (фото 78). Большинство елочек усохло, многие из них имели сильно угнетенный вид. В настоящее время вокруг этого останца сформировался довольно густой еловый древостой с небольшой примесью березы высотой 4–6 м. На вершине останца появились одиночно растущие ели высотой до 2–3 м. У растущих в настоящее время у деревьев отсутствуют видимые признаки угнетения (см. фото 30).

Несмотря на плохое качество снимка (фото 79), хорошо видно, что верхняя граница криволесий представлена усохшими и полуусохшими деревцами высотой до 2–3 м. Стволики и ветви этих елей сильно искривлены и наклонены по ветру. Это свидетельствует о том, что деревца подвергались сильному воздействию зимних ветров и снеговой корразии.



**Фото 77.** Вид на вершину и восточный склон г. Откликной гребень, взятый с почтовой открытки, выпущенной В.Л. Метенковым в 1903 г.



**Фото 78.** Вид на каменный останец в Долине Сказок, использованный для оформления почтовой открытки, выпущенной в 1908 г. Фотоснимок сделан А.Н. Павловичем.

Как видно из фото 80, под защитой крупных каменных останцов в начале XX в. ютились полуусохшие елочки высотой до 1,5 м. В настоящее время вокруг останцов выросли деревья ели и березы высотой 3–5 м. Вершина изображенной на втором плане сопки полностью облесилась (см. фото 20).

1908 г.



**Фото 79.** Вид с восточного склона хр. Бол. Таганай на хр. Средний Таганай. Точка съемки расположена несколько выше верхней границы еловых криволесий. Фотоснимок сделан в 1908 г., опубликован в книге М.А. Круковского (1909, с. 186).

1903 г.



**Фото 80.** Вид на каменный останец, расположенный в 430 м восточнее подножия г. Откликной гребень. Вдали видна вершина г. Круглица. Автор снимка В.Л. Метенков.

### **4.3. Предположительная последовательность климатогенных изменений древесной растительности на верхнем пределе ее распространения на хр. Бол. Таганай**

С середины по конец XIX в. климатические условия были сравнительно неблагоприятными для произрастания древесных растений на их верхнем пределе. В этот период снежный покров был менее высоким, а скорость ветра в зимние месяцы более высокой, что стало причиной усыхания части молодых деревьев и подроста на верхней границе их распространения, особенно на перевалах и в безлесных местообитаниях. Но в более многоснежных логах и западинах появившиеся в этот период многоствольные деревья по мере роста способствовали увеличению количества снега с заветренной стороны куртин. Изменения в высоты снежного покрова (рис. 4.9) и повышение температур воздуха в зимний период (см. рис. 4.4) способствовали увеличению температур почв (рис. 4.10) и повышению в них бактериальной активности в зимний период в разных частях ЭВГДР. С увеличением бактериальной активности увеличилось количество доступных минеральных веществ (особенно азота и фосфора) в почве, что вместе с сокращением потерь в зимнее время фракций мелких корней и ассимиляционного аппарата привело к росту углеродного баланса деревьев. Это позволило стланикам и многоствольным деревьям в нижней части современного экотона продуцировать дополнительные побеги, которые стали выживать выше уровня снега при улучшении зимних условий в конце XIX в. и начале XX в. Аналогичное явление происходит сейчас на Аляске с побегами кустарников, произрастающих в тундре (Sturm et al., 2005), которые при увеличении своих размеров изменяют локальную ситуацию со снегонакоплением и тем самым способствуют улучшению условий для собственного роста.

В конце XIX в. и начале XX в. некоторые стволы многоствольных деревьев стали также продуцировать достаточное количество жизнеспособных семян. Появляющиеся из этих семян всходы более успешно выживали в холодный период года, особенно в более многоснежных местообитаниях, которые образуются вблизи увеличившихся в размерах многоствольных деревьев. Через 40–60 лет (в 1930–1960 гг.) деревья, появившиеся в конце XIX в., вступили в генеративный возраст, что способствовало формированию новой генерации. Через несколько десятилетий, когда сомкнутость древостоев существенно выросла, смертность среди вновь появляющихся всходов значительно увеличилась.





*Рис. 4.12. Обратная связь между изменениями климата и экспансией леса.*

Активное появление новых вертикальных побегов у стлаников и многоствольников в средней части экотона происходило в 1910–1940 гг. (30 лет понадобилось для начала этого процесса на этом высотном уровне). Одноствольные деревья возникли здесь одновременно с многоствольными, но так же, как и в нижней части экотона, они начали продуцировать собственные семена лишь через 40–60 лет (в 1950–1980 гг.), что привело к появлению нового поколения.

В верхней части современного экотона верхней границы древесной растительности из-за сильной ветровой нагрузки высота снежного покрова была и остается достаточно низкой в связи с чем почвы до сих пор промерзают на значительную глубину. Деревья появлялись здесь в течение всего XX в., но в основном многоствольные и в небольшом количестве. Одноствольные деревья стали появляться в массовом количестве здесь лишь после 1970 г., в основном вблизи куртин многоствольных деревьев или по кромке более сомкнутых лесных массивов, где формируется более высокий снежный покров.

Улучшение климатических условий на Южном Урале началось в конце XIX в. и продолжается до настоящего времени. Лесорастительные условия для произрастания древесных растений в высокогорьях значительно улучшились, начались процессы экспансии древесной растительности выше в горы, в том числе на сильно ветрообдуваемых и малоснежных местообитаниях. Одновременно наблюдалось увеличение густоты и продуктивности ранее существовавших древостоев. Примеры таких изменений наглядно показаны на разновременных ландшафтных фотоснимках (см. фото 1–73).

Верхняя граница произрастания березово-еловых редколесий и криво-лесий на хр. Бол. Таганай в среднем поднялась выше в горы на 60–70 м за последнее столетие. Наиболее показательны такие изменения на г. Дал. Таганай (см. фото 53, 55, 57, 62, 65). Основными препятствиями для дальнейшего продвижения древесной растительности являются крутые каменистые склоны, на которых отсутствует субстрат для поселения деревьев. Кроме того, на плоских вершинах гор и перевалах расселение древесной растительности затруднено в связи воздействием сильных зимних ветров и небольшой высоты снежного покрова.

Следует отметить, что в последнее столетие произошло увеличение доли березы в составе древостоев, произрастающих в ЭВГДР. Наиболее заметную роль береза начала играть на каменистых склонах, в более сырых ложбинах, на вырубках и гарях. Возможно, этому способствовало увеличение количества атмосферных осадков, особенно в зимние месяцы. Лиственница и сосна на верхней границе редколесий встречаются единично. При этом сосна усыхает в молодом возрасте (до 20–30 лет), не образует шишек и семян. Лиственница способна доживать до 100 лет и более, но имеет угнетенный вид и образует небольшое количество шишек небольшого размера.

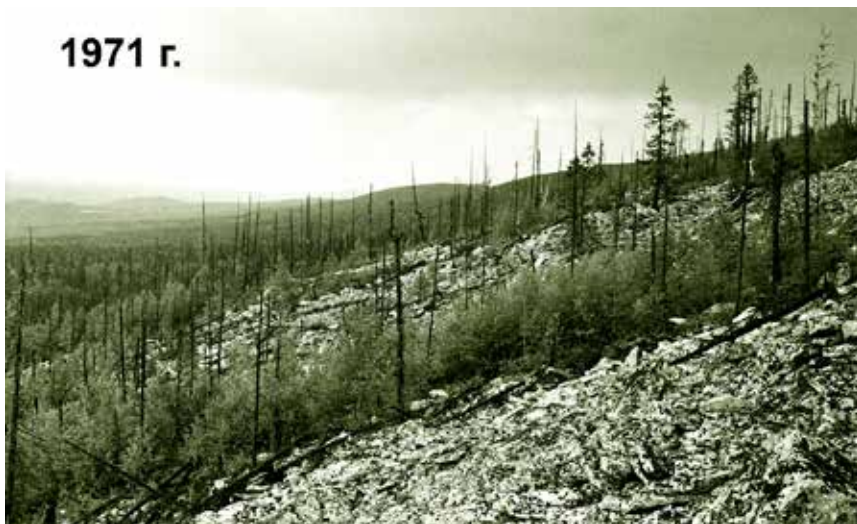


**Фото 81.** Налипание мокрого снега на кроны деревьев ели. Хр. Бол. Таганай.  
*Фото А.А. Григорьева, январь 2013 г.*

В настоящее время нами не обнаружены даже небольшие участки с усохшими куртинами древесной растительности в ЭВРГД. Изредка встречались отдельные усохшие стволы, сломанные вершины и ветви, а также согнутые и наклоненные к земле стволы, что можно объяснить налипанием мокрого снега на кроны деревьев (фото 81). Чаше всего от снеговала и снеголома страдает ель. Возможно, что частота и интенсивность налипания снега на кроны деревьев увеличились в последнее столетие в связи с потеплением и увлажнением климата.

#### 4.4. Влияние антропогенных факторов на древесную растительность

1971 г.



**Фото 82.** Подгольцовое редколесье на западном склоне г. Откликной гребень, по которому прошел пожар в 1920–1930-х годах.

Высокогорная растительность хр. Бол. Таганай развивается в основном под влиянием естественных факторов, основными из которых являются климатические и почвенно-грунтовые (температура воздуха и почвы, длительность вегетационного периода, сильные ветры зимой, сдувание снега с перевалов и вершин, частые туманы и недостаток солнечного света летом, обильные осадки, каменистость склонов и смывание мелкозема вниз по склону). Антропогенные факторы (лесные пожары, рубка леса и рекреация) до сих пор оказывают незначительное влияние. На всем протяжении хр. Бол. Таганай зафиксировано два участка, где лесные пожары сильно повредили еловые древостои, произраставшие в подгольцовом поясе: на западном склоне Откликного гребня (см. фото 82) и на юго-западном склоне г. Двуглавой. На склонах, подвергавшихся воздействию пожара, еловые древостои усохли, живыми остались одиночные ели. На этих участках в настоящее время интенсивно возобновляется береза (см. фото 36 и 37).

2011 г.



**Фото 83.** Вид с г. Круглища на южный склон г. Дал. Таганай, на котором производилась узколесосечная вырубка темнохвойного леса. Желтым цветом обозначены вырубки, на которых обильно возобновилась береза.

В середине XVIII в. промышленниками Мосоловыми было начато строительство Златоустовского железодельного завода. В связи с этим в горно-таежном поясе началась интенсивная вырубка наиболее продуктивных древостоев для получения строительных материалов и углежжения. Вся ложбина между хр. Бол. Таганай и хр. Средний Таганай и Ицыл была пройдена узколесосечными рубками (фото 83). На вырубленных участках первой возобновляется береза. Направление и ширина этих вырубок хорошо видны на фотоснимках, сделанных с вершин. Высокогорные малопродуктивные древостои, произрастающие в ЭВГДР, вырубке до сих пор не подвергались.

В последние десятилетия в связи с организацией Национального природного парка «Таганай» резко увеличилось количество посещений туристами хр. Бол. Таганай. Хотя организованным туристам проход разрешается лишь по специальным тропам, однако определенное отрицательное влияние на состояние высокогорной древесной растительности они оказывают. Вполне вероятно, что это влияние будет постепенно возрастать в связи с увеличением потока туристов и любителей природы.



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На фоне изменений климата, которые происходили в течение последних 100–170 лет на хр. Большой Таганай, верхняя граница произрастания березово-еловых редколесий и сомкнутых лесов поднялась выше в среднем на 40–110 м. К настоящему времени малооблесенные и безлесные территории заняты горными тундрами, лугами, рединами и каменными россыпями, сохранились лишь на южной оконечности и крутых склонах г. Откликной гребень, на крутых склонах и северном платообразном участке г. Круглица, на склонах скалистых гребней и плоской центральной вершине г. Дал. Таганай, сократившись с 482.3 до 190.7 га. При сохранении современных темпов экспансии древесной растительности через 40–50 лет горные тундры могут здесь полностью исчезнуть, как это уже произошло в XX в. на северо-восточном плече Откликного гребня и в Долине Сказок. В связи с этим произойдет уменьшение биоразнообразия, в основном за счет тундровых, реликтовых и эндемичных растений. Полученные нами материалы по состоянию высокогорной растительности облегчат в дальнейшем наблюдения за ее динамикой под воздействием естественных и антропогенных факторов.

### **Общие выводы:**

1. На средних по крутизне, каменистости, увлажнению и снежности участках склонов хр. Бол. Таганай с конца XIX по начало XXI в. верхняя граница древостоев различной сомкнутости сместилась вверх на 60–70 м, что было сопряжено с удлинением вегетационного периода (на 4–7 дней), повышением температур воздуха в начале теплого периода года (май-июнь) на 1.2° С и в холодный период года на 1.8° С, а также увеличением количества твердых осадков.

2. В пределах современного экотона верхней границы древесной растительности время появления и массового заселения древесными видами участков склонов в последние столетия напрямую зависело от фоновой высоты и особенностей формирования на них снежного покрова.

3. Улучшения климатических условий в XX в. на верхнем пределе распространения древесной растительности способствовало у многих древесных растений смене стланиковой формы роста на многоствольную и ускорению их темпов роста (особенно у тех, которые появились в последние 50 лет), что обусловило быстрое смыкание крон деревьев и тем самым продвижение верхней границы сомкнутых лесов в горы.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Александрова В.Д. Изучение смен растительного покрова // Полевая геоботаника. М.; Л., 1964. Т. 3. С. 300–447.
- Алешков А.Н. Геологический очерк района горы Неройки // Приполярный Урал. М.; 1937. С. 3–55.
- Борисевич Д.В. Рельеф и геологическое строение // Урал и Приуралье. М., 1968. С. 19–81.
- Борисенков Е.П., Пасецкий В.М. Тысячелетняя летопись необычайных явлений природы. М.: Мысль, 1988. 522 с.
- Горчаковский П.Л. Закономерности снегонакопления в горах Северного Урала и водоохранная роль высокогорных лесов // Тр. Урал. лесотехнич. ин-та. 1959. Вып. 16. С. 115–127.
- Горчаковский П.Л. Флора и растительность высокогорий Урала. Свердловск, 1966. 270 с.
- Горчаковский П.Л. Растительный мир высокогорного Урала. М.: Наука, 1975. 284 с.
- Горчаковский П.Л., Шиятов С.Г. Фитоиндикация снежного покрова и снежных лавин в высокогорьях // Экология. 1971. № 1. С. 22–35.
- Горчаковский П.Л., Шиятов С.Г. Фитоиндикация климатических условий на верхнем пределе леса // Экология. 1973. № 1. С. 50–65.
- Горчаковский П.Л., Шиятов С.Г. Фитоиндикация условий среды и природных процессов в высокогорьях. М.: Наука, 1985. 208 с.
- Иванова Е.Н. Почвы Урала // Почвоведение. 1947. № 4. С. 213–226.
- Игошина К.Н. Высокогорная растительность Среднего Урала // Журн. русского ботан. Об-ва. 1931. Т. 16. № 1. С. 1–62.
- Игошина К.Н. Особенности растительности некоторых гор Урала в связи с характером горных пород // Ботан. журн. 1960. Т. 45, №4. С. 533–546.
- Игошина К.Н. Растительность Урала (очерк) // Тр. БИН АН СССР. Сер. 3. Геоботаника. 1964. Вып. 16. С. 83–230.
- Капралов Д.С., Шиятов С.Г., Моисеев П.А., Фомин В.В. Изменения в составе, структуре и высотном положении мелколесий на верхнем пределе их произрастания в горах Северного Урала // Экология. 2006. № 6. С. 403–409.
- Круковский М.А. Южный Урал : Путевые очерки (140 фотогр. авт.). М.: К.И. Тихомиров, 1909. 314 с.
- Кувшинова К.В. Климат // Урал и Приуралье. М., 1968. С. 82–118.
- Наурзбаев М.М., Ваганов Е.А. 1957-летняя древесно-кольцевая хронология по востоку Таймыра // Сиб. экол. журн. 1999. Т.6. № 2. С.26–37.
- Погодина Г.С., Розов Н.Н. Почвы // Урал и Приуралье. М., 1968. С. 167–210.
- Субботина О.А. Почвенная карта //Атлас Челябинской области. М., 1976.

Тихомиров Б.А. К вопросу о динамике полярного и вертикального предела лесов Евразии // Сов. бот. 1941. № 5/6. С. 23–38.

Хантемиров Р.М. Динамика древесной растительности и изменения климата на севере Западной Сибири: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. Екатеринбург, 2009. 44 с.

Шиятов С.Г. Снежный покров на верхней границе леса и его влияние на древесную растительность // Труды Ин-та экологии растений и животных УФАН СССР. Свердловск, 1969. Вып. 69. С. 141–157.

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

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

Шиятов С.Г., Терентьев М.М., Фомин В.В. Пространственно-временная динамика лесотундровых сообществ на Полярном Урале // Экология. 2005. № 2. С.69–75.

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

Briffa K.R., Bartholin T.S., Eckstein D. et al. One thousand four hundred year tree-ring record of summer temperatures in Fennoscandia // Nature. 1990. V. 346. P. 434–439.

Briffa K.R., Jones P.D., Bartholin T.S. et al. Fennoscandian summers from AD 500: temperature changes on short and long timescales // Climate Dynamics. 1992. № 7. P. 111–119.

Briffa K.R., Jones P.D., Schweingruber F.H. et al. Tree-ring variabilities as proxy-indicators: problems with low frequency signals // Climatic variation and forcing mechanisms of the last 2000 years. Berlin; Heidelberg, 1996. P. 9–41.

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

De Groot R.F., Ketner P. Sensitivity of NW European species and ecosystems to climate change and some implications for nature conservation and management // Impact of Climate Change on Ecosystems and Species. Gland, Switzerland, 1994. 243 p.

Delcourt P.A., Delcourt H.R. Ecotone dynamics in space and time // Landscape Boundaries: Consequences for Biotic Diversity and Ecological Flows. New York, 1992. P. 19–54.

Hantemirov R.M. A 2,305 year tree-ring reconstruction of mean June-July temperature deviation in the Yamal Peninsula // Int. Conf. Past, Present and Future Climate. Helsinki: Finland Acad. Publ., 1995. № 6. P.124–127.

Harsch M.A., Hulme P.E., McGlone M.S., Dunca R.P. Are treelines advancing? A global meta-analysis of treeline response to climate warming // *Ecology Letters*. 2009. № 12. P. 1040–1049.

Holtmeier F.-K. *Mountain Timberlines. Ecology, Patchiness, and Dynamics*. Dordrecht; Boston; London: Kluwer Academic Publishers, 2003. 369 p.

Holtmeier F.-K., Broll G. Sensitivity and response of northern hemisphere altitudinal and polar treelines to environmental change at landscape and local scales // *Global Ecology and Biogeography*. 2005. № 14. P. 395–410.

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

Hughes M.K., Graumlich L.J. Multimillennial dendroclimatic studies from the western United States// *Climatic Variations and Forcing Mechanisms of the Last 2000 Years*. Berlin; Heidelberg, 1996. № 141. P.109–124.

IPCC, 2014. *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press, 2014. 1131 p.

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

Kearney M.S. Recent seedling establishment at timberline in Jasper National Park, Alberta Canad. *J. of Botany*. 1982. № 60. P. 2282–2287.

Khotinskiy N.A. *Holocen climate change // Late Quaternary environments of the Soviet Unnion*. Menneapolis: University of Minnesota Press, 1984. P. 305–309.

Körner Ch. A re-assessment of high elevation treeline positions and their explanation // *Oecologia*. 1998. V. 115, № 4. P. 445–459.

Körner Ch. Carbon limitation in trees // *J. Ecol.* 2003. V. 91, № 1. P. 4–17.

Kullman L., Engelmark O. Neoglacial climate control of subarctic *Picea abies* stand dynamics and range limit in Northern Sweden // *Arc. Alp. Res.* 1997. V. 29, № 3. P.315–326.

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

Lamb H.H. The early medieval warm epoch and its sequel // *Paleogeogr., Paleoclimatol., Paleoecol.* 1965. V.1. P. 13–37.

Lavoie C., Paeytte S. Black spruce growth forms as a records of a changing winter environmant at treeline, Quebec, Canada // *Arc. Alp. Res.* 1992. V.24, № 1. P. 315–326.

Mazepa V., Shiyatov S., Devi N. Climate-Driven Change of the Stand Age Structure in the Polar Ural Mountains // *Climate Change - Geophysical*



Foundations and Ecological Effects, Juan Blanco and Houshang Kheradmand (Eds.). 2011. ISBN: 978-953-307-419-1

Risser P.G. The status of the science examining ecotones // *BioScience*. 1995. № 45. P. 318–325.

Shiyatov S.G. Reconstruction climate and the upper timberline dynamics since AD 745 by tree-ring data in the Polar Ural Mountains // *Int. Conf. on Past, Present and Future Climate*. Helsinki: Finland Acad. Publ, 1995. № 6. P. 144–147.

Shiyatov S.G. Rates of change in the upper treeline ecotone in the Polar Ural Mountains // *PAGES News*. April 2003. V.11. No 1. P. 8–10.

Slatyer R.O., Noble I.R. Dynamics of montane tree-lines // *Landscape Boundaries: Consequences for Biotic Diversity and Ecological Flows*. New York, 1992. P. 346–359.

Sturm M., Schimel J., Michaelson G. et al. Winter biological processes could help convert Arctic tundra to shrubland // *BioScience*. 2005. V. 55. P. 17–26.

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

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

*Научное издание*

*Павел Александрович Моисеев,  
Степан Григорьевич Шиятов,  
Андрей Андреевич Григорьев*

**КЛИМАТОГЕННАЯ ДИНАМИКА ДРЕВЕСНОЙ  
РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА ВЕРХНЕМ ПРЕДЕЛЕ  
ЕЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ НА ХРЕБТЕ БОЛЬШОЙ ТАГАНАЙ ЗА  
ПОСЛЕДНЕЕ СТОЛЕТИЕ**

Рекомендовано к изданию  
Ученым советом Института экологии растений и животных  
И НИСО УрО РАН

Редактор К.И. Ушакова  
Корректор К.И. Ушакова  
Компьютерная верстка Ю.Б. Швецовой

Подписано в печать 04.07.2016  
Формат 60x84 1/16 Бумага типографская. Печать офсетная.  
Усл. печ. л. 7,9 Уч.-изд. л. 4,98 Тираж 400 экз. Заказ 5658

Отпечатано в типографии  
ООО «Издательство УМЦ УПИ»  
620278, Екатеринбург, ул. Гагарина 35а, оф.2