

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
СИБИРСКИЙ ИНСТИТУТ ФИЗИОЛОГИИ И БИОХИМИИ РАСТЕНИЙ
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК**

На правах рукописи

Рудинский Михаил Георгиевич

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА РОСТ И
ВОЗОБНОВЛЕНИЕ ЛИСТВЕННИЦЫ В ОСТРОВЕ ЛЕСА АРЫ-МАС
(ВОСТОЧНЫЙ ТАЙМЫР)**

Специальность 03.02.08 – Экология (биологические науки)

диссертация на соискание ученой степени

кандидата биологических наук

Научный руководитель

д.б.н. В. И. Воронин

Иркутск - 2016

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ГЛАВА 1. СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ ПРОБЛЕМЫ	8
1.1. История исследования Ары-Мас	8
1.2. Предел распространения древесной растительности. Взаимоотношение леса и тундры	12
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ	23
ГЛАВА 3. ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЯ	28
3.1. Геология и рельеф	28
3.2. Климат	32
3.3. Почвы	37
3.4. Растительность	56
ГЛАВА 4. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ, ДОМИНИРУЮЩИЕ В ЛИСТВЕННИЧКАХ АРЫ- МАС	63
ГЛАВА 5. АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА РАДИАЛЬНЫЙ ПРИРОСТ ЛИСТВЕННИЦЫ	72
ГЛАВА 6. ЛЕСОВОЗОБНОВЛЕНИЕ В ЛИСТВЕННИЧКАХ АРЫ МАС	88
ВЫВОДЫ	101
ЛИТЕРАТУРА	103

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы

Текущее потепление климата, которое неизбежно влечет за собой существенные изменения экосистем, наиболее контрастно проявляется в районах Субарктики. Наблюдается активное наступление леса на тундру, увеличение сомкнутости притундровых лесов и возрастание их продуктивности, изменение видового состава биоценозов (Харук и др., 2006; Кнорре и др., 2007; Мазепа, 2007; Шиятов, 2009; Хантемиров и др., 2008). Пристальное внимание уделяется решению вопроса динамики полярной границы леса, которая в значительной степени определяется тенденцией изменения температуры воздуха (Хантемиров, Шиятов, 1999). Установлено, что связь между величиной радиального прироста древесины и температурой воздуха стала слабее (Briffa et al., 1998; 2008). Очевидно, что с ослаблением роли температуры усилилось влияние на рост деревьев других внешних факторов, например, летних осадков (Мазепа, 1999; Sidorova et al., 2009) или почвенных условий (Бенькова и др., 2012). Долгое время считалось, что северная граница леса пространственно совпадает с изотермой июля $+10^{\circ}\text{C}$, а другие факторы рассматривались как очень и очень второстепенные. Не были установлены параметры среды, при которых происходит успешное возобновление древостоев лиственницы в самом северном в мире острове леса «Ары-Мас» (Таймыр, $72^{\circ}30'$ с.ш.).

Таким образом, проблема выявления внешних факторов, существенно влияющих на радиальный прирост и возобновление лиственничников,

формирующих северную границу леса в условиях современных климатических изменений актуальна.

Цель и задачи исследования

Целью работы являлось исследование особенностей роста лиственницы в редколесьях и редирах лесного массива «Ары-Мас» в зависимости от климатических и эдафических условий и оценка возможностей лесовозобновления в лиственничниках.

Для достижения цели решались следующие задачи:

1. Определить особенности формирования радиального прироста лиственницы разных ценотических позиций в «Ары-Мас».
2. Провести анализ данных инструментальных наблюдений температуры и осадков на экологическом профиле и ГМС «Хатанга» и выявить связь радиального прироста деревьев с климатическими параметрами.
3. Установить характер лесовозобновительного процесса в редирах и редколесьях лиственницы.

Защищаемые положения

1. Деревья лиственницы, занимающие разные ценотические позиции: в редирах, редколесьях и одиночно стоящие деревья на пределе их распространения, имеют характерные особенности роста в последние десятилетия.

2. Радиальный прирост лиственницы в древостоях Восточного Таймыра в последние десятилетия не имеет выраженной тенденции к увеличению, что связано с характером климатических изменений в регионе.

3. Массовое лесовозобновление в лиственничниках Ары-Мас происходит волнообразно. Эти периоды чётко фиксируются в динамике ширины годовых колец лиственницы в редирах и редколесьях.

Научная новизна

Для «Ары-Мас», самого северного в мире острова леса, впервые проведены исследования круглогодичного хода температуры почвы с использованием термодатчиков в разных местах произрастания лиственницы. Показано, что на открытых пространствах почва летом прогревается достаточно сильно – максимальные значения её температуры близки к средней температуре воздуха, но также сильно охлаждается и имеет заметно большую амплитуду месячных показателей. Установлено, что синергия негативных влияний позднего схода снега и неглубокого оттаивания корнеобитаемого слоя почвы в редколесьях по сравнению с редирами уменьшает продолжительность периода физиологической активности лиственницы и приводит к снижению величины годового радиального прироста древесины лиственницы. Показан волнообразный характер возобновления лиственничников Заполярья

Практическая значимость

Выполненная работа входила в планы научных исследований Государственного природного биосферного заповедника «Таймырский» по изучению естественного хода процессов, протекающих в природе и выявлению взаимосвязей между отдельными частями природных комплексов, её результаты вошли в ежегодные отчёты заповедника (2010-2013 гг.). Они опубликованы в летописях природы (т. 26, 2010; т. 27, 2011; т. 28, 2012; т. 28, 2013) и докладывались на НТС заповедника (2010-2013 гг.).

Личный вклад соискателя

Автор принимал участие в закладке экологического профиля и пробных площадей, в установке температурных датчиков, снятии показаний и их аналитической обработке. Лично автором были отобраны керны древесины и проведена их камеральная обработка, собран материал по лесовозобновлению, выполнены измерения глубин сезонного оттаивания грунтов. Автором определены задачи, подготовлена программа исследований, выполнена работа по планированию, выбору и обоснованию методов. Обработка, датировка, анализ и обобщение полученных результатов проведены автором лично.

Апробация работы

Результаты исследований обсуждались на конференциях: «Заповедники Российской Арктики: проблемы и пути решения» (Тикси, 2010); «Таймырские чтения – 2011» (Норильск, 2011); «География, история и геоэкология на службе науки и инновационного образования» (Красноярск,

2011); «Биологические исследования в Сибири» (Иркутск, 2011); «Таймырские чтения – 2012» (Норильск, 2012)

Публикации. По теме диссертации опубликовано 8 научных работ, из которых 2 статьи в изданиях, рекомендованных ВАК РФ.

Объем и структура диссертации. Диссертация изложена на 117 страницах текста, состоит из общей характеристики работы, шести глав, выводов, списка использованных источников (143 наименования, в том числе 9 на иностранном языке), иллюстрирована 11 таблицами, 30 рисунками.

Глава 1. СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ ПРОБЛЕМЫ

1.1. История исследования Ары-Мас

«Ары-Мас», что в переводе с долганского языка означает «лесной остров», изолированный от Прихатангских редколесий полосой кустарниковых тундр, расположен на полуострове Таймыр ($72^{\circ}30'$ с.ш.), на правом берегу реки Новой. Впервые это уникальное место было описано А. И. Толмачевым (1931), руководителем Таймырской экспедиции в 1928-1929 гг. В начале 1930-х годов планомерное изучение растительности Таймыра от р. Пясины до р. Хатанга было проведено геоботаниками Всесоюзного Арктического института (ныне Арктический и Антарктический НИИ Росгидромета РФ). На Восточном Таймыре работала Л. Н. Тюлина. Ее классическая работа «Лесная растительность Хатангского района у ее северного предела» (Тюлина, 1937), не потерявшая своего научного значения до сих пор, положила начало исследованию лесного острова «Ары-Мас». Л.Н. Тюлина произвела здесь описание основных растительных ассоциаций и для каждой ассоциации привела графики хода роста в высоту подроста лиственницы даурской (*Larix dahurica* Lawson.). Она впервые обратила внимание на продвижение лесной границы в пределах урочища Ары-Мас. Устойчивое и прогрессирующее «наступление леса на тундру» позволило автору сделать вывод о начале нового последникового потепления. По ее мнению, наступление леса на тундру носит устойчивый характер и обусловлен климатическими изменениями.

Следующий этап изучения природы лесного острова Ары-Мас наступил в связи с реализацией Международной Биологической программы, в рамках которой Ботаническим институтом АН СССР выполнялись систематические и многолетние исследования природы «Ары-Мас» (1969-1976 гг.). По итогам этих исследований была выпущена коллективная монография (Ары-Мас..., 1978). В ней сведены результаты исследований флоры высших растений, листостебельных и печеночных мхов, лишайников (Норин, 1958, 1964, 1978; Варгина, 1978; Афолина, 1978; Жукова, 1978; Мартин, 1978), почв (Игнатенко, 1973, 1978). Но главное внимание уделялось изучению структуры растительности лиственничных редколесий (Норин, 1958, 1964, 1978; Ловелиус, 1973, 1975, 1979, 1994; Кнорре, 1974, 1975, 1978; Белорусова, 1978).

В 1979 году при образовании государственного природного биосферного заповедника «Таймырский» территория, занимаемая редколесьями и редидами лесного острова Ары-Мас, вошла в его состав. В 1985 г. Восточно-Сибирское лесостроительное предприятие (г. Красноярск) завершило лесоустройство в заповеднике. В том же году была начата программа «Летописи природы», темой которой и по настоящее время является изучение естественного хода процессов, протекающих в природе, и выявление взаимосвязей между отдельными частями природного комплекса. Ары-Мас целиком посвящен том №18 (Летопись..., 2003). В нем приведены результаты комплексных работ на участке научного отдела Таймырского заповедника.

В 1990 году в соответствии с договором о сотрудничестве между Институтом леса им. В. Н. Сукачева СО РАН и госзаповедником «Таймырский» под руководством заместителя директора института, к.б.н. А. П. Абаимова были начаты исследования природы притундровых лесов и редколесий на территории Хатангского района, в том числе и на участке «Ары-Мас» (Отчет..., 1991). Изучалась возрастная и пространственная структура лиственничных редколесий. Анализ полученных данных показал, однородность популяции лиственницы – все случайные выборки принадлежат одной генеральной совокупности. Был выдвинут тезис о тесной корреляции диаметра дерева на высоте груди с его возрастом. Однако, выяснилось, что точно оценивать фактический возраст дерева, руководствуясь лишь таким показателем как диаметр на высоте груди, невозможно. Так, например, по одним и тем же данным дерево диаметром 10 см имеет возраст не менее 50 лет, с вероятностью 95% его фактическое значение будет находиться в пределах 129 ± 111 лет, а с учетом нижнего предела интервал составит 50-240 лет.

Характер возобновления лиственницы в урочище Ары-Мас носит циклический характер (Наурзбаев, 2005). По данным автора, форма возрастных кривых подтверждает неявно выраженный характер возрастной изменчивости, однако в первые 100 лет у более 70% деревьев четко выражен т.н. «период большого роста». Расчет корреляционных связей прироста с температурой воздуха убедительно свидетельствует о снижении

чувствительности к внешним климатическим условиям в первые сто лет жизни деревьев.

Дендрохронологические и дендроиндикационные исследования на северной границе леса в Ары-Мас производились Н. В. Ловелиусом (Ловелиус, 1970-2009; Lovelius, 1972, 1975, 1995). Им восстановлен ход среднемесячной температуры июля для района Ары-Мас за период с 1700 года на основе корреляционной связи радиального прироста лиственницы со среднемесячной температурой июля по данным метеостанции Хатанга (Ловелиус, 2000).

Близкие по характеру исследования на Ары-Мас проводятся при участии сотрудников Института леса СО РАН (Наурзбаев, Ваганов, 1999; Наурзбаев, 2001, 2005, 2006; Харук и др, 2004; Сидорова, Наурзбаев, 2002, 2005; Кирдянов и др, 2006). Особенность их работ — построение древесно-кольцевых хронологий голоцена, клеточная структура радиального прироста, элементный анализ годичных колец деревьев, а также спутниковое дешифрирование растительного покрова. М. М. Наурзбаевым (2005) были получены сверхдлинные древесно-кольцевые хронологии Восточного Таймыра. Ары-Мас включен в обобщенный массив дендроклиматических данных для Евразии и северного полушария в целом (Ваганов и др., 2000, 2005).

1.2. Предел распространения древесной растительности.

Взаимоотношение леса и тундры.

На Таймырском полуострове древесная растительность представлена лиственницей Гмелина (*Larix gmelinii* (Rupr.) Rupr.). Этот вид, название которого до сих пор является дискуссионным (Дылис, 1961; Бобров, 1972; Круклис, Милютин, 1977; Рысин, 2010), является здесь основной древесной породой, к тому же формирующей самые северные массивы редколесий. Один из них – Ары-Мас, достигающий, как уже упоминалось, 72°30' с.ш., другой – в нижнем течении р. Лукунской – 72°34' с.ш.

Благодаря палеоботаническим исследованиям (Антропоген ..., 1982) стало известно, что близ урочища Ары-Мас и по бассейну р. Улахан-Юрях 5–6 тысяч лет назад существовали редкостойные северотаежные леса в более теплом и влажном, чем сейчас, климате. Среднегодовая температура не опускалась ниже -12°C (-12-16°C), среднеянварская температура была около -34°C (-34-36°C), среднеиюльская достигала 14°C (11-12°C).

О северной границе лесов на Таймыре впервые упоминает А.Ф.Миддендорф (1867). Он отмечает, что «на Хатанге предел лесов достигает наибольшее приближение к полюсу, какое только можно найти на земном шаре». А. И. Толмачев (1931) на основании собственных наблюдений провел границу распространения древесной растительности от Енисея до Хатанги, которая близка к современной, полученной методом дешифрирования спутниковых снимков. По последним данным стало

известно, что отдельные деревья в стланиковой и полустланиковой форме встречаются намного севернее (Поспелов, Поспелова, 2013) (рис.1).

Как наиболее близкий к северному полюсу участок леса Ары-Мас представляет интерес для ученых различных направленностей. Особенно интересны причины такого удаления лесного массива на север за пределы границы лесов.

Г.И.Танфильев (1911) на основании своих наблюдений в Большеземельской тундре (бассейн Печоры) подтверждает наблюдения Л.И.Шренка (1855) и А.Ф.Миддендорфа (1867) о том, что древесная растительность проникает в безлесную тундру длинными языками вдоль речных долин. В условиях Сибири А. Е. Норденшельд (1885) и В. Б. Шостакович (1911) объясняли это согревающей ролью рек, которые имея течение с юга на север, несут с собой запасы тепла.

Однако, существует и другая точка зрения: 1) в сибирских тундрах нередко мелкие реки небольшого протяжения, вдоль которых все же растет лес; 2) деревья встречаются в тундре не только по рекам, текущим с юга, но и при любом другом направлении, когда согревающая роль воды исключается (долина р. Новой как раз имеет направление с северо-запада на юго-восток, а большинство ее притоков берут истоки севернее Ары-Мас) (Шумилова, 1962).

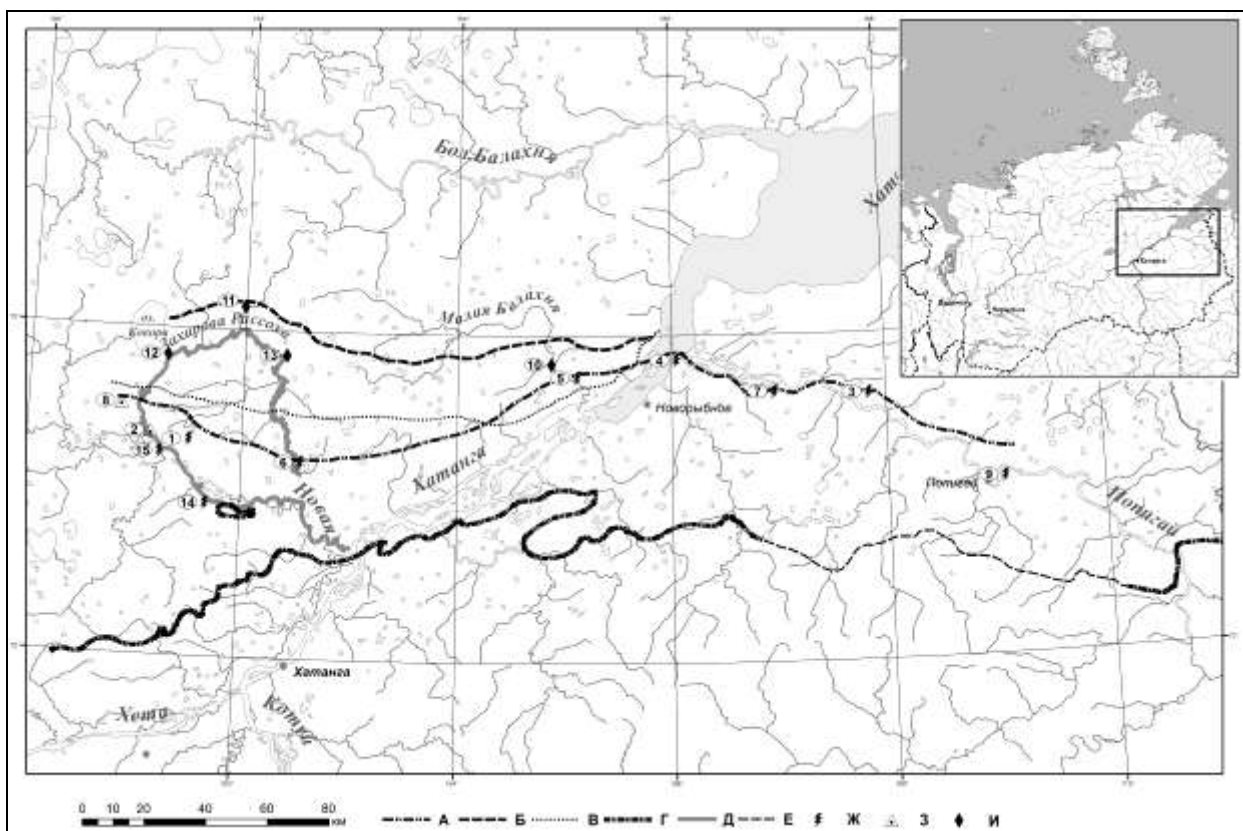


Рис.1. Распространение лиственничных редколесий, древесной и стланиковой формы лиственницы и ольховника на юго-востоке Таймыра (А – граница распространения древесной формы лиственницы, Б – граница распространения лиственничного стланика, В – граница распространения ольховника, Г – граница сплошного распространения северотаежных редколесий, Д – маршрут экспедиции 2012 г., Е – граница горных сооружений Анабарского плато; находки различных форм лиственницы: Ж – дерево, З – полустланик, И – стланик) (Поспелова, Поспелов, 2013)

А. И. Толмачев (1931) считает, что: 1) летние температуры и пониженная ветреность района определяют общее направление и широтное положение границы лесов (в частности, обуславливают ее сдвиг к северу в долине р. Новой); 2) рельеф имеет двойное значение, определяя, с одной стороны, разную степень защиты от ветра, а с другой – местные особенности грунта, в частности дренаж и темп оттаивания мерзлоты. В. В. Алехин (1951), помимо других причин, указывает также на то, что песчаные,

грубозернистые речные наносы (характерные для долины реки Новой) наиболее благоприятны для тундровых лесов, так как глубоко оттаивают летом или вовсе лишены вечной мерзлоты, а также придерживается мнения Л. С. Берга (1931), который считал, что указанная причина вместе с уменьшением амплитуд температуры из-за близких водных масс и сток холодного воздуха со склонов речных террас и долин действуют совместно и приводят к общему известному результату.

Г. И. Танфильев (1911) отмечал, что лес может расти и по сухим оврагам и вообще там, где поверхность почвы имеет не горизонтальный, а наклонный характер, то есть лучше дренирована. Придавая решающее значение заболоченности тундровых почв, как главному фактору, препятствующему развитию древесной растительности, он считал несовместимым произрастание деревьев с существованием вечной мерзлоты, а поэтому он и к заболачиванию подходил с точки зрения его влияния на температурный режим почв. В. Н. Сукачев (1934), не отрицая значения описываемого Г.И. Танфильевым явления, замечает, что нельзя считать его общей причиной отступления леса к югу, так как в тундре болота распространены не повсеместно и что и на сухих местах лес в ней не растет. Основной причиной надвигания тундры на лес В. Н. Сукачев считал прогрессивное изменение климата в сторону его суровости, которое влечет за собой усиление физиологической сухости.

Теория физиологической сухости (эта теория основывается на недоступности для растений воды из холодной почвы) была господствующей

среди ботаников и географов того времени. Ее придерживались Г. И. Танфильев (1911), Б. Н. Городков (1929), В. Б. Сочава (1933) и др. В. П. Дадькин (1952) опроверг эту теорию, доказав на опытах, что замедленный рост растений на холодных почвах вызван затруднением в использовании питательных веществ, особенно азота.

Еще К. Бэр (Baer, 1838) писал, что мхи и лишайники ведут постоянную и всегда победоносную борьбу с лесом, объясняя таким путем гибель леса на его северном пределе. Р. Поле (Pohle, 1903) считал одной из основных причин отступления леса к югу вытеснение его арктической и субарктической растительностью, вследствие преимуществ арктических и субарктических растений в борьбе за существование в суровых условиях севера по сравнению с деревьями.

Несмотря на то, что в области контакта леса и тундры работало много исследователей (Шренк, 1855; Миддендорф, 1867; Танфильев, 1911; Городков, 1929, 1935; Толмачев, 1931; Тюлина, 1936, 1937; Медведев, 1952; Андреев, 1954, 1956, 1970; Норин, 1958; Тихомиров, 1962; Ловелиус, 1978 и др.), вопрос о взаимоотношении леса и тундры до сих пор дискутируется.

Еще А. И. Толмачев (1931) о редколесьях из даурской лиственницы к востоку от реки Пясины писал: «Хотя и есть местная деградация, крайняя жизненность характерна для них в условиях северной границы: обилие молодняка даже в области господства тундры, возможно, свидетельствует о распространении лиственничных насаждений на новые территории».

Л. Н. Тюлина (1937) говорила о том, что черты, характерные для редколесий к востоку от р. Пясины, отмеченные А. И. Толмачевым (1931), свойственны и исследованным ею редколесьям Хатангского района. Кроме того, характерно равномерное распределение прихатангского редколесья по всем элементам рельефа (кроме болот) почти у самой границы с тундрой, следовательно, лиственница растет здесь в разнообразных условиях, а не только в наилучших. Почти во всех участках редколесья наряду с корявыми, старыми экземплярами имеются более или менее нормально развитые лиственницы более молодого поколения, растущие обычно гуще и местами уже образующие господствующий полог. Обильного сухостоя у границы нет.

На основании исследований в Хатангском и Анадырском районах, а также анализа опубликованных материалов, Л. Н. Тюлина (1937) пишет о том, что полярный предел, образованный даурской лиственницей, к востоку от р. Пясины до р. Анадырь, устойчив, а на Анадыре и Хатанге обнаружены признаки наступания леса на тундру и высказала предположение о том, что лесная растительность имеет тенденцию к положительному сдвигу.

Об ухудшении условий произрастания лиственницы в Ары-Мас говорит А. П. Тыртиков (1995), считая причиной тому развитие мохового покрова – в процессе смены редколесий тундрами на суглинках наблюдается изменение всего комплекса почвенных условий, а именно: понижение температуры, уменьшение глубины протаивания, ухудшение аэрации, увеличение влажности почвы, образование торфянистого горизонта, ухудшение минерального питания растений. Все это обусловлено развитием

и нарастанием мхов в редколесьях, вызывает угнетение роста и развития корней деревьев, ускоряет их гибель и таким путем происходит смена лесов и редколесий тундрами. Основную причину смены редколесий тундрами Тыртиков видит в том, что всходы лиственницы не могут прижиться на сплошном моховом или лишайниковом ковре, который неизбежно развивается в лесах и редколесьях.

Смену редколесий тундрами в урочище Ары-Мас А. П. Тыртиков (1995) описывает так: пятнистые тундры распространены на вершинах и сильнообдуваемых склонах холмов и коренных берегов рек Новой и Хатанги в ее нижнем течении (Тыртиков, 1995). Пятна постепенно зарастают травами и кустарничками, а также мхами и лишайниками. Одновременно на зарастающих и голых пятнах приживаются всходы семян лиственниц и ольхи, развивается подрост. Прирост верхушечных побегов здесь достигает 22 см в год. В дальнейшем на пятнистых тундрах формируются лиственничные редколесья. Образуются лиственничные редколесья зеленомоховые. Дальнейшее нарастание мхов и увеличение толщины торфянистого слоя сопровождаются повышением верхней поверхности вечной мерзлоты, ухудшением условий произрастания растений, а именно: понижением температуры почвы, ухудшением аэрации и минерального состава. Рост корней лиственницы в этих условиях ухудшается. В этот период наблюдается отмирание верхушечных побегов лиственниц, деревья становятся многовершинными, верхние части стволов кривыми за счет усиления прироста боковых привершинных побегов. Кроны становятся

ажурными, гибнут отдельные деревья и подрост, древостой изреживается. Возникают лиственничные редколесья моховые.

Затем мхи и торфянистый слой полностью заполняют понижения между пятнами, микрорельеф сглаживается. В дальнейшем древостой отмирает, подрост не развивается, рост кустарников также ухудшается, по мере уменьшения толщины снежного покрова. Редколесья сменяют кустарничково-лишайниково-моховые тундры.

Аналогично описывает стадии образования лесных островов В. В. Крючков (1976), сводя причину гибели древостоев к недостатку минеральных веществ в ограниченном объеме сезонноталого слоя.

Наилучшими условиями произрастания обладают лиственничные редколесья с подлеском из ольхи (Тыртиков, 1995). Здесь верхняя граница вечной мерзлоты понижается. Примечательно что, в нижнем течении р. Хатанга, лиственница как в древесной, так и в стланиковой форме идет на север дальше, чем ольховник (Поспелов, Поспелова, 2013).

Отдельным вопросом стоят причины безлесия тундры. Безлесие – это важнейший признак всей тундровой зоны в целом. Однако, древесная флора и «нелесные» древесные сообщества как раз характерны для лесотундровой подзоны: они представлены здесь в виде редины и редколесий. А. Ф. Миддендорф (1867) выдвигал в качестве одного из важнейших факторов безлесия тундры губящее действие северных ветров и считали, что в речных долинах деревья находят защиту именно от этого фактора.

А. Чильман (Chilman, 1890) придавал решающее значение зимнему иссушению почек деревьев, происходящему в условиях ветрового режима Арктики. Б. Н. Городков (1930) выдвигает на первое место эдафические условия, в частности низкие температуры почвы, связанные в Сибири с вечной мерзлотой. Указывая на некоторое механическое значение мерзлоты для деревьев, он в то же время считает решающим моментом низкие температуры почвы, вызывающие отмирание корней – прежде, чем они углубятся до вечной мерзлоты – на различном уровне у разных растений в зависимости от их температурного минимума. Л. В. Шумилова (1962) видит здесь суть во взаимодействии двух факторов: низких температур почвы, препятствующих поступлению воды в корни, и сильного испарения, что в общей сложности создает нарушение водного баланса и может приводить к гибели деревьев в тундре. Поскольку для древесных растений необходима большая мощность оттаивающего слоя, чем для бескорневых мхов и лишайников, или трав и кустарников, постольку в лесотундре древесная растительность занимает избирательно такие местообитания, где верхний уровень мерзлоты понижен за счет лучшего дренажа, т.е. вдоль рек и по склонам возвышенностей независимо от экспозиции склонов.

Своеобразная черта северных лесов – их редкостойность – уже давно отмечалась исследователями Севера (Миддендорф, 1867; Толмачев, 1931). В. В. Алехин (1951), ссылаясь на мнение А. А. Григорьева (1924), разреженность древостоев на крайнем пределе лесной растительности объясняет тем, что из-за низкой температуры почвы корни деревьев

распространяются не вглубь, а вширь, распределяясь в наиболее поверхностных слоях почвы. Отсюда, число деревьев должно уменьшиться, так как каждое дерево использует большую площадь поверхности. В этот же ряд можно добавить утверждение Б. Н. Норина (1964), много лет посвятившего изучение лесотундровых редколесий: «Важнейшей особенностью структуры лесотундровых сообществ является разреженность их древесного яруса, вызванная конкуренцией корневых систем деревьев».

Б.Н. Городков (1946) считает, что в Арктике наиболее приспособленными к существованию оказываются те биоморфы, которые располагают свои надземные части в самом низком слое припочвенного воздуха или же стелются по поверхности почвы.

Еще А.Ф. Миддендорф (1867) указывал, что температуры, измеренные на некотором удалении от почвы, не характеризуют действительных условий, в которых находятся в Арктике прижатые к земле растения. Известно, что температура поверхности почвы в тундре может превышать в летнее время температуру воздуха на 7-8°C (табл. 1). С другой стороны, очень велико влияние ветров как иссушающих летних, так и зимних, которые при малоснежности Арктики губят почки, наносят механические повреждения надземным частям растений. В этих условиях решающее значение для растений приобретает даже минимальная снеговая защита.

Таким образом, в Арктике распространены мелкие кустарнички и некоторые травы, у которых почки возобновления располагаются невысоко над землей или у самой ее поверхности.

Таблица 1. Средняя температура воздуха и почвы в тундре в июле

	Температуры, °С			Уровень вечной мерзлоты, см
	воздуха на высоте 1 м над поверхностью почвы	поверхности почвы	почвы на глубине 10 см	
Енисейская тундра (Шумилова, 1931)	24°	30°	15°	35
Карская тундра (Сукачев, 1922)	18°	25°	13°	40
Ары-Мас (Поспелов, 2002)	13°	18°	6°	42

Наиболее характерной чертой лиственницы Гмелина является то, что ее ареал в общих чертах расположен в области распространения многолетней мерзлоты. Здесь она господствует в древесном ярусе. Наиболее характерная черта лиственницы Гмелина – приуроченность и приспособленность к специфическим условиям, создаваемым сплошным залеганием многолетней мерзлоты. Корневые системы лиственницы почти во всех условиях обитания располагаются в слое почвы, на меньшей или большей глубине контактирующем с мерзлыми толщами.

Антропогенный фактор, оказывающий влияние на состояние лесной растительности на Ары-Мас, впервые отмечен в классическом труде известного геоботаника Л. Н. Тюлиной (1937). Во-первых, на контакте редколесия и тундры ею отмечено полное отсутствие сухостоя. Причиной тому использование его в первой половине XX века в качестве топлива «подкочёвывающими сюда» оленеводами. Во-вторых, Л. Н. Тюлина повсюду наблюдала следы интенсивной рубки. В-третьих, это вытаптывание, приведшее к деградации растительного покрова на некоторых участках. С

той поры никакого существенного антропогенного влияния там не возникло, но, напротив, в связи с заповедным режимом данной территории, этот фактор был сведен к минимуму.

Глава 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В 2010 году в рамках проекта Международного полярного года PPS Arctic по изучению динамики северной границы лесной растительности в Российской Арктике на Ары-Мас при участии автора был заложен экологический профиль протяженностью 2450 м к югу от р. Новой, проходящий через основные типы растительности: лиственничные редколесья, редины и тундры, закладка шести пробных площадей размером 50x50 м, по две в каждом из типов растительности. На профиле установлены автоматические температурные датчики, регистрирующие температуру почвы на глубине 10 см каждые 4 часа на протяжении года; сделаны комплексные геоботанические и таксационные описания, проведено изучение пространственной структуры древостоев, осуществлен отбор кернов стволов лиственницы для изучения возрастной структуры древостоев и годового прироста отдельных деревьев; сделано описание почвенных разрезов с отбором проб для анализа надземной фитомассы и оценки питательных свойств почв, проведено изучение глубин сезонного протаивания, выполнено фотографирование растительности.

Объектом изучения служили древостои и одиночно стоящие деревья лиственницы Гмелина (*Larix gmelinii* (Rupr.) Rupr.). При закладке пробных площадей и отборе образцов руководствовались известными методиками (Программа..., 1974; Методы..., 2008; Дендрэкология..., 2011). Редколесья и редины выделены в ходе проведённого сотрудниками Института леса им В.Н.Сукачева СО РАН в 1985–1986 гг. лесоустройства по следующим параметрам: редколесья – древостои с полнотой 0,1–0,3 (рис.2); редины – древостои с полнотой 0,05–0,1 (рис.3) (Андреев, 1954; Демьянов, 1988). Высота деревьев в редколесьях составляет 4–6 м (до 11 м.), диаметр стволов на высоте 1,3 м – 6–12 см (до 14–20 см в наилучших условиях), запас стволовой древесины на 1 га равен 5–10 м³.



Рис. 2. Лиственничное редколесье на Ары-Мас

В 2012 и 2013 гг. в двух древесных формациях – редине и редколесье – было отобрано 80 образцов – кернов лиственницы, которые были обработаны

в Сибирском институте физиологии и биохимии растений СО РАН с применением автоматизированной системы LINTAB в программном пакете TSAP v. 3.5 (Rinn, 1996).



Рис.3. Редина лиственницы на Ары-Мас

После измерения ширины годичных колец были построены индивидуальные древесно-кольцевые хронологии, которые перекрестно датировались методом *cross-dating*. Затем датировка была проверена тестированием в программе COFESHA из пакета DPL-99 (Holmes, 1998). Оценка возрастного тренда проведена для каждого дерева, возрастная кривая аппроксимировалась негативной экспонентой, относительно которой рассчитывались индексы прироста. Ряды индексов усреднялись для совокупности деревьев с одного участка, в итоге чего была получена стандартная обобщенная хронология (STD-хронология) (Methods..., 1994).

Обработка данных проведена в программе Microsoft Excel с применением статистических методов, используемых в таксации (Глазов, 1976).

Для расчёта корреляционной связи прироста деревьев с температурой воздуха и осадками были использованы данные метеостанции «Хатанга» (период инструментальных наблюдений с 1936 по 2010 гг.). Метеостанция расположена в 65 км южнее Ары-Мас и её данные являются репрезентативными для района исследований.

Учет молодых деревьев (старше 5 лет) производился на учетной площади 10x10 м по следующей схеме: 1. на расстоянии 10 м от кромки леса, 2. в середине массива возобновления и 3. на крайнем пределе продвижения леса в соседний ценоз. Фиксировалось горизонтальное удаление от кромки леса каждой учетной площадки. Число (серия) пробных площадок в каждой точке не меньше трех

При учете фиксировалось количество деревьев, возраст каждого экземпляра, особенности микрорельефа, почвенного покрова. Для всех учетных площадок получены точные GPS-координаты и сделана фотосъемка, показывающая высоту деревьев. В окрестностях учетных площадок отбирались буровые керны молодых деревьев не менее чем по 5 экз. каждого возраста. Всходы (до 5 лет) учитываются вблизи площадок учета молодых деревьев на площадках 2x2 м по 10 площадок в серии (Анучин, 1971). С модельных деревьев одного класса возраста отбирались шишки, измерялись их морфологические параметры, вес 1000 семян. Все всходы без исключения собирались в общий пакет, в который вкладывалась этикетка с номером

серии и необходимыми комментариями. Определение возраста всходов производилось в лаборатории. Был измерен линейный прирост главного побега у 195 экземпляров подроста лиственницы.

Материалом для исследований термического режима почвы послужили данные почвенных температур, зафиксированных электронными температурными датчиками (термографы Dallas Semiconductor Corp., <http://www.elin.ru>), установленными в поверхностном почвенном слое шести различных точек. Эксплуатационный срок датчиков в условиях Таймыра составляет 4 года. Они были запрограммированы на снятие значений температуры в почвах каждые 4 часа на протяжении всего года. Термодатчики были заложены в лиственничных редколесьях в ходе совместной экспедиции Таймырского заповедника и географического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова в рамках исследований проекта Международного полярного года (PPS Arctic) по изучению динамики северной границы лесной растительности в Российской (Рудинский, 2010).

Координаты мест закладки:

Датчик 1: N 72° 27' 24,5", E 101° 51' 19,7"

Датчик 2: N 72° 27' 24,4", E 101° 51' 23,8"

Датчик 3: N 72° 27' 24,7", E 101° 51' 27,1"

Датчик 4: N 72° 27' 24,7", E 101° 51' 27,3"

Датчик 5: N 72° 27' 41,1", E 101° 51' 31,6"

Датчик 6: N 72° 27' 41,6", E 101° 51' 32,9" .

Произведено 902 измерения глубины сезонного оттаивания грунтов. При участии автора были заложены 6 температурных датчиков в редколесье, редине и тундре.

Также были использованы материалы фенологических наблюдений научного сотрудника заповедника «Таймырский» Т.В. Карбаиновой, данные метеорологических наблюдений заимствованы из архива полярной метеостанции «Хатанга», показания температурных датчиков снимались автором. Ряд сведений о состоянии древостоев редколесий и редиин, полученных ранее другими авторами, обрабатывались в качестве дополнения доказательной базы для положений, выносимых автором на защиту.

Глава 3. ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1. Геология и рельеф

Бассейн р. Новой, правого притока р. Хатанги, расположен субширотно между горами Бырранга и Среднесибирским плоскогорьем в центральной части Северо-Сибирской низменности. В геологическом плане Северо-Сибирская низменность соответствует Предтаймырскому мегапрогибу и состоит из нескольких отрицательных и положительных морфоструктур, среди которых самыми крупными являются две впадины: Усть-Енисейская и Хатангская (Белорусова, 1978). Последняя полностью включает бассейн р. Новой.

Осадочный чехол в Хатангской впадине мощностью 3000-5000 м. сложен породами юры и мела. На них с признаками перерыва в

осадконакоплении залегают отложения неогена и антропогена.

Антропогеновые осадки распространены повсеместно.

Хатангская впадина — пологая, грядово-холмистая ступенчатая равнина. Гряды (местное название их «гербеи», что значит «хребты») достигают абсолютной высоты 120-180 м. и совпадают с местными водоразделами. Водораздельные гряды морфологически хорошо выражены, так как превышение их над разделяющими их понижениями составляет 40-60 м. Они имеют плоские вершины, пологие или расчлененные эрозией склоны, сложены валунными суглинками и супесями и представляют собой, главным образом, конечные морены, частично перекрытые морем (Тюлина, 1937).

Географы, начиная с Н. Н. Урванцева (1931), Л. Н. Тюлиной (1937) и др., связывали происхождение водораздельных гряд на Северо-Сибирской низменности, а также межгрядовых понижений и плоских, выположенных участков только с результатами деятельности мощных ледниковых покровов. Геологи (Воронов, Кулаков, 1958 и др.) доказывают, что широкие гряды и разделяющие их еще более широкие понижения (60-100 км) созданы новейшими тектоническими движениями и отмечают, что гряды приурочены к валообразным структурам III и IV порядков.

Из-за многих катаклизмов и неоднократного перестроения речной сети (Карягин, 2003) вопрос о времени заложения долины р. Новой еще остается открытым. П. М. Карягин особо отмечает роль ледово-половодных процессов в формировании террас р. Новой. Суть процессов состоит в работе (совместном действии) трех рельефообразующих факторов: воды, льда и

рельефа во время весенне-летнего половодья. Образование террас в данной ситуации идет по совершенно необычному сценарию. В местах ледовых заторов и других гидродинамических и рельефных ловушек, вода выталкивает лед, а вместе с ним и принесенный материал, выше паводковых вод на несколько метров. При этом льдины деформируют берега, захватывая рыхлый материал на берегу и забрасывая его на верхнюю бровку террасы. Деревья, растущие на террасе, получают на стволах задиры (раны), сдерживают напор льда и принесенного рыхлого материала различной крупности и окатанности. Так формируется таранный террасовый вал асимметричной формы шириной до 100 м. с волнистой, нечеткой бровкой.

В современных рельефообразующих процессах ведущая роль принадлежит криогенным и субкриогенным, хотя некоторые из них и проявляются в меньшей степени, чем на более северных, типично-тундровых ключевых участках. Так, комплексный процесс формирования пятнистого нанорельефа здесь редко приводит к формированию классических пятнистых тундр, резко преобладают по площади пятнисто-бугорковые тундры. Сравнительно слабо развит процесс линейного термокарста (деллевый микрорельеф). В пределах гляциальных структур в котловинах современный процесс повторно-жильного льдообразования практически затух, представлены либо бугристые болота (стадия консервации полигонального рельефа), либо гомогенные в недавно осушенных озерных котловинах и в разрушенных термокарстом бугристых комплексах. Проявления эрозионных процессов несколько интенсивней на северном склоне долины р. Новая, чем

на южном, отчасти это связано с особенностями экспозиции макросклона северной гряды, способствующих снегонакоплению в оврагах (до 10-15 м), что увеличивает объем и интенсивность стока в оврагах, в то же время нивация является усиливающим эрозию фактором. На выпуклых водоразделах на щебнисто-песчаных выходах интенсивны процессы снежно-ветровой корразии и дефляции, на северном берегу Новой в большей степени, чем на южном (Поспелов, 2003).

Река Новая в районе урочища Ары-Мас имеет 4 четко выраженных террасовых уровня (Карягин, 2003):

1. низкая пойма, высотой от 2 до 4 м, сформировавшаяся после климатического оптимума, имеет возраст до 4000 л.н.
2. высокая пойма, высотой от 5 до 7 м., сформировалась в климатический оптимум голоцена от 6500 до 4500 л.н.
3. первая надпойменная терраса высотой от 8 до 12 м сформировалась в начале голоценового периода от 7000 до 10000 л.н.
4. вторая надпойменная терраса, высотой от 16 до 20 м. Начало формирования связано с Каргинским межледниковьем около 45000 л.н.

Ж. М. Белорусова (1978) помимо первых четырех геоморфологических уровней выделяет еще:

- третью надпойменную террасу (условно), высотой 50-60 м., переходящую в озерно-аллювиальную равнину;
- поверхность выравнивания IV яруса рельефа, высотой 80-100 м;

- поверхность выравнивания V яруса рельефа, высотой 120-180 м.

Л. Н. Тюлина (1937) также условно выделяет III террасу в долине р. Новой, предполагая, что эта терраса является остатками послеледниковой древней аллювиальной равнины, в которую затем врезалась р. Новая. И. Н. Поспелов (2003) рассматривает III террасу как аллювиально-флювиогляциальную, либо как аллювиально-озерную террасу.

В урочище Ары-Мас, в цоколе 12-метровой террасы, вскрываются древние каргинские озерные отложения — темно-серые глины мощностью 6 м, содержащие останки пресноводной фауны. Время формирования их определено по трем датам от 46 до 23 тыс. л.н. (Антропоген..., 1982). Споропыльцевые спектры, характеризующие датированные по ^{14}C голоценовые отложения, определяют максимально благоприятные условия для произрастания растительности в период 8000-4500 лет назад. Древесные остатки голоценового возраста встречаются в настоящее время в аллювиальных отложениях бассейнов рек Б. Балахня и Логата, т.е. более 100 км. севернее современной границы леса (Антропоген..., 1982).

3.2. Климат

Полуостров Таймыр, где расположен Ары-Мас, отличается большим разнообразием климатических условий. Особенности продолжительности светового дня (полярная ночь зимой и полярный день летом) накладывают особый отпечаток на развитие всего живого (Хайруллин, 1978). За зиму отмечается ежемесячно 6-7 дней с метелью, а за год — около 50 дней. В отдельные годы дней с метелью около 90. Число дней с сильным ветром

(свыше 15 м/с) около 20 за год. Наибольшей повторяемостью в январе обладают ветры юго-западного (30%) и северо-восточного (20%) направлений, а в июле – северо-восточного (30%). Средняя скорость ветра в январе и июле составляет 4,6 м/с и 4,8 м/с соответственно. Открытость территории с севера позволяет арктическим массам воздуха проникать далеко на юг. В связи с формированием очень холодного воздуха над континентом эти вторжения приносят относительно теплые массы воздуха, в зимний период на Таймыре в отдельные годы наблюдаются даже оттепели. Средняя январская температура в этом районе составляет -34°C . За счет низких зимних температур средняя годовая температура составляет -14°C , что поддерживает стабильность вечномёрзлых грунтов. Абсолютный минимум температуры опускается до -60°C , а средний из абсолютных ежегодных минимумов составляет $-55-57^{\circ}\text{C}$. Период с отрицательными температурами длится около 260 дней.

Относительная влажность в зимний период относительно стабильна и составляет 78-80%. За холодный период выпадает 80 мм осадков, что составляет всего 30% годовой нормы, распределяются осадки по месяцам равномерно по 13-15 мм. В целом же в году около 150 дней с осадками. Средняя высота снежного покрова в 1-ю декаду апреля составляет 40 см на открытом месте и свыше 60 см на защищенных от ветра участках рельефа. Число дней со снежным покровом около 250; дата появления снежного покрова — 20 сентября, она близка к дате устойчивого снежного покрова — 27 сентября, т.е. снег, выпав, практически не тает; тогда же устанавливается

санный путь. Сход снежного покрова на возвышенных участках — 5-10 июня, однако на северных склонах и в низинах он может лежать все лето, особенно если мало дождей. Самая ранняя дата установления снежного покрова — 21 августа, а схода 21 мая. В районе Ары-Мас много ясных, в среднем 15 дней в месяц, за год же свыше 170.

Преобладающей воздушной массой в летние месяцы в высоких широтах Таймыра является континентальный полярный воздух. В дневные часы часто формируется конвективная облачность, массы воздуха, поступающие с Северного Ледовитого океана, отличаются высокой влажностью, однако ближе к полярному кругу воздух прогревается и постепенно приобретает черты континентального. Переувлажненная почва ограничивает степень прогрева воздуха (Щербакова, 1961).

На широте Ары-Мас в летний период поступление солнечной радиации по суммам сопоставимо с субтропическими районами (Будыко, 1971). В июне и июле суммарная солнечная радиация достигает 15-16 ккал/см² в месяц, такая же сумма отмечается на Пиренеях и во Флориде, а в тропических районах в связи с плотной облачностью она в два раза меньше. Таким образом, по сумме радиации, поступающей от солнца, районы Таймыра ничем не лимитируют развитие растительности. В связи с низкими температурами затраты тепла на испарение невелики и составляют примерно 2 ккал/см² в месяц, а сами величины испарения в июле достигают 50 мм. М.И.Будыко (1971) выделяет в своей классификации «Ары-Мас» как район с климатическим режимом тундры со средними месячными температурами

около 10° при небольшом положительном радиационном балансе. Средняя месячная температура самого теплого месяца — июля — около 12° , в июне намного холоднее ($+4^{\circ}$), а в августе же $+9^{\circ}$, то есть лето несколько сдвигается, что связано с наличием в июне снежного покрова, не позволяющего прогревать воздух даже в районе материковой тундры. Период с положительной температурой длится около 100 дней, а с температурами свыше $+10^{\circ}$ — всего 40-45 дней, и суммы температур свыше $+10^{\circ}$ составляют $470-480^{\circ}$. Следует подчеркнуть, что обычные критерии умеренных широт, где за летний период принимается период с температурами выше $+15^{\circ}$, для Крайнего Севера непригодны. Летним периодом здесь следует считать период с температурами выше $+8^{\circ}$, так называемый период активных биологических температур. Длительность этого периода в районе Ары-Мас составляет около 60 дней, начинается он во второй половине июня и оканчивается во второй декаде августа. Длительность безморозного периода 55 дней, он совпадает с выделенным летним периодом.

Средняя относительная влажность летом 75%. Число ясных дней летом 5-6, продолжительность солнечного сияния в июне-июле 250-290 часов соответственно, что составляет 35-40% от максимально возможных величин. Атмосферное давление меняется мало и близко к нормальному. Максимум температуры ежегодно может достигать 25° в июле и августе и 20° в июне.

Летом на Таймыре выпадает максимум осадков, более всего в августе — около 40 мм, возрастание количества осадков начинается с июня (20 мм),

в июле выпадает около 30 мм. За годы выпадает около 240 мм, из них 160 мм в относительно теплый период (с апреля по октябрь). В отдельные годы суммы осадков сильно варьируют, например, в июле от 5 до 90 мм. Летом в среднем бывает 10-15 дней с осадками, однако с интенсивными осадками, свыше 5 мм за сутки, бывает всего 2 дня. Средняя месячная продолжительность осадков летом 80-100 ч. Туманы появляются нечасто, в среднем летом 3 дня с туманом за месяц, что объясняется значительным количеством ветреных дней. Однако в понижениях рельефа в долине реки число дней с туманом может возрастать. Глубина протаивания почвы в тундре незначительна — около 20 см, однако на южных склонах возвышений она может достигать 50-60 см. Средняя месячная температура почвы на оголенном участке на глубине 5-10 см в июле и августе 7-9°C, а в июне и сентябре менее 2°C.

Из материалов фенологических наблюдений в урочище Ары-Мас Таймырского биосферного заповедника и в окрестностях п. Хатанга следует, что раннелетний сезон (17 июня по 11 июля) предшествует и соответствует среднемноголетнему периоду активации ростовых процессов лиственницы на Востоке Таймыра (Летопись Природы ..., Том 1-7) и в первой декаде июля обычно завершается процесс разворачивания хвои. Дата последнего мороза приходится на вторую декаду июня, переход среднесуточных температур воздуха через рубеж +8,0°C происходит в последнюю декаду июня. Анализ литературных данных (Ваганов и др., 1996) показал, условия июня-июля в районе исследований определяют прирост 70-75% от общей ширины

годового кольца, адаптация лиственницы к экстремальным условиям проявляется в чутком реагировании на первый в сезоне устойчивый подъем суточных температур воздуха выше 5,0°C. Таким образом, приведенные данные отчетливо обозначают природу важнейшего лимитирующего фактора – это термический режим первой половины вегетационного периода.

3.3. Почвы

Рассматриваемый регион относится к области сплошных вечномерзлых грунтов, мощность залегания которых превышает 300 м. Интенсивное развитие эрозионных процессов (термокарст, солюфликация, активность склоновых процессов и др.) обусловлено сезонным протаиванием почв. Солюфликация и термокарст приводят к возникновению специфических, для районов с многолетне-мерзлотными грунтами, форм рельефа. Глубина сезонного протаивания почвогрунта на северном пределе произрастания лиственницы в урочище Ары-Мас, не превышает 50-70 см. на минерализованных участках и 10-30 см. под мощным моховым покровом (Игнатенко, 1978).

Субарктический термический режим, континентальность климата на фоне вечномерзлых грунтов определяют почвообразовательные процессы в районе исследований. Глеево-подзолистые типы почв преобладают в условиях сравнительно хорошего дренажа. Ухудшение последнего, усиливает процессы заболачивания и оторфования. Утяжеление механического состава ведет к увеличению степени оглеения. Процессы

оподзоливания проявляются только на грунтах легкого механического состава. Болотные мерзлотные типы почв приурочены к понижениям рельефа и поймам рек с застойным увлажнением. Дерново-луговые глеевые мерзлотные- к узким полоскам в поймах рек на дренированных почвогрунтах. Грубо-скелетные мерзлотные типы почв преобладают в верхней части терассированных склонов и водораздельных пространствах Котуйского плато.

Первая достаточно подробная характеристика почвенного покрова урочища «Ары-Мас», в т.ч. химические и механические характеристики почв была дана по результатам Полярной комплексной экспедиции БИН АН СССР доктором биологических наук И. В. Игнатенко в 1969-71 гг. (Ары-Мас, 1978). После этого уже сотрудники Таймырского госзаповедника продолжили эти исследования (табл.2).

Таблица 2. Распределение площади лесничества Ары-Мас по типам почв

Типы почв	Площадь, га по типам формаций				
	Редколесья	Редины	Тундры	Итого	
				га	%
Тундровая оглееная	183	1136	8924	10243	79,4
Тундровая дерновая надмерзлотная глееватая	-	-	1546	1546	12,0
Тундровая трещиноватая торфяно-перегнойная	-	-	241	241	1,9
Тундровая трещиноватая дерново-перегнойная	-	-	184	184	1,4
Таежная мерзлотная перегнойно-оглееная	216	58	-	274	2,1
Таежная мерзлотная торфяно-глеевая	89	37	-	126	1,0
Таежная мерзлотная торфяно-глееватая	260	-	-	260	2,0
Песчаная мерзлотная	24	-	-	24	0,2
Всего	772	1231	10895	12898	100

В 2002 году сотрудником заповедника «Таймырский» Орловым М.В. проведена инвентаризация почвенного покрова. Результаты инвентаризации дополнили имеющуюся информацию (Орлов, 2003).

Лесной территории свойственны таежно-мерзлотные почвы, для тундр — тундрово-глеевые и тундрово-дерновые почвы. На тундровой территории встречаются почвообразующие породы различного механического состава, от песков до средних и (редко) тяжелых суглинков. Промежуточное положение занимают кустарничково-моховые пятнистые тундры с отдельными куртинами лиственничного стланика. Они узкой полосой окаймляют лиственничные редколесья. Реже встречаются в виде изолированных островков в верхней части склонов северной, северо-восточной и восточной экспозиций (табл.3).

Тип: таежные мерзлотные. И.В.Игнатенко (1978) классифицирует их как таежные глеево-мерзлотные, однако нами неоднократно встречены неоглеенные разности. Таежные мерзлотные почвы развиваются под лиственничными редколесьями, в основном кустарничково (багульник, ерник, ива)-кустарничково (брусника, голубика, шикша, арктоус, дриада, кассиопея)-моховыми, приурочены к правобережным песчаным террасам р. Новой. *Подтип таежных глеево-мерзлотных почв* включает в себя 2 вида.

Образуются на породах легкого механического состава – песках, супесях, легких суглинках, реже – на средних суглинках. В этих условиях формируется хорошо выраженный органогенный горизонт, чаще гумусовый

Таблица 3. Систематический список почв участка «Ары-Мас»

Тип	Подтип	Вид
Таежные мерзлотные	Таежные глеево-мерзлотные	Глеевые Глееватые
	Таежные мерзлотные	Неоглеенные
Почвы пятен	-	-
Тундровые глеевые	Глееватые гумусные Глеевые перегнойные глеевые типичные	-
Болотно-тундровые торфянисто-перегнойно-глеевые	Болотно-тундровые торфянисто-перегнойно-глеевые	-
Тундровые болотные	Тундровые болотные	Торфяно-глеевые Торфянисто-глеевые
Тундровые дерновые	Тундровые дерновые	Слаборазвитые Дерновые
	Тундровые дерново-глеевые	Глеевые слаборазвитые Глеевые
Аллювиальные дерновые	Аллювиальные дерновые	Примитивные Слаборазвитые Дерновые
	Аллювиальные дерново-глеевые	Глеевые Глеевые слаборазвитые
Аллювиальные глеевые торфянистые		

или перегнойный, реже оторфованный; глеевые процессы, напротив, выражены неярко.

Таежные мерзлотные почвы урочища Ары-Мас в неоглеенных разностях соответствуют арктоподбурам по В. О. Таргульяну (1971) или криоземам по И. А. Соколову (1967). При таком подходе к классификации данных почвенных разностей в рамках типа выделяются вида:

1) таежные глеево-мерзлотные почвы. Таежные глеево-мерзлотные почвы с ярко выраженным глеевым горизонтом встречены лишь в сырой ольхово-лиственничной котловине оз. Богатырь-Кюель. Здесь чередуются

участки болот и кустарниково-разнотравно-моховые ольхово-лиственничные роши. Богатая растительность обуславливает развитие хорошо выраженного гумусового горизонта, а общий сильно увлажненный характер поверхности, сформированной на легких и средних суглинках – хорошо выраженные морфологические признаки оглеения в виде ярких охристых пятен, прослоев или общего фона.

2) таежные глееватые мерзлотные почвы. Широко распространенная разновидность таежных мерзлотных почв. Развиваются на песчаных, супесчаных, легко- и среднесуглинистых почвообразующих породах. Формируются под лиственничными редколесьями от кустарничковых на сухих бровках склонов до сырых кустарниковопушицевых в понижениях, а также под сырыми ольхово-лиственничными лесами.

Морфологические признаки оглеения выражены в виде ржавого и (или) сизого оттенка, фона, или пятен ржавого и (или) сизого цвета. Органогенный горизонт может быть представлен как гумусовым, так и перегнойным.

Подтип: таежные мерзлотные (неоглеенные) почвы. Развиваются в первую очередь на сухих бровках песчаных террас под кустарничковыми лиственничными редколесьями, а также на супесчано-легкосуглинистых породах на склонах средней крутизны под сухими луговыми лиственничниками и под багульниково-кустарничковыми ольховыми лиственничниками. Морфологические признаки оглеения отсутствуют. Органогенный горизонт представлен гумусовым или, реже, перегнойным;

иногда сильно опесчанен (песчаного или супесчаного механического состава).

Тип: почвы пятен. Развиваются в почвенных комплексах пятнистых и пятнисто-бугорковых тундр в комплексе с тундровыми глееватыми гумусными почвами бордюров и тундровыми глеевыми перегнойными (реже – тундровыми глеевыми типичными) почвами ложбин на суглинистых почвообразующих породах, в т.ч. на средних и тяжелых суглинках. Данные почвенные комплексы развиваются в плакорных бугорково-пятнистых кустарниково (ерниково-ивово) гилокомиевых тундрах и в субплакорных кассиопеево-дриадово-осоково-пятнисто-бугорковых кустарничково-кустарниково-осоково-пушицево-томентипновых тундрах. Пятнистые тундры встречаются также на эвтрофных пологих склонах и грядах деллевых комплексов. Пятнистые тундры водораздельных и приводораздельных поверхностей могут также совмещаться или перемежаться с лиственничными рединами (кустарничково-моховыми пятнистыми тундрами с отдельными куртинами лиственничного стланика). Характер почвенного покрова в редирах сохраняется. Во влажных моховых и осоково-моховых ложбинах на тяжелых суглинках могут встречаться тундровые глеевые типичные почвы.

Тип: тундровые глеевые почвы. Широко распространены как на «лесной», так и на «тундровой» территории. Развиваются в основном на легко- и среднесуглинистых почвообразующих породах. Представлены тремя подтипами.

Подтип: тундровые глееватые гумусные. Главным образом встречаются в почвенном комплексе пятнистых тундр, где, как указывалось выше, они приурочены к бордюрам. Также развиваются на зарастающих пятнах на слабовыраженных грядах эвтрофных шлейфов.

Подтип: тундровые глеевые перегнойные. Широко распространены, особенно в тундрах. Помимо приуроченности к ложбинам в почвенных комплексах пятнистых тундр, глеевые перегнойные почвы образуют самостоятельные ареалы. Развиваются на пологих склонах на кочковато-бугорковых кустарниково-пушицево-моховых шлейфах или в кустарничково-ерниково-моховых тундрах. Обычны в лиственничных редицах в кустарничково-кустарниково-моховых и кустарниково-осоково-моховых мелкобугорковых тундрах наряду с комплексами почв пятнистых тундр. Развиваются в кустарничково-кустарниковых лиственничных редколесьях при не очень высокой сомкнутости крон (за исключением сухих бровок террас) и в сырых кустарниково-пушицевых.

На песчаных террасах р. Новой по мере удаления от бровки склона наблюдается следующий ряд: таежные глееватые мерзлотные или тундровые дерновые глееватые (ивово-багульниково-кустарничково-моховое лиственничное редколесье) → тундровые глееватые перегнойные (ивово-ерниково-моховое) → тундровые глеевые перегнойные (сырое ивово-багульниковое).

Подтип: тундровые глеевые типичные. Встречаются редко, что связано с широким распространением дренируемых пород легкого

механического состава. Отмечаются в ложбинах пятнистых тундр, во влажных моховых понижениях пологих склонов.

Тип: болотно-тундровые торфянисто-перегнойно-глеевые почвы.

Довольно широко распространены. Развиваются в неглубоких понижениях эвтрофных пятнистых тундр на пологих склонах, в понижениях деллевых комплексов. Могут встречаться на днищах оврагов (вместе с тундровыми болотными почвами) под влажными осоково-моховыми ерниками или ивняками. Характерны для осоково-ивняковых пойм ручьев (вместе с тундровыми болотными почвами), в т.ч. для четочных долин. Развиваются на плоскобугристых болотах на ерnikово-багульниково-моховых буграх, в т.ч. на плоских буграх хасыреев, на кочковатых болотах в осушенных озерных котловинах, в полигонально-валиково-плоскобугристых болотах на высоких террасах, на валиках полигонально-валиковых болот. Единично встречены болотно-тундровые торфянисто-перегнойные неоглеенные почвы. Данная разность отмечена на верховых болотах левого берега р. Новой.

Тип: тундровые болотные почвы. Широко распространены.

Включают в себя два вида: тундровые болотные торфяно-глеевые и тундровые болотные торфянисто-глеевые. Встречаются в разных видах болот: пойменных (в комбинации с аллювиальными глеевыми торфянистыми почвами), полигонально-валиковых пойменных (в комбинации с аллювиальными глеевыми торфянистыми почвами), в гомогенных болотах в хасыреях и на низких влажных берегах озер, в плоскобугристых хасыреях (в комбинации с болотно-тундровыми почвами на буграх), в кочковатых

болотах, в осушенных озерных котловинах, в четочных долинах (в комбинации с болотно-тундровыми почвами), в полигонально-валиково-плоскобугристых болотах на террасах (в комбинации с болотно-тундровыми почвами). В гомогенных болотах, во влажных полигонах мощность оторфованного горизонта в профиле почв может превышать 15 см - это тундровые болотные торфяно-глеевые почвы. При мощности оторфованного горизонта 15 см и менее – тундровые болотные торфянисто-глеевые почвы.

Тип: тундровые дерновые почвы. Часто встречаются благодаря широкому распространению почвообразующих пород легкого механического состава. Включают в себя два подтипа: собственно, тундровые дерновые и тундровые дерново-глеевые.

Подтип: тундровые дерновые почвы. Включает в себя два вида: 1) тундровые дерновые слаборазвитые почвы. Они, в основном, приурочены к песчаным террасам р. Новой: развеваемым слабо задернованным (часто фрагментарно) разнотравно-кустарничковым пескам, разнотравным и дриадовым щебнисто-песчаным гривкам и холмам, полосам лиственничного редколесья («лесополосам») мохово-кустарничковых террас левого берега р. Новой, к трещинно-полигональным пятнистым травянисто-лишайниково-дриадово-кассиопеевым террасам левого берега (на выходах каменистых пород отмечены щебнистые разности). Встречаются также на крутых кустарничковых склонах и кустарничковых склонах нивальных оврагов. 2) тундровые дерновые почвы, которые развиваются как на песчаных террасах р. Новой, так и на возвышенностях к югу от реки. На речных террасах

формируются на сухих бровках, в т. ч. под лиственницами, в «лесополосах» на террасах северного (левого) берега, на трещинно-полигональных пятнистых травянисто-лишайниково-дриадово-кассиопеевых тундрах террас левого берега (на выходах каменистых пород отмечены щебнистые разности). Встречаются на дриадовых песчано-щебнистых холмах, иногда на водоразделах. Встречаются в нивальных оврагах на лугово-кустарниковых склонах, на нивальных склонах. Развиваются на булгуннях, особняком выделяющихся на окружающей территории. Встречаются на крутых кустарниковых склонах. В комбинации с таежными мерзлотными почвами формируются в сухих луговых лиственничниках на склонах средней крутизны. Встречаются на мощных торфяных буграх верховых болот под багульниково-ерниково-моховой растительностью.

Верхний горизонт торфа трансформирован в хорошо выраженный гумусовый горизонт. Ниже расположен торфяной горизонт (горизонты), залегающий на мерзлоте. В сезонно-талом слое оглеения нет. Отдельно следует отметить склоновые ольховники, в сочетании как с лиственничниками, так и с лиственничными редианами. Произрастают на склонах средней крутизны и пологих. Тундровые дерновые почвы формируются здесь в комбинации с тундровыми дерново-глеевыми и отличаются очень хорошо выраженным гумусовым горизонтом. Образуют фон, в пределах которого развиваются таежные мерзлотные почвы.

Подтип: тундровые дерново-глеевые почвы. Включают в себя два вида:

1) тундровые дерново-глеевые слаборазвитые почвы. Встречаются нечасто.

Отмечаются в моховых придолинных кустарниках и в нивальных оврагах на днище. 2) тундровые дерново-глеевые почвы. Распространены шире. Также встречаются в моховых придолинных кустарниках и на закустаренных склонах, а также в нивальных оврагах на днище. Развиваются в бугорково-пятнистых плакорных тундрах под кустарниково-кассиопеево-дриадово-осоково-гилокомиевой растительностью (наряду с почвами пятнистых тундр). Встречаются на обрывах берегов озер, на бровках террас р. Новой. Формируются в сырых ольхово-лиственничных лесах в районе оз. Богатырь-Кюель.

Тип: аллювиальные дерновые почвы. Включают в себя два подтипа.

Подтип: аллювиальные дерновые почвы. Включает в себя 3 вида.

1) Аллювиальные примитивные почвы. Формируются на низкой и высокой поймах на незадернованных песках и на развеваемых песках с агрегатной растительностью.

2) Аллювиальные дерновые слаборазвитые почвы. Формируются на прирусловых трещинно-полигональных песчаных валах, на слабо задернованных развеваемых песках высокой поймы, на дриадовых песчаных трещинно-полигональных участках высокой поймы в речных долинах и долинах ручьев.

3) Аллювиальные дерновые. Развиваются на высокой пойме и низких террасах под травяными ивняками, на прирусловых трещинно-полигональных песчаных валах под разнотравно-кустарничковой растительностью.

Подтип: аллювиальные дерново-глеевые почвы. Включают в себя два вида: 1) аллювиальные дерново-глеевые слаборазвитые почвы. Не имеют широкого распространения. Встречаются в речных долинах и долинах ручьев на лугах низкой поймы; 2) аллювиальные дерново-глеевые почвы. Развиваются под пойменными ивняками, преимущественно моховыми, в ивово-осоково-моховых понижениях песчаных трещинно-полигональных валов, в речных долинах и долинах ручьев на лугах высокой поймы.

Тип: аллювиальные глеевые торфянистые почвы. Развиваются в долинах ручьев и речных долинах с четочным руслом в пойменных болотах; на полигонально-валиковых болотах в поймах, в гомогенных болотах высокой поймы, в понижениях песчаных ивово-осоково-моховых трещинно-полигональных валов.

3.3.1. Сезонное оттаивание деятельного слоя почвы

Наиболее характерной чертой лиственницы Гмелина является то, что ее ареал в общих чертах расположен в области распространения многолетней мерзлоты. Поздняков Л.К. (1975) отвергает мнение о том, что низкая производительность лесов даурской лиственницы, наблюдаемая на значительной части ее ареала, обуславливается отрицательным влиянием многолетней мерзлоты, аргументируя это тем, что нельзя говорить об отрицательном влиянии окружающей среды на то растение, становление и развитие которого неразрывно связано с этой же средой.

В работах отечественных специалистов, изучавших растительность тундры и лесотундры (Танфильев, 1911; Григорьев, 1924; Сумгин, 1927;

Толмачев, 1931; Городков, 1935; Тюлина, 1937; Тихомиров, 1956; Александрова, 1962; Тыртиков, 1969; Ловелиус, 1975 и др.), неоднократно обращалось внимание на взаимосвязь сезонного оттаивания грунтов и развития растений. Систематическое изучение глубин сезонного оттаивания на Ары-Мас проводилось в 1970-1976 гг. во время работ БИН АН СССР (Адаменко, Ловелиус, 1974; Ловелиус, 1978) и позже было продолжено (Поспелов, 2003). Всего на постоянных пробных площадях в характерных типах растительности и различных элементах микрорельефа было произведено более 10000 измерений (табл. 4).

Кроме съемок в конце вегетационного периода, в 1971 и 1972 гг. были организованы наблюдения за темпом оттаивания почв через каждые 5 дней. Анализ данных позволил авторам предположить, что мерзлота не является фактором, ограничивающим распространение леса в тундру.

Позже, в 2002 году сотрудниками Таймырского заповедника на участке Ары-Мас изучалась динамика протаивания деятельного слоя почвы, проводились ежепентадные наблюдения и наблюдения максимального протаивания деятельного слоя почвы в различных экотопах лесного массива (Летопись..., 2003).

Проведя сравнение данных, полученных на Ары-Мас и более северных районов в типичных тундрах, авторы пришли к выводу, что здесь, на Ары-Мас, положительным фактором, влияющим на протаивание деятельного слоя

Таблица 4. Характеристика распределения глубин сезонного оттаивания почвы по данным измерений 1970-1976 гг. (Ловелиус, 1978) (в числителе даны минимальные и максимальные глубины оттаивания почвы, в знаменателе – мода глубины оттаивания).

Участок	Число измерений	Под деревьями	Под подростом	Под подростом лиственницы на основной	Понижения, трещины	Пятно	Бровка
Лиственничное редколесье в пойме р. Новой	1977	$\frac{10-50}{30}$	$\frac{15-55}{35}$	$\frac{15-65}{35}$	$\frac{5-45}{20}$	-	-
Лиственничное редколесье на III террасе	2506	$\frac{10-60}{30}$	$\frac{20-70}{40}$	$\frac{20-80}{40}$	$\frac{5-55}{20}$	-	-
Лиственничное редколесье на бровке III террасы	2077	$\frac{10-80}{40}$	-	$\frac{15-80}{50}$	$\frac{5-60}{35}$	-	-
Лиственничная редица на III и IV террасах	2408	$\frac{5-65}{30}$	-	-	$\frac{10-65}{45}$	$\frac{35-85}{65}$	$\frac{40-85}{65}$
Тундры на III и IV террасах	1720	-	-	-	$\frac{15-60}{35}$	$\frac{35-80}{65}$	$\frac{35-80}{65}$

почвы, является увлажненность почв («вода оказывает не теплоизолирующее, а отепляющее действие»).

Тепловой режим почвы

Большую экологическую роль в зоне вечной мерзлоты играет тепловой режим почвы (Сукачев, 1910; Колосков, 1932; Дадькин, 1952; Коровин, 1961; Саввинов, 1976). Он определяется радиационным балансом, с которым также связаны температура приземных слоёв воздуха, испарение и таяние снега (Поздняков, 1986). М. К. Гавриловой (1967) в Центральной Якутии проводились теплобалансовые исследования. Из её результатов известно, что количество тепла, поступающего в почву в лесу, меньше, чем на лугу; и далее, что на прогревание мёрзлого слоя в лесу расходуется больше тепла, чем на лугу. М. К. Гаврилова (1967) считает причиной этому большую

объёмную теплоёмкость мёрзлого грунта в лесу, влажность которого выше, чем на лугу. По Л. К. Позднякову (1986) условия для биологических обменных процессов в почве зависят от теплового режима верхних 20-сантиметровых горизонтов. На них сказывается как приток тепла от дневной поверхности, так и охлаждающее влияние мёрзлых слоёв.

В Центральной Якутии корни лиственницы даурской проникают примерно до глубины 40-50 см, где температура 3°C наступает в конце июня, а 5°C – только в конце июля. Весь же июнь окончания корней находятся в зоне, где температура 1-3°. Более глубоко уходящие корни обитают в той толще почвы, где повышение температуры до 5° отмечается только в конце лета. Жизнедеятельность части активных корней лиственницы даурской протекает в тех слоях почвы, где температура ниже 5° и лишь на короткое время повышается до 6-7° (Поздняков, 1986).

Из материалов фенологических наблюдений Таймырского биосферного заповедника в урочище Ары-Мас и в окрестностях п. Хатанга следует, что раннелетний сезон предшествует и соответствует среднемноголетнему периоду активации ростовых процессов лиственницы на Востоке Таймыра (Летопись Природы ..., 2003) и в первой декаде июля обычно завершается процесс разворачивания хвои лиственницы. Дата последнего мороза приходится на вторую декаду июня, переход среднесуточных температур воздуха через рубеж +8,0°C происходит в последнюю декаду июня.

Необходимо подчеркнуть важность влияния температурного режима почвы на процессы нитрификации. Интенсивность ее прогрессивно

возрастает с повышением температуры. Согласно опытам В. П. Дадыкина (1952), при повышении температуры с 2°C до 20°C интенсивность нитрификации возрастает вдвое, хотя она протекает даже при отрицательной (до -4°C) температуре. Е. И. Цыпленкин (1944) отмечал, что максимум почвенно-биологических процессов в холодных почвах оказывается сдвинутым к осени, так как при низкой температуре в начале лета замедляется деятельность микроорганизмов. Этим он объясняет слабое накопление в первой половине лета нитратов, отрицательно сказывающееся на развитии молодых растений, которые испытывают недостаток усвояемого азота (Поздняков, 1986).

Большой интерес для нас представляют исследования функционирования камбия лиственницы даурской А. А. Канделаки (1979), которые он проводил в Ары-Мас и прихатангских лиственничниках. Он выявил, что в надземных частях модельных деревьев камбиальные производные начинают появляться в основном в первой декаде июля при среднесуточной температуре воздуха 13-16°C, с закономерной возрастной последовательностью: сперва пробуждаются молодые деревья, затем средневозрастные и наконец, более старые. Камбий в корнях пробуждается почти одновременно с оттаиванием почвы. Данное явление еще раз подтверждает мнение Б. А. Тихомирова (1956) о чрезвычайно чутком реагировании растительности Крайнего Севера на температурные условия и использования ими малейшей возможности для ускорения развития в короткое арктическое лето.

Поздняков Л.К. (1983) отрицательное влияние низкой температуры почвы на растения в общих чертах сводит к следующему. Во-первых, понижается общая физиологическая активность микроорганизмов, населяющих почву, что ведет за собой замедление процессов разложения органического вещества. Во-вторых, затрудняется усвоение корнями ряда питательных элементов, особенно азота, мобилизация которого в холодной почве протекает пассивно. В-третьих, возрастает вязкость почвенной влаги, что снижает скорость ее передвижения.

В. Н. Сукачев (1934) видел основной причиной отступления леса к югу от северной лесной границы в общем изменении климата в сторону его суровости. Это подтверждается целым рядом других наблюдений. В четвертичное время, в так называемый ксеротермический период, когда на севере высохли болота, и было значительно теплее, деревья имели наибольшее продвижение на север (Антропоген..., 1982). С того времени леса постепенно отходят к югу.

Снежный покров

В зоне распространения вечной мерзлоты снежный покров важен не только как источник влаги в весеннее время, но и как своего рода теплоизолирующий экран, который предохраняет почву от чрезмерного охлаждения. Защитная роль снежного покрова весьма существенна для жизни леса, как и для другой растительности и почвенной фауны. Поэтому, важное значение приобретает изучение не только запасов воды в снежном

покрове, но и его высоты и плотности, определяющих в общих чертах термическое влияние снежного покрова на почву.

В 1973-1975 гг. в рамках экспедиции БИН РАН на Ары-Мас проводилось изучение снежного покрова, по данным которого было оценено распределение снегонакопления и его характеристики (Ловелиус, 1978). Снежный покров важен как источник влаги в весеннее время и в большей мере как теплоизолирующий экран, который предохраняет почву от чрезмерного охлаждения (Поздняков, 1986). Помимо положительных физических свойств, снежный покров имеет и отрицательную сторону, которая проявляется в охлаждающем влиянии снега на грунты там, где он залегают более 200 дней в году, особенно в марте-мае (Некрасов, 1984). На территории Ары-Мас снежный покров имеет свои особенности распределения (Ловелиус, 1978): наиболее равномерным накоплением снега отличаются тундры и валиково-полигональные болота. В лиственничных редирах имеет место накопление снежных сугробов с наветренной стороны и шлейфов в ветровой тени за группой стволов деревьев. Максимальное накопление снега наблюдается в лиственничных редколесьях, где мощность снежного покрова бывает более метра. Здесь же особо отмечается, что к концу января снежный покров сформировывается на 75%, а аккумуляция холода в то же время достигает 40%, и к моменту максимального выхолаживания растительность в основном находится под снегом. На основании этого Н. В. Ловелиус (1978) предполагает, что когда сроки

выпадения снега сдвигаются к концу холодного сезона, а интенсивность выхолаживания остаётся прежней, растения повреждаются из-за вымерзания.

В последние десятилетия прошлого века и до 2010 г. годовая сумма осадков снизилась на 11,7 % против таковой за период с 1934 г. по середину 1950-х гг. (235 мм и 263 мм соответственно). Самым же важным стало изменение распределения осадков по месяцам – количество зимних осадков увеличилось, а летних, напротив, уменьшилось (рис. 4).

Лесорастительные условия определяются комплексом взаимосвязанных факторов и процессов. Основным, определяющими во многом и действие других факторов, является баланс тепла и влаги. Существенно возрастание количества осадков в зимний период, а вместе с тем и мощности снегового покрова, меняет этот баланс. В зоне распространения вечной мерзлоты снежный покров важен не только как источник влаги в весеннее время, но и как теплоизолирующий экран, который предохраняет почву от чрезмерного охлаждения (Поздняков, 1986). В. В. Рахманов (1984) отмечает различия характеристик снежного покрова на открытых местностях (поля, вырубки) и лесных участках. На территории наших исследований также можно условно выделить открытые и закрытые пространства, если за таковые соответственно принять редины и редколесья.

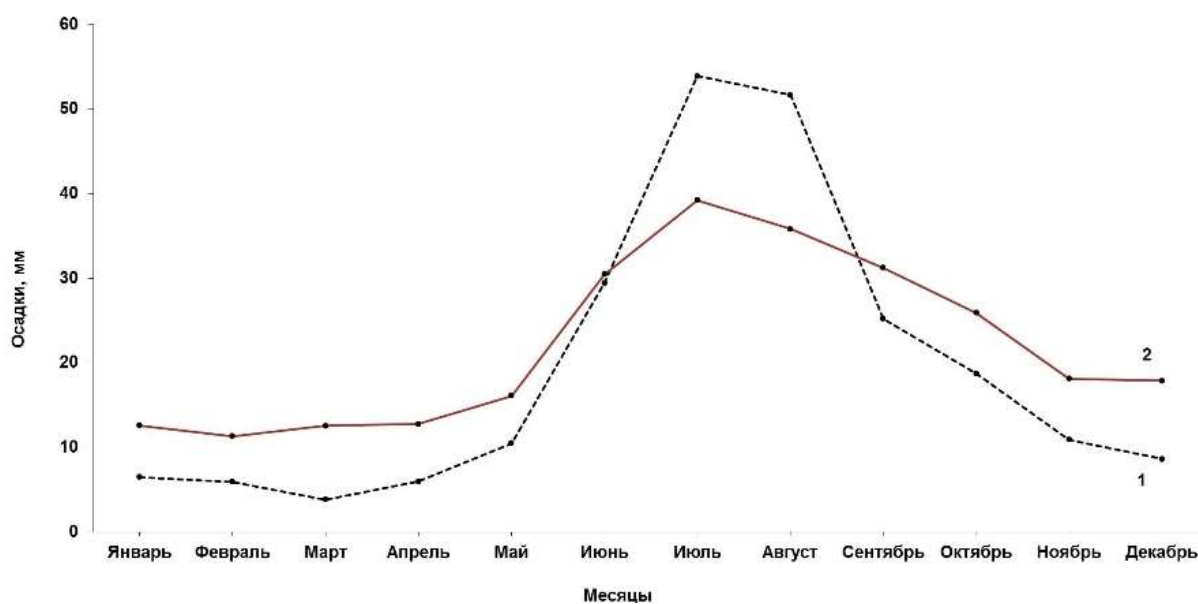


Рис.4. Средняя сумма осадков по месяцам за периоды 1934–1953 гг. (1) и 1954–2010 гг. (2) (по данным метеостанции «Хатанга»)

3.4 Растительность

Растительность (включая бриофлору) Ары-Мас подробно изучена и описана в литературе (Тюлина, 1937; Игнатенко и др, 1973; Кнорре, 1974, 1975; 1979; Афолина, 1978; Варгина, 1978; Жукова, 1978; Мартин, Пийн, 1978; Норин, 1978; Демьянов, 1980, 1986; Пospelова, Пospelов, 2005, 2007; Norin, Ignatenko, 1975; Pospelova, 2001).

Лиственничные редколесья (*Larix gmelinii*) и редины с сомкнутостью полога до 0,3, представлены разновозрастными лиственничными древостоями с разреженным кустарниковым ярусом и доминированием в нижнем ярусе растительности тундровых группировок. Преобладают свежие местообитания с мозаичным почвенным покровом, нанорельеф которого обусловлен выходом крупнообломочного материала. Распространены горно-тундровые мерзлотные почвы, и в местах выходов траппов грубо-скелетные.

Лишайниково-моховой покров развит слабо. Доминируют рододендровые и осоково-дриадовые серии групп типов леса с выраженной дифференциацией древесного яруса по морфометрическим показателям. Это старовозрастное поколение с диаметром на высоте груди от 12 до 18 см. со средней высотой яруса от 6 до 14 м. Такие деревья отличаются глубоко-трещиноватой корой, плоской низкоопушенной кроной. Более 50% деревьев этой группы, как правило, имеют комлевую бурую деструктурную гниль. Эти поколения в данном районе возникли на рубеже XII и XIII-го веков. Средневозрастное поколение (вторая половина XIX-го, первая половина XX в.), характеризуется хорошо развитой низко-опущенной пирамидальной кроной с 0,3-0,4 участка, с диаметром на высоте груди от 8 до 14 см., со средней высотой яруса от 5 до 12 м. Молодое поколение (подрост), господствует на современном верхнем пределе произрастания лиственницы. Поколение отличает хорошая сохранность и выраженная экспансия в заселении безлесных пространств 0,5 и более единиц участка в редколесьях, доминирование в редирах на современном верхнем пределе произрастания лиственницы.

В урочище «Ары-Мас» представлены следующие типы растительного покрова: лиственничные редколесья и редины, нанопolygonальные морозно-трещиноватые пятнистые кустарничковые и осоковые тундры, ивняковые и ерниковые тундры, валиково-polygonальные болота (Норин, 1978) (табл.5).

Таблица 5. Типы растительного покрова Ары-Мас (по Б.Н. Норину, 1978)

Лиственничные редколесья	Дриадово-касшиповые
	Осоково-касшиповые и касшипово-осоковые
	Ерниковые и ивняковые
	Багульниковые
	Ольховниковые
Лиственничные редины	Дриадовые
	Осоково-касшиповые и касшипово-осоковые
	Пушицево-осоковые
	Осоковые
	Ольховниковые
Нанополлигональные пятнистые тундры	Щебнистые дриадовые и касшиповые
	Осоково-касшиповые и касшипово-осоковые
	Осоково-дриадовые и дриадово-осоковые
	Осоковые
	Пушицево-осоковые
Валиково-полигональные болота	

Л. Н. Тюлина (1937) в северной части Хатангского района выделяла две растительные подзоны:

1. Подзона лиственничного редколесья (подзона северной лесотундры по Б.Н. Городкову, 1935)
2. Подзона кустарниковой тундры.

Наиболее характерным элементом растительности участка являются редколесья из лиственницы Гмелина – единственной древесной породы урочища. Согласно Позднякову Л. К. (1975), лиственница Гмелина – сравнительно молодой вид, сформировавшийся в крайне суровом континентальном климате области распространения многолетней мерзлоты. Она хорошо приспособлена к этим условиям, обладает высокой фитоценотической устойчивостью и отчетливо выраженной способностью к

расширению своего ареала, преимущественно в тех районах, где климатические условия наиболее суровы.

Лиственничные редколесья располагаются полосой на III высокой террасе по правобережью р. Новой. Ширина этой полосы 0,5-3,0 км, длина — более 20 км. По склонам долин ручьев, берущих начало в гербее Оделун и впадающих в р. Новую с юга (Богатырь, Улахан-Юрях), редколесья языками вдаются на 4-5 км в тундру. Основной массив редколесий в западной части урочища, где III терраса в настоящее время подмывается рекой, вплотную подходит к р. Новой. В восточной части на правобережье развита широкая, до 2-3 км, II терраса реки, в отдельные годы почти полностью затопляемая весенними паводковыми водами. На этой террасе, занятой валиково-полигональными болотами, имеются лишь отдельные островки редколесий, основной массив которых на крутых склонах III террасы далеко отступает от реки. На левобережье редколесья отсутствуют, только на песчаной бровке низкой II террасы имеется несколько мелких лиственничных островков.

Массив редколесий Ары-Мас отделен от прихатангских редколесий полосой тундр шириной 30-40 км, но по р. Новой ниже урочища вплоть до устья тянется цепочка более мелких лесных островов. Один из них, длиною около 1 км и шириной до 100 м, расположен в 25-30 км ниже по реке — севернее Ары-Мас.

Редколесья на III террасе реки занимают как слегка наклонную выровненную ее поверхность, так и склоны всех экспозиций. В редколесьях в большинстве случаев развиты плоскобугорковые формы нанорельефа, иногда

со скрытой моховым покровом морозной трещиноватостью грунтов; нередко встречается микрорельеф в виде западин диаметром 5-7 м и глубиной 20-40 см, чередующихся с выровненной кочковатой поверхностью и повышениями таких же размеров, что и у западин. Наибольшей сомкнутости редколесья достигают вблизи реки, постепенно изреживаясь к югу при переходе террасы в гербей Оделун. Сомкнутость крон наибольшая в центральной части урочища (до 0,3-0,4), уменьшается в восточной и западной частях. На увалах гербея в его пониженной части и на IV местами прослеживаемой террасе имеются лишь редины лиственницы (сомкнутость менее 0,1) среди пятнистых тундр. На высоких увалах гербея к югу от урочища полностью господствуют пятнистые тундры. Высота деревьев в редколесьях — 5-8 м (до 11 м в наиболее благоприятных условиях), диаметры стволов — 10-14 см (отдельные деревья со стволами до 25 см). Многие деревья кривоствольные, с изогнутыми вершинами и слабо развитыми кронами.

Кустарниковый ярус обычно слабо развит. Его образуют или *Betula exilis*, или *Ledum decumbens*, всегда с примесью ив, реже *Alnaster fruticosa*. В травяно-кустарничковом ярусе обычны синузии *Carex ensifolia ssp. Arctisibirica*, *Cassiope tetragona*, *Dryas punctata*. Лишайниково-моховой ярус хорошо развит, сплошной. В нем доминируют синузии лишь нескольких видов (*Hylocomium splendens var. alaskanum*, *Ptilidium ciliare*, *Tomenthypnum nitens*, *Aulacomnium turgidum*), участие лишайников всегда незначительное.

Подзона кустарниковой тундры характеризуется господством мохово-лишайниковых тундр со значительным участием в них мелких кустарников и

ягодных полукустарничков. В пределах этой подзоны особо выделяется ее южная часть, в которой, вдоль р. Новой, распространены колки лиственничного редколесья и более обширный его участок (Ары-Мас), а среди тундры на моренных грядах — лиственничный стланик и полустланик. Кроме того, она отличается от северной части кустарниковой подзоны повсеместным присутствием ольховника на надпойме, а изредка (в самых низовьях Новой) и в тундре на моренных грядах. В северной части, наряду с господством тех же типов тундры, отмечается полное отсутствие древесной растительности, кроме встречающегося еще, как редкость, лиственничного стланика и полустланика.

Подзона кустарниковых тундр имеет большое народнохозяйственное значение, прежде всего, как кормовая база оленеводства.

Тундрово-арктическая область (по Шумиловой, 1962), в пределах которой лежит остров леса Ары-Мас, простирается в широтном направлении через всю Сибирь вдоль северной окраины Евразийского материка. К тундрово-арктической области Л. В. Шумилова относит пространство, лежащее к северу от июльской изотермы 8°C при колебаниях в пределах области от 14°C до $1,3^{\circ}\text{C}$, годовом количестве осадков меньше 200 мм и незначительной мощности снежного покрова. Характерной чертой тундрово-арктической области является географически сплошная вечная мерзлота, оттаивающая на незначительную глубину и обуславливающая низкие температуры почвы.

Краткий вегетационный период (1,5-2 месяца), протекающий при непрерывном солнечном освещении позволяет существовать в Арктике лишь психрофильным травам и кустарникам, а также некоторым летнезеленым и вечнозеленым кустарникам.

Суровость климата и краткость вегетационного периода Арктики явились препятствием к существованию однолетних растений. Во всей Арктике Евразии известно лишь 2 вида однолетников: кёнигия и горечавка (*Koenigia islandica* и *Gentiana tenella*). Горечавка растет на Ары-Мас в луговых группировках на песчаных гривках высокой поймы, в разреженных пойменных кустарниках, а кёнигия отмечена намного севернее, в основном вокруг озера Таймыр (Поспелова, Поспелов, 2007).

Глава 4. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ В АРЫ-МАС

В апреле 2012 г. в период максимального снегонакопления на Ары-Мас мы провели снегомерные наблюдения на экологическом профиле в районе дендрохронологических исследований. На закрытых пространствах (в редколесьях) мощность снегового покрова составила 76,7 см, а плотность снега достигала 0,29 г/см³. В редицах средняя толщина снегового покрова была 27,5 см, при плотности 0,19 г/см³. Как видно, толщина снежного покрова в редколесьях почти втрое выше таковой в редицах при трехкратно большей плотности снега. Близкие к нашим значения толщины снежного покрова приводятся и Н. В. Ловелиусом для 1974-75 гг. – в редколесьях мощность снежного покрова составляла 77 см, а в редицах – 47 см (Ары-Мас, 1978).

Известно, что в лесу по сравнению с открытой местностью длительность снеготаяния напрямую зависит от количества выпавших за зиму осадков и плотности снежного покрова (Рахманов, 1984). Изучая динамику деятельности камбия лиственницы Гмелина в крайних условиях обитания на полуострове Таймыр, А. А. Канделаки (1979) пришёл к выводу, что в стволе и корнях дерева главным фактором, определяющим рост в толщину, является температура. Однако, в корнях древесина формируется более равномерно, чем в надземных частях дерева. Он установил, что в надземных частях модельных деревьев камбиальные производные начинают появляться в основном в первой декаде июля при среднесуточной

температуре воздуха 13-16°C, с закономерной возрастной последовательностью: вначале пробуждаются молодые деревья, затем средневозрастные и, наконец, более старые. Учитывая, что продолжительность вегетационного периода на территории очень невелика и составляет 32–65 дней, каждый потерянный для вегетации день вносит существенный негативный вклад в продукционный процесс деревьев. Таким образом, большое количество осадков в зимний период не всегда можно считать благом. В случае позднего схода снежного покрова (в случае редколесий) вегетационный период деревьев начинается позднее, что приводит к снижению величин радиального прироста. Дополнительным негативным моментом может являться чрезмерная увлажненность деятельного слоя почвы при таянии мощного снежного покрова в плохо дренируемых местоположениях.

Приведенные данные снегомерных исследований демонстрируют большую контрастность сезонного протаивания почвы, в зависимости от положения в ландшафте. Поэтому информация о температуре почв, получаемая на Крайнем Севере немногочисленными метеостанциями, не отражает всей сложности картины температурных изменений. Необходимы исследования в различных местообитаниях для достижения большей объективности метеоданных. Одновременно с такими исследованиями встает вопрос о сопоставимости вновь полученных данных с метеоинформацией официальных гидрометеостанций, о возможности привлечения рядов данных этих метеостанций для изучения динамики температуры почвы.

Метеоданные, полученные нами с помощью термодатчиков, были объединены и приведены к среднемесячным значениям (рис.5). Динамика рядов среднемесячных температур воздуха и почвы хорошо согласуются, коэффициент корреляции между ними равен 0,91, при $P \leq 0,01$. Немного меньшее значение коэффициента корреляции отмечено для рядов среднесуточных значений этих параметров – 0,87. Тем не менее, оно также статистически достоверно.

Для выявления количественной зависимости между рядами среднемесячных температур воздуха и почвы исходные данные измерений были разделены на три блока: летние температуры (IV-IX мес.), температуры

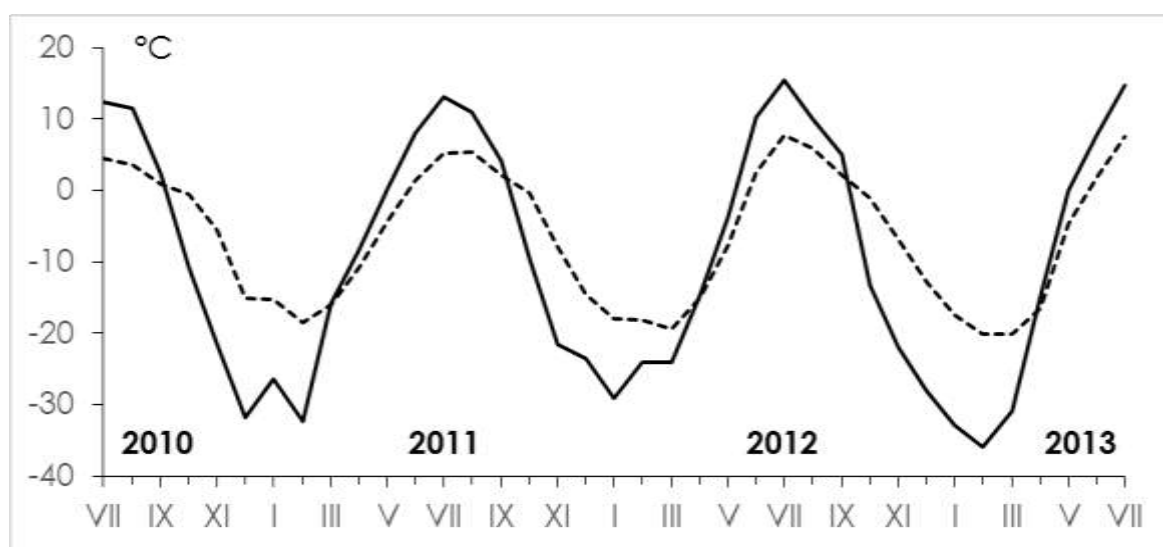


Рис. 5. Ход среднемесячных температур воздуха (сплошная линия) и почвы на глубине 10 см (пунктирная линия).

осеннего и зимнего периода (I-II, X-XII мес.) и весенние температуры (III-V мес.).

Далее для линейного тренда каждой группы температур было получено уравнение регрессии, где x – температура воздуха (рис. 6).

Для тренда летних температур уравнение имеет вид: $y=0,4906x - 0,835$ ($R^2=0,7379$).

Для тренда весенних температур уравнение имеет вид: $y=0,551x - 5,8698$ ($R^2=0,9295$).

Для тренда температур осеннего и зимнего периода уравнение имеет вид: $y=0,8033x + 7,9351$ ($R^2=0,8489$).

Наибольшая связь между температурами воздуха и почвы наблюдается в весенний период, а наименьшая – в летние месяцы.

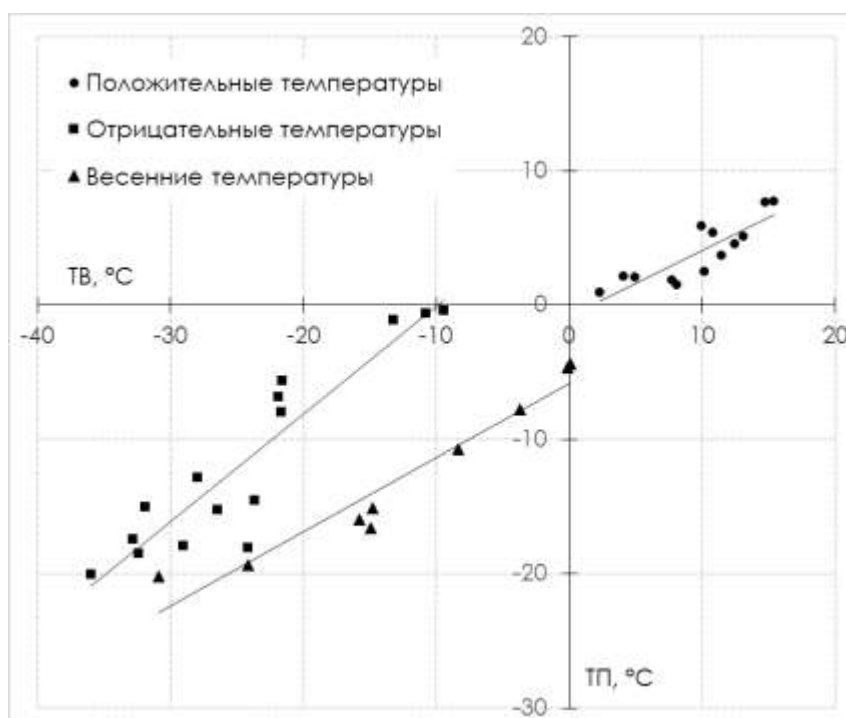


Рис. 6. График зависимости между температурой почвы (ТП) и температурой воздуха (ТВ)

Меньшая мощность мохового покрова в редицах обуславливает и более слабое термоизолирующее влияние и лучшую прогреваемость верхних слоёв почвы, а значит, улучшает условия для развития корневой системы и обеспечения древесных растений элементами питания. В редколесьях же при

более развитом моховом покрове уровень мерзлоты находится ближе к корнеобитаемому слою, что ухудшает условия питания. Глубина сезонного протаивания почвы в урочище Ары-Мас не превышает 50–70 см на минерализованных участках и 10–30 см под мощным моховым покровом (Ары-Мас, 1978).

Корни, расположенные в мерзлоте, как правило, находятся в состоянии покоя. Камбий в них пробуждается почти одновременно с оттаиванием почвы. Данное явление еще раз подтверждает мнение Б. А. Тихомирова (1956) о чрезвычайно чутком реагировании растительности Крайнего Севера на температурные условия и использования ими малейшей возможности для ускорения развития в короткое арктическое лето. Поэтому, данные о сезонной динамике температуры почвы на экологическом профиле были совершенно необходимыми.

Такие данные о температуре почвы деятельного слоя на глубине 10 см были получены посредством автоматических температурных регистраторов (Рудинский, 2010), которые фиксируют температуру ежедневно каждые 4 часа (начало цикла с 00:00 местного времени).

На нашей территории можно условно выделить открытые и закрытые пространства, если за таковые принять редины и редколесья соответственно. Как показывают наши результаты за период 2010-2013 гг. температура почвы в рединах и редколесьях существенным образом различается (рис 7, 8).

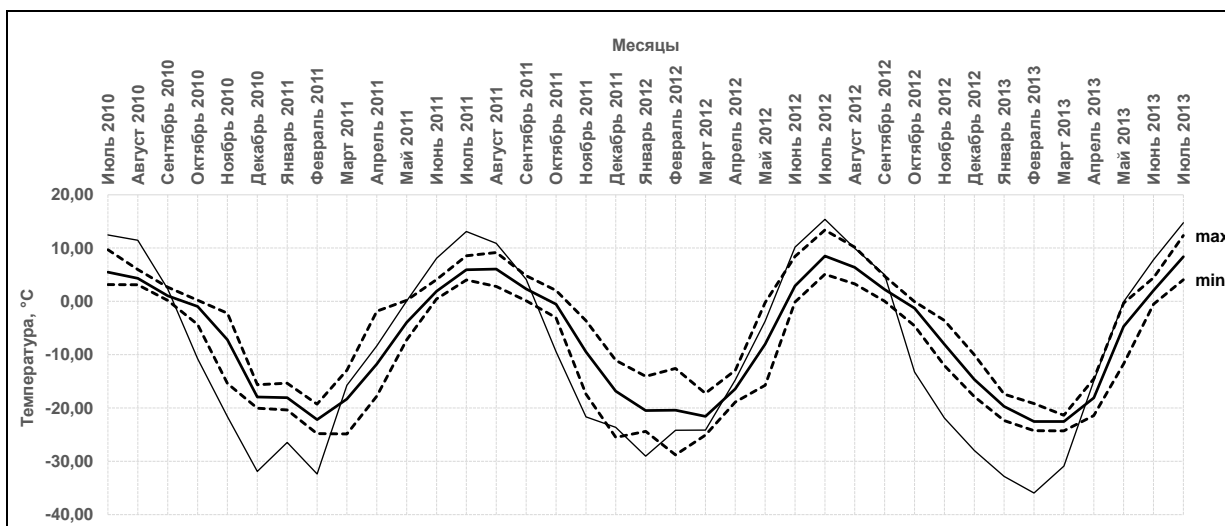


Рис. 7. Среднемесячная температура почвы открытых пространств (сплошная жирная линия, пунктиром показаны её максимальные и минимальные значения соответственно обозначениям). Среднемесячная температура воздуха показана тонкой линией.

На открытых пространствах почва летом прогревается достаточно сильно – максимальные значения её температуры близки к средней температуре воздуха, и также сильно охлаждается, судя по минимальным температурам.

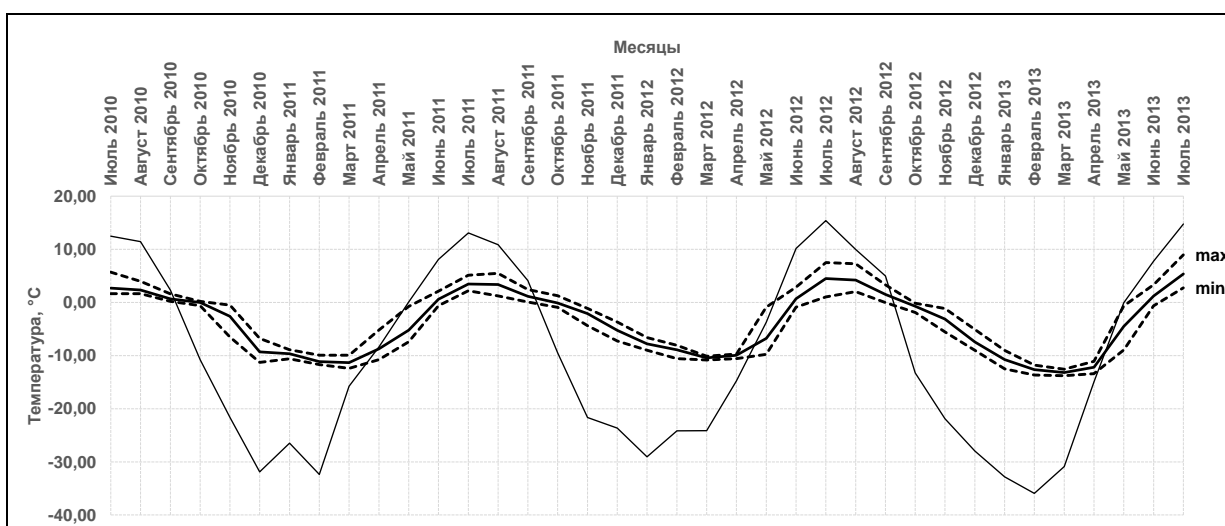


Рис. 8. Среднемесячная температура почвы закрытых пространств (сплошная жирная линия, пунктиром показаны её максимальные и минимальные значения соответственно обозначениям). Среднемесячная температура воздуха показана тонкой линией.

Темпы нагревания и охлаждения почвы на открытых и закрытых пространствах одинаковы – почва быстро нагревается до перехода через 0°C, ближе к пику температур (как правило, июль) температура выходит на плато, после чего начинается ее постепенный спад до 0°C, более замедленный на закрытых пространствах (рис.9, 10).

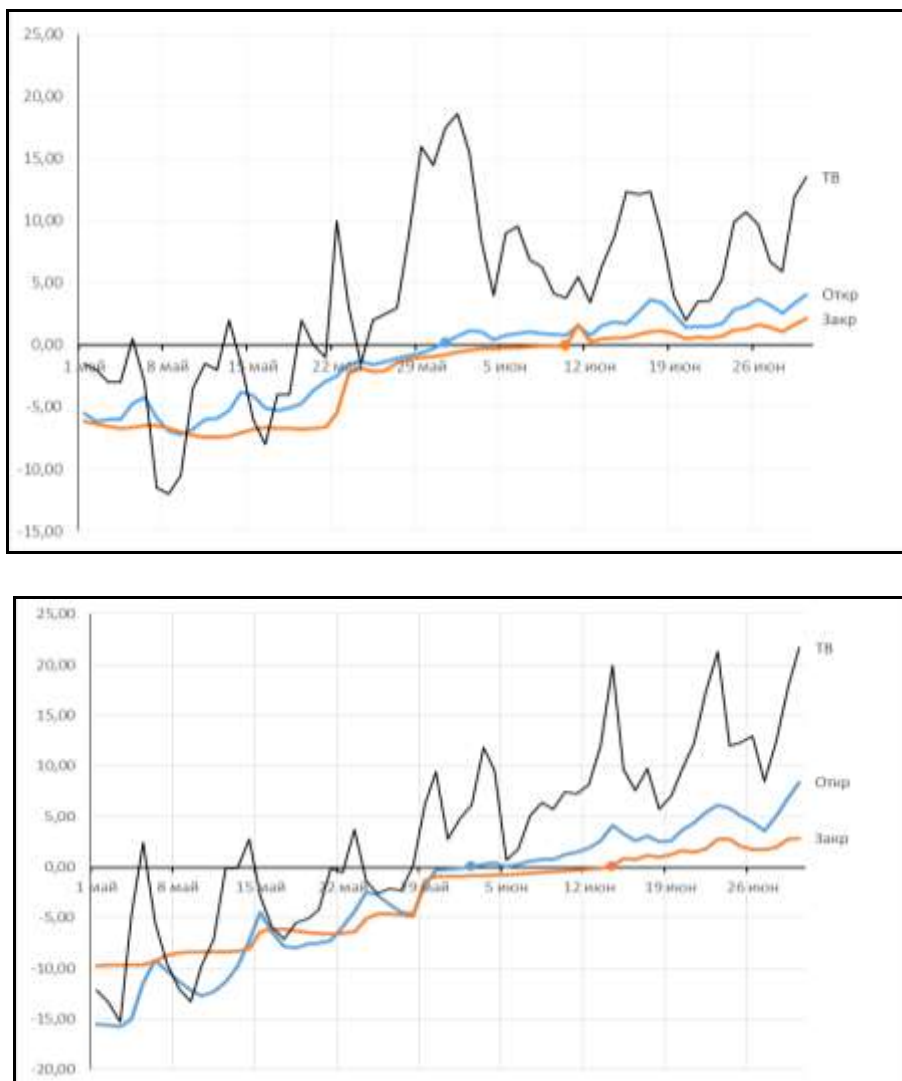


Рис. 9. Динамика температуры почвы весной 2011 и 2013 гг. в редколесьях (закр) и редилах (откр) Ары Мас. ТВ- температура воздуха

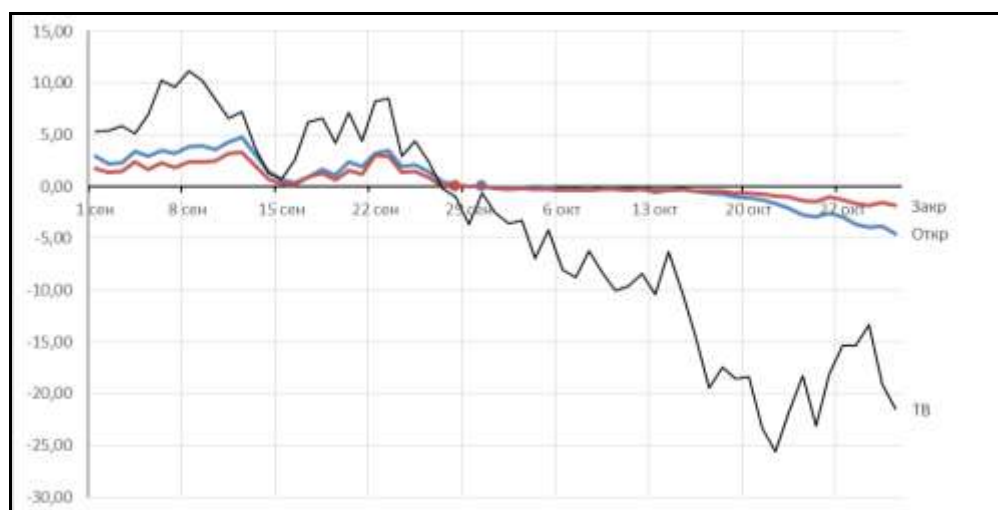
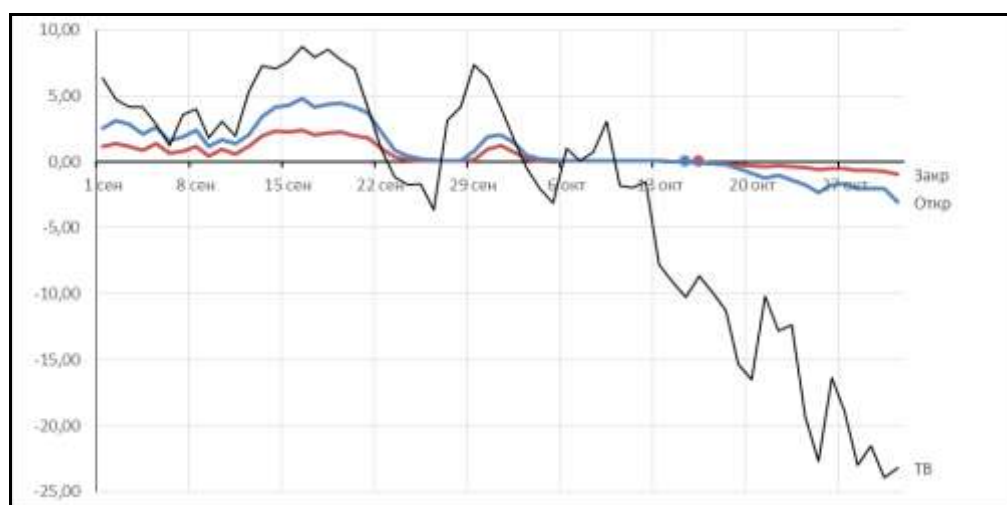
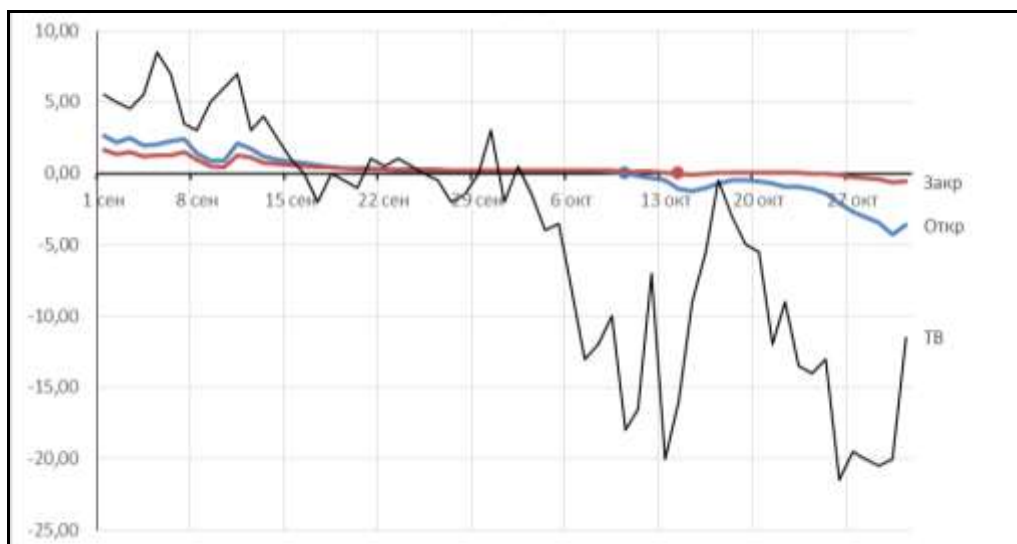


Рис. 10. Динамика температуры почвы осенью 2010-2012 гг. в редколесьях (закр) и редирах (откр) Ары Мас. ТВ- температура воздуха

При сравнении дат перехода температуры почв через 0°C заметна большая разница между оттаиванием почвы на открытых и закрытых пространствах.

Из представленных графиков ясно, что оттаивание деятельного слоя почвы на открытых пространствах происходит раньше на 10-12 дней, чем на закрытых пространствах. А осенью переход температуры почвы через 0°C на открытых и закрытых пространствах происходит практически одновременно. Принимая во внимание тот факт, что камбий в корнях лиственницы начинает функционировать при их оттаивании, мы можем сделать следующий вывод: на открытых пространствах условия для роста деревьев более благоприятны как по продолжительности вегетационного периода, так и по температуре деятельного слоя почв.

Глава 5. АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА РАДИАЛЬНЫЙ ПРИРОСТ ЛИСТВЕННИЦЫ

В конце прошлого века Н. В. Ловелиус (1998) проводил в лесном острове Ары-Мас детальные исследования по изучению многолетних тенденций направленных изменений роста деревьев и лесорастительных условий. В этой работе он использовал измерения по кернам 15 модельных деревьев лиственницы за период более 300 лет (1690-1996 гг.) для формирования общего представления о многолетних тенденциях в изменении прироста лиственницы в редколесье (табл.6).

Таблица 6. Средний прирост лиственницы (мм) в лесном острове Ары-Мас по 10-летиям по материалам Н. В. Ловелиуса (1979).

Годы.	Прир.	Годы	Прир.	Годы	Прир.	Годы	Прир.	Годы	Прир.
1690-99	0,357	1760-69	0,219	1830-39	0,234	1900-09	0,346	1970-79	0,413
1700-09	0,272	1770-79	0,315	1840-49	0,247	1910-19	0,350	1980-89	0,456
1710-19	0,222	1780-89	0,329	1850-59	0,285	1920-29	0,484	1990-96	0,374
1720-29	0,219	1790-99	0,305	1860-69	0,564	1930-39	0,626		
1730-39	0,191	1800-09	0,317	1870-79	0,476	1940-49	0,812		
1740-49	0,215	1810-19	0,298	1880-89	0,561	1950-59	0,562		
1750-59	0,303	1820-29	0,255	1890-99	0,453	1960-69	0,518		

Мы сопоставили наши данные по радиальному приросту лиственницы с этими материалами Н.В.Ловелиуса для анализа тенденций динамики радиального прироста в последнее десятилетие (табл.7). Корреляция двух

Таблица 7. Средний прирост лиственницы (мм) в лесном острове Ары-Мас по 10-летиям по материалам автора.

Годы	Прир.	Годы	Прир.	Годы	Прир.	Годы	Прир.	Годы	Прир.
1740-49	0,14	1800-09	0,16	1860-69	0,42	1920-29	0,59	1980-89	0,21
1750-59	0,08	1810-19	0,17	1870-79	0,32	1930-39	0,62	1990-99	0,16
1760-69	0,11	1820-29	0,10	1880-89	0,35	1940-49	0,74	2000-09	0,16
1770-79	0,08	1830-39	0,10	1890-99	0,50	1950-59	0,51	2010-13	0,18
1780-89	0,09	1840-49	0,11	1900-09	0,36	1960-69	0,35		
1790-99	0,13	1850-59	0,22	1910-19	0,36	1970-79	0,23		

изображенных рядов в период с 1744 по 1996 гг. составляет 0,87 (рис. 11). Видно, что снижение прироста, наблюдаемое с середины прошлого века, продолжается и поныне.

Также на эту тенденцию обращал внимание и М. М. Наурзбаев (2005). Он установил, что прирост деревьев в последние десятилетия XX века был различен в редирах и редколесьях. По его мнению, основная причина этих расхождений кроется в различной мощности мохового покрова в редколесьях и редирах. Слабая мощность мохового покрова в редирах обуславливает меньшее его термоизолирующее влияние на верхний горизонт почвы и, очевидно, лучшую прогреваемость верхних слоев почвы, а, значит, и лучшие условия для развития корневой системы и обеспечение древесных растений микроэлементами.

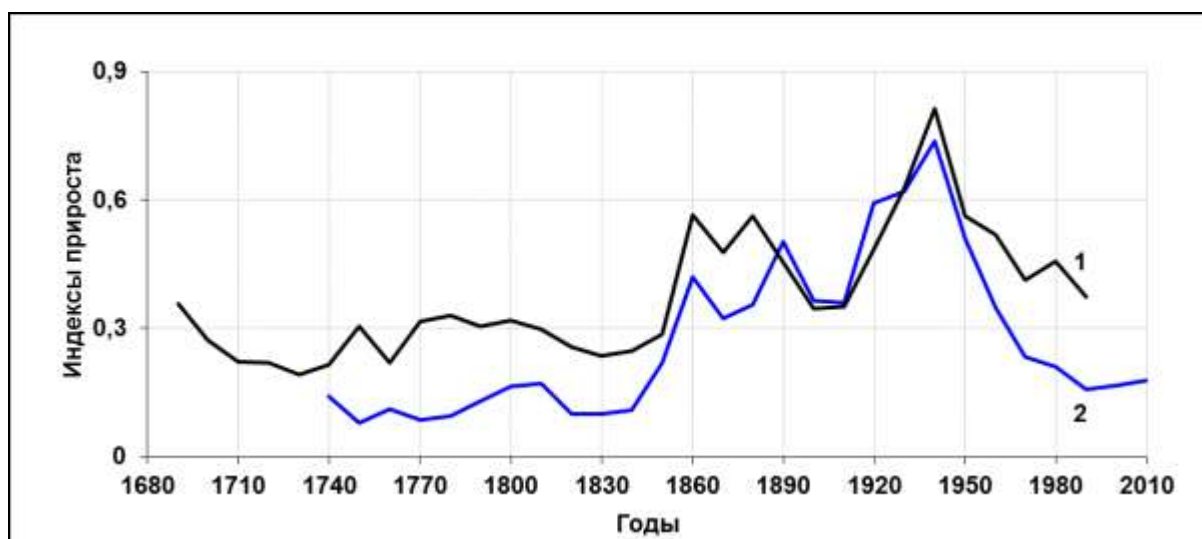


Рис. 11. Дендрограмма лиственницы в лесном острове Ары-Мас по данным Н. В. Ловелиуса (1998) (1) и по данным автора (2).

Он мотивирует это тем, что при прочих равных условиях (климатических) внутривидовая конкуренция за площадь корневого питания

в редколесьях конкурирует с интенсивным развитием кустарников и затенение приводит к развитию мощного мохового покрова и соответственно повышению уровня мерзлоты к корнеобитаемому горизонту.

Ускорение роста после разрушения мохового покрова в условиях северной тайги, например, пожарами неоднократно отмечалось разными авторами (Абаимов и др., 1998; Арбатская, 1998 и др.).

Нами же было показано, что мощным фактором, определяющим различие радиального прироста лиственницы в редирах и редколесьях, являются осадки зимнего периода. Снег, задерживаясь в редколесьях весной, сокращает продолжительность вегетационного периода и тем самым снижает интенсивность радиального прироста там лиственницы (Рудинский, 2013).

Древесно-кольцевые хронологии, полученные М.М. Наурзбаевым (2005) для Восточного Таймыра и, в частности, для Ары-Мас, заканчиваются началом 90-х гг. прошлого века (Леви и др., 2003). Поэтому имело большой смысл сопоставить наши данные с этими хронологиями. Корреляционный анализ показал наличие тесной связи между «таймырской хронологией» (Наурзбаев, 2005) и нашими древесно-кольцевыми хронологиями (рис. 12). Для хронологии сомкнутого древостоя лесного острова Ары-Мас коэффициент корреляции был равен 0,89, а для хронологии лиственницы по редирам Ары-Мас – 0,70.

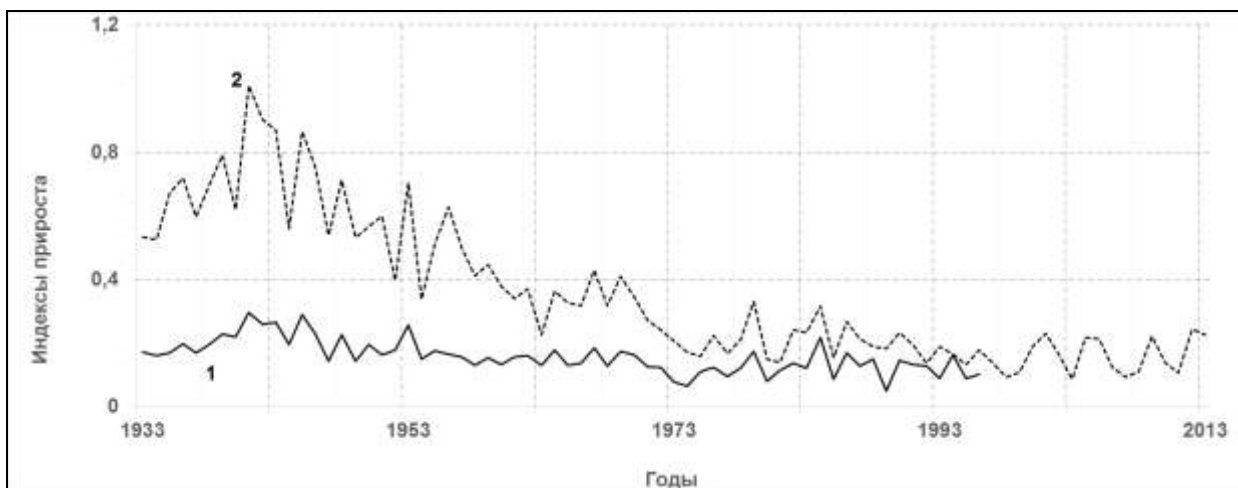


Рис. 12. Кривые древесно-кольцевых хронологий лиственницы в лесном острове Ары-Мас по данным М.М.Наурзбаева (2005) (1) и полученной автором (2)

Поскольку наша хронология была получена по более молодым деревьям, амплитуда прироста этих деревьев была больше. И период в середине XX в., называемый «потеплением Арктики» выражен у них ярче. При этом последние десятилетия прошлого века демонстрируют большое подобие и не содержат тренда, который должен был бы отражать «глобальное потепление».

Это обстоятельство было отмечено М.М.Наурзбаевым (2005) в конце прошлого века, но ситуация продолжает и дальше развиваться в том же направлении – радиальный прирост лиственницы по-прежнему не имеет выраженной реакции на увеличение температуры воздуха в Северном Полушарии. Наблюдаются только отличия в ширине годичных колец у деревьев, занимающих разные ценоотические позиции: в редианах, редколесьях и у одиночно стоящих деревьев на пределе их произрастания.

Мы провели анализ метеоданных м/с Хатанага в год аномального прироста (отклонение от среднего прироста на 1σ и более) и за предшествующий ему год. Это дало возможность рассмотреть влияние факторов за 24 месяца, охватывающих два вегетационных периода и период покоя между ними, а также определить его разницу накануне и в годы с наибольшим и наименьшим приростом годовичных колец

Выявление периодов с наибольшими и наименьшими приростами годовичных колец у лиственницы предварительно определялось по дендрограмме (рис. 13). Были установлены годы аномально высоких и низких приростов. Годы максимумов: 1941, 1953, 1970, 1979, 1984, 1990, 2001. Годы минимумов: 1954, 1963, 1975, 1981, 1998, 2003, 2007.

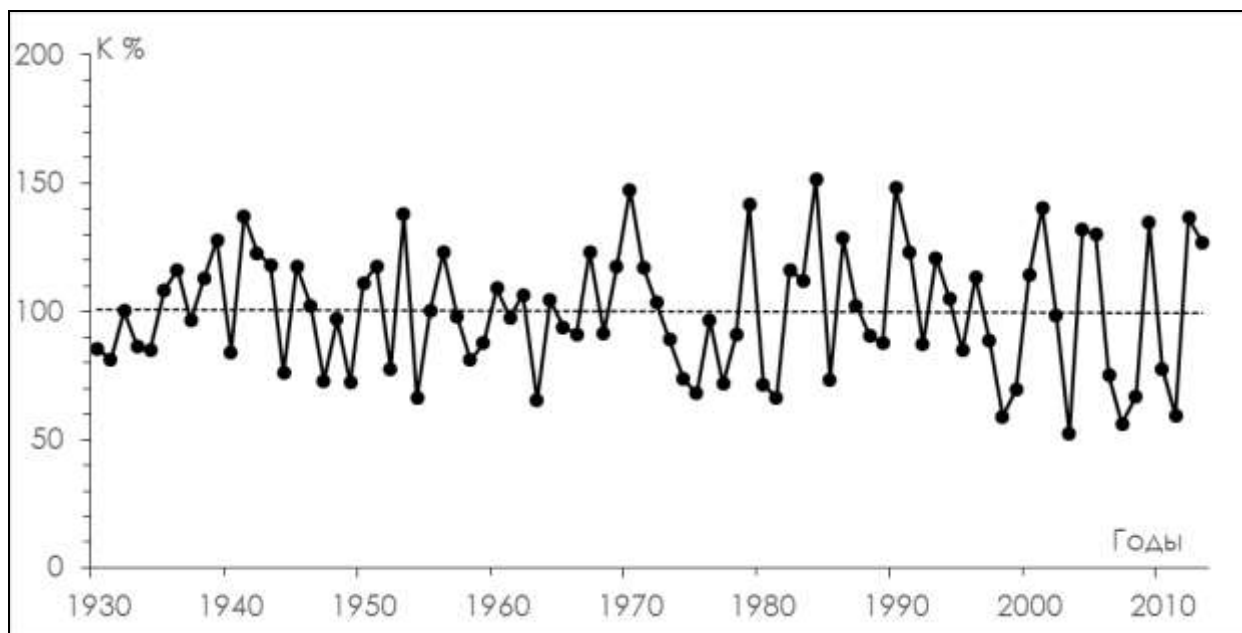


Рис. 13. Отклонения на 1σ и более от 10-летней календарной нормы радиального прироста лиственницы Гмелина в редколесьях «Ары-Мас» (1730-2013 гг.)

Для того, чтобы проследить реакцию деревьев на изменения температуры воздуха и осадков, был проведён анализ их месячных данных (для температуры – средних, для осадков – суммарных) в год аномального прироста и за предшествующий ему год.

Анализ температуры воздуха с нарастающим итогом позволяет проследить её как непрерывный процесс прогревания и выхолаживания территории накануне и в годы аномалий. В связи с особенностями географического положения территории, период с положительными температурами здесь охватывает только летние месяцы. Среднемесячная температура июля $+12,7^{\circ}\text{C}$, января $-32,6^{\circ}\text{C}$. Из рис. 14А следует, что в год аномалии высокие температуры в летний период и низкие в весенний сказываются благоприятно на приросте лиственницы. Температуры воздуха накануне явного влияния на прирост в годы аномалий не обнаруживают.

Накануне и в годы минимального прироста выпадает наибольшее количество осадков (270 мм). Максимум осадков приходится на август и июль соответственно (рис. 14Б). Видно, что наибольшую отрицательную роль играют осадки, выпавшие с августа предшествующего года по июль аномального года. Годы наибольшего прироста и накануне характеризуются меньшим годовым количеством осадков (250 и 260 мм соответственно).

Таким образом, для наибольшего прироста благоприятными условиями на исследуемой территории является тёплое и сухое лето. Минимум снежных осадков в период накануне вегетации также является положительным фактором, а значительный отрицательный эффект несут

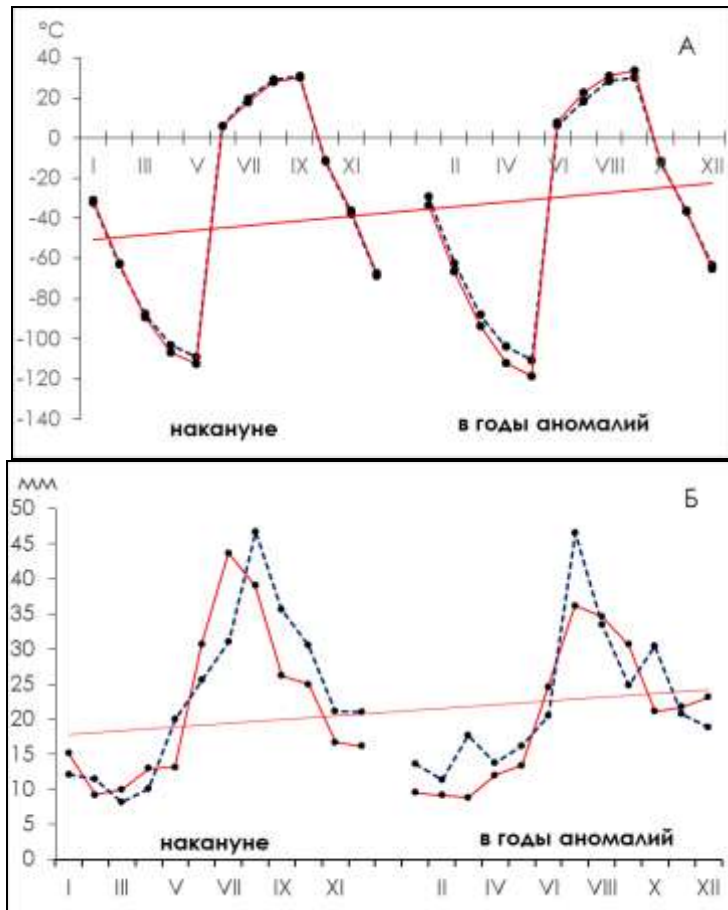


Рис. 14. Температура воздуха с нарастающим итогом (А) и месячная сумма осадков (Б) в годы с наибольшим (сплошная линия) и наименьшим (пунктирная линия) приростом годичных колец лиственницы.

осадки июля. В то же время, совпадение по времени высоких температур с высоким уровнем увлажнения в зимний период положительно отражается как на радиальном приросте, так и на интенсивности лесовозобновления.

На рис. 15 представлены наши данные по динамике ширины годичных колец лиственниц из редины и редколесий. Видно, что до середины 1950-х гг. наибольшим приростом характеризовались древостои редколесий, а со второй половины 1950-х гг. и до настоящего времени максимальный прирост наблюдается в редины.

На фоне чёткой погодичной синхронности сравниваемых древостоев не менее важно отметить разнонаправленность трендовых составляющих.

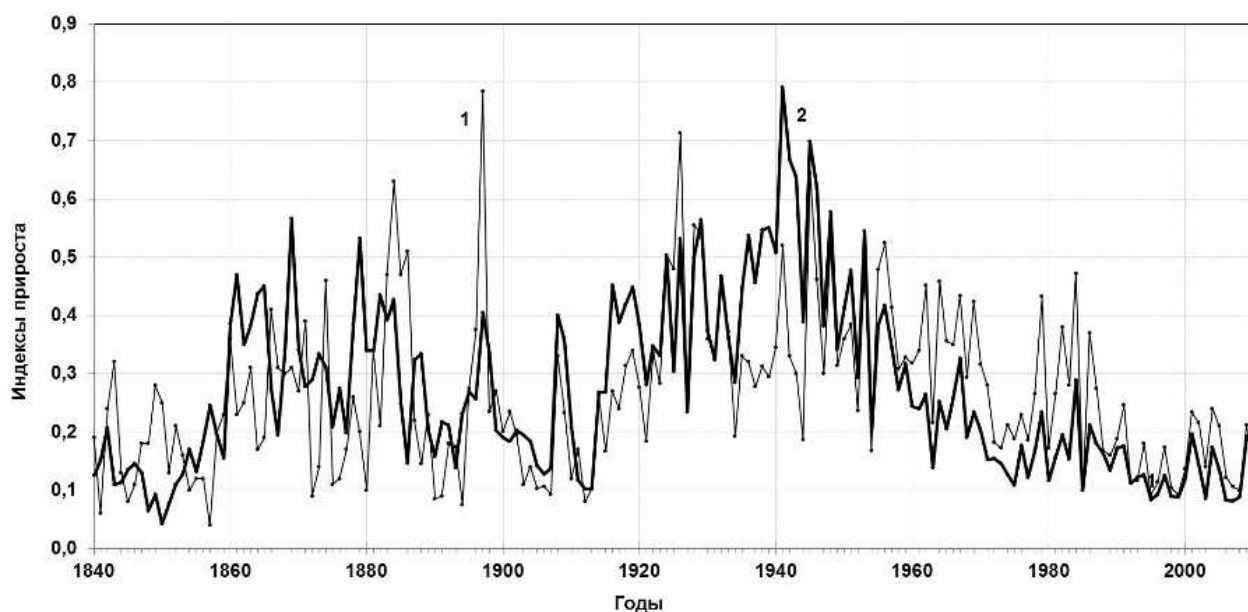


Рис. 15. Многолетняя динамика прироста ширины годичных колец древесины лиственницы Гмелина в редицах (1) и редколесьях (2) урочища Ары-Мас

Таким образом, можно утверждать, что, начиная с середины XX в., прирост деревьев в редицах и редколесьях различен. Мы вправе допустить, что в середине прошлого века произошла достаточно радикальная смена регулирующего климатического фактора, что и вызвало прямым или косвенным образом изменение динамики продуктивности древостоев на открытых пространствах и в пределах редколесий. Сравнение среднемесячных температур двух периодов – с момента начала наблюдений до середины 1950-х гг. и с середины 1950-х гг. до 2010 г. не демонстрирует каких-либо радикальных различий в величине и годовом распределении (рис. 16). Это доказывает, что температура воздуха не могла послужить фактором, вызвавшим различия в радиальном приросте лиственницы в редколесьях и редицах Ары-Мас. Расчёт коррелятивной связи радиального прироста деревьев с июньской и июльской температурой воздуха показал,

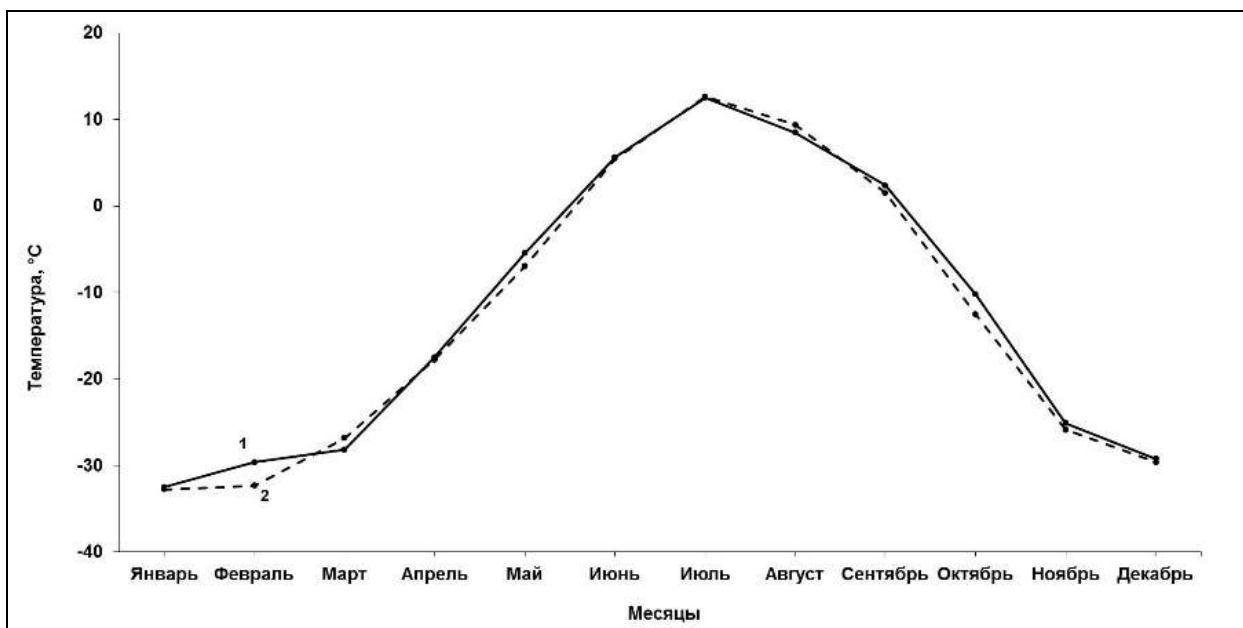


Рис. 16. Среднемесячная температура воздуха за периоды 1934-1953 гг. (1) и 1954–2010 гг. (2) (по данным метеостанции «Хатанга»)

что коэффициенты корреляции этих параметров статистически значимы только для июля ($r = 0,34$ в редколесьях и $r = 0,47$ в редилах). В июне мы не обнаружили значимой корреляционной связи между температурой воздуха и шириной годичного кольца лиственницы, как в редилах, так и в редколесьях. Основные процессы формирования прироста древесины лиственницы в районе исследований развиваются в июле, что и показал корреляционный анализ. В целом же, температурные условия июня-июля в районе исследований определяют формирование 70–75 % общего годичного прироста кольца (Ваганов, Шиятов, Мазепа, 1996).

Однако, раннелетний сезон (июнь – первая декада июля) очень важен для формирования годичного прироста древесины и предшествует периоду активации ростовых процессов лиственницы на востоке Таймыра: процесс разворачивания хвои обычно завершается в первой декаде июля (Пармузин,

1979). Даты последних заморозков приходятся на вторую декаду июня, переход среднесуточных температур воздуха через рубеж $+8,0^{\circ}\text{C}$ происходит в последнюю декаду июня. Этот период является стартовым для формирования радиального прироста. Оттаивание почвы происходит в редколесьях за 18-19 дней при средней температуре воздуха $6-8^{\circ}$ (табл.8). В редирах оттаивание завершается на 10-12 дней раньше, но более чувствительно к климатическим условиям – однако, ясно, что высокой температуры воздуха недостаточно, почва быстрее оттаивает при выпадении осадков.

Существенным отличием между температурным режимом почв в редирах и редколесьях является то, что редины суммарно получают почти в 2 раза больше тепла на большем (на 10-14 дней) протяжении времени (табл.9). Данные таблицы 12 подтверждают упомянутую нами чувствительность лиственницы к оттаиванию почвы. Начало вегетационных процессов в кроне дерева мы можем сопоставить с наступлением положительной температуры в верхних 10 см почвы. Аналогичное сравнение с температурой воздуха не просматривается.

Достаточное, а временами даже избыточное увлажнение в районе исследований предопределяет низкую корреляционную связь с атмосферными осадками в летний период.

В то же время, нами была обнаружена отрицательная связь величины радиального прироста и суммы выпавших осадков за период с

Таблица 8. Температурные условия оттаивания и замерзания почвы на открытых (ОП) и закрытых (ЗП) пространствах. ТП – температура почв, ТВ – температура воздуха.

Год	Весна						Осень		Кол-во дней с положительной ТП на ОП (сумма полож. ТП)	Кол-во дней с положительной ТП на ЗП (сумма полож. ТП)	Кол-во дней с положительной ТВ (сумма полож. ТВ)	Кол-во осадков за период с отриц. ТВ накануне вегетации
	ОП			ЗП			ОП	ЗП				
	Дата перехода ТП через 0	Кол-во дней с полож. ТВ (сумма положительных ТВ)	Кол-во осадков за период с полож. ТВ	Дата перехода ТП через 0	Кол-во дней с полож. ТВ (сумма положительных ТВ)	Кол-во осадков за период с полож. ТВ	Дата перехода ТП через 0	Дата перехода ТП через 0				
2010	-	-	-	-	-	-	10.10	13.10	-	-	106 (996,4°)	125,1
2011	31.05	7 (64,5°)	0	11.06	18 (156,1°)	3,6	15.10	16.10	138 (505,1°)	128 (270,6°)	121 (1160,7°)	202,4
2012	02.06	6 (29,4°)	2	14.06	18 (125,4°)	15,2	30.09	28.09	121 (616°)	107 (344,2°)	122 (1265°)	159,9
2013	03.06	9 (49,0°)	0,6	13.06	19 (103,7°)	10,5	-	-	-	-	114 (1100,2°)	103,4

отрицательными температурами (сентябрь-май): коэффициент корреляции составил -0,60 для редколесий и -0,47 для редины. Важно отметить, что если в динамике температуры воздуха за весь период наблюдений не выявлено существенных различий, этого нельзя сказать об атмосферном увлажнении. В последние десятилетия прошлого века и до 2010 г. годовая сумма осадков увеличилась на 11,7 % против таковой за период с 1934 г. по середину 1950-х гг. (263 мм и 235 мм соответственно).

Самым же важным стало изменение распределения осадков по месяцам – количество зимних осадков увеличилось, а летних, напротив, уменьшилось (рис. 17).

Таблица 9. Данные из календаря природы об основных событиях фенологии лиственницы Гмелина с 2010 по 2013 гг. Обозначения, как и для табл. 11.

Дата	Основные показатели	ТВ (дней с полож. ТВ / сумма полож. ТВ)	ТП ОП (дней с полож. ТП / сумма полож. ТП)	ТП ЗП (дней с полож. ТП / сумма полож. ТП)
02.06.10	Набухание листовых почек (2-я подфаза)	1,4° (3/4,3°)		
04.06.10	Распускание листовых почек (1-я подфаза)	6,9° (5/7,8°)		
07.06.10	Распускание листовых почек (2-я подфаза)	9,5° (8/33,9°)		
12.06.10	Зеленение листовых почек (1-я подфаза)	16,2° (13/99,7°)		
20.06.10	Зеленение (2-я подфаза)	8,5° (21/156,1°)		
01.07.10	Фаза летней вегетации	16,2° (32/266,4°)		
18.08.10	Начало пожелтения	14,0° (80/816°)	5,91° (-)	3,00° (-)
03.06.11	Начало зеленения (1-я подфаза)	8,4° (10/107°)	1,04° (4/3,06°)	-0,31° (-)
13.06.11	Зеленение (2-я подфаза)	6,4° (20/166°)	1,56° (14/12,77°)	0,53° (3/2,46°)
22.08.11	Осеннее расцветивание (начало)	5,2° (90/984,5°)	4,76° (84/390,47°)	2,33° (73/214,42°)
30.08.11	Осеннее расцветивание (полное)	5,7° (98/1043°)	2,79° (92/426,8°)	1,25° (81/231,82°)
07.06.12	Распускание почек (2-я подфаза)	5,1° (11/58,5°)	0,60° (6/1,74°)	-0,62° (-)
14.06.12	Начало зеленения (1-я подфаза)	20,0° (18/125,4°)	4,11° (13/14,55°)	0,12° (1/0,12°)
21.06.12	Начало зеленения (2-я подфаза)	12,2° (25/187°)	4,42° (20/36,74°)	1,49° (8/8,33°)
28.08.12	Начало осеннего пожелтения	7,0° (93/1096,1°)	4,21° (88/537,62°)	2,58° (76/291,98°)
03.09.12	Осеннее пожелтение полное	5,8° (99/1126,1°)	2,30° (94/556,15°)	1,49° (82/303,74°)
13.06.13	Начало зеленения	15,3 (19/103,7°)	1,81 (3/3,42)	0,19 (1/0,19)

Еще раз подчеркнем, что достаточное, а временами даже избыточное увлажнение в районе исследований предопределяет низкую корреляционную связь с атмосферными осадками в летний период. В то же время, нами была обнаружена отрицательная связь величины радиального прироста и суммы выпавших осадков за период с отрицательными температурами (сентябрь-

май): коэффициент корреляции составил -0,60 для редколесий и -0,47 для редины (рис. 18,19).

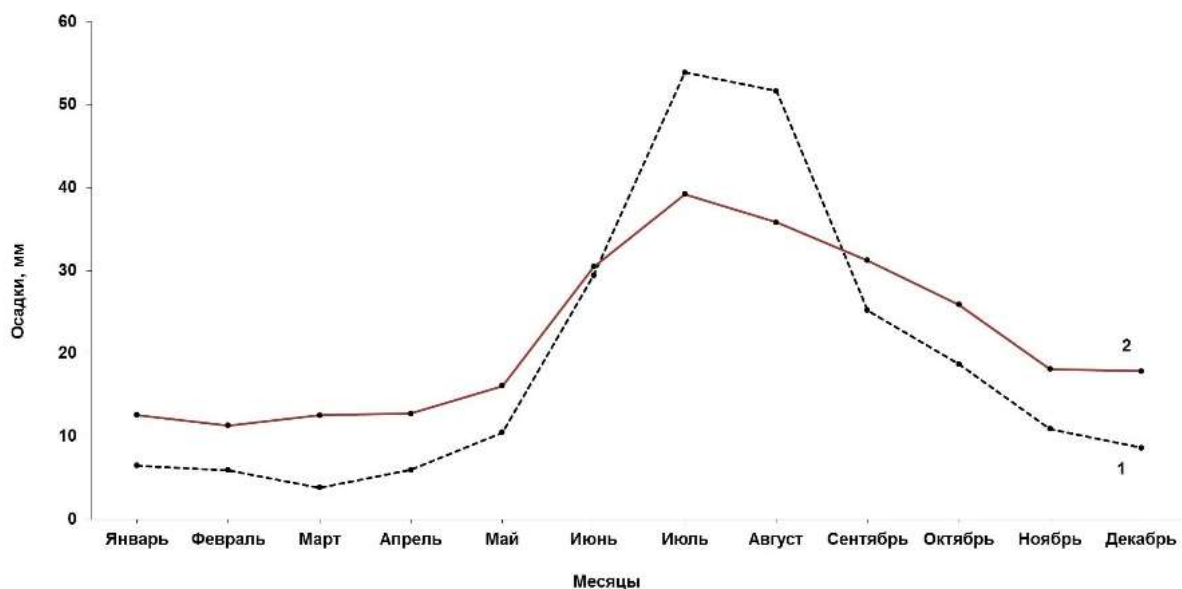


Рис. 17. Средняя сумма осадков по месяцам за периоды 1934–1953 гг. (1) и 1954–2010 гг. (2) (по данным метеостанции «Хатанга»)

Выше нами по результатам снегомерных измерений 2012 г. в период максимального снегонакопления на Ары-Мас уже было показано, что на закрытых пространствах (в редколесьях) мощность снегового покрова составила 76,7 см, а плотность снега достигала $0,29 \text{ г/см}^3$. В редины средняя толщина снегового покрова была 27,5 см, при плотности $0,19 \text{ г/см}^3$.

Как видно, толщина снежного покрова в редколесьях была почти втрое выше таковой в редины при трехкратно большей плотности снега. Известно, что в лесу по сравнению с открытой местностью длительность снеготаяния напрямую зависит от количества выпавших за зиму осадков и плотности снежного покрова (Рахманов, 1984).

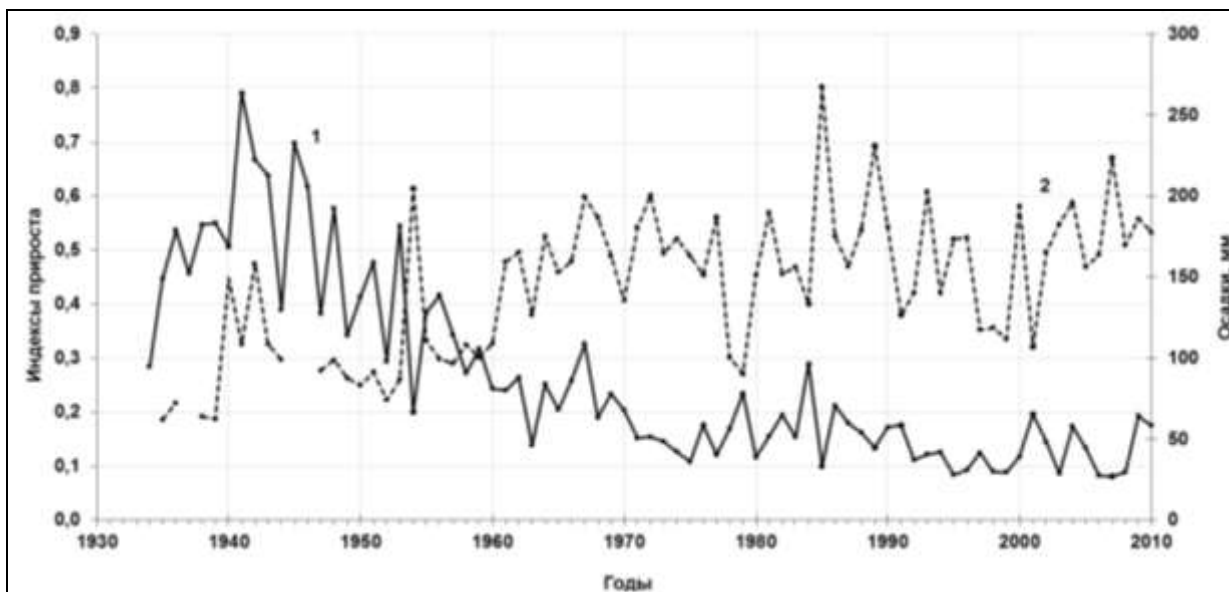


Рис. 18. Многолетняя динамика радиального прироста древесины лиственницы Гмелина в редколесьях урочища Ары-Мас (1) и суммы осадков, выпадающих на территории за период с отрицательными температурами воздуха (сентябрь-май) (2) (по данным метеостанции «Хатанга»).

Учитывая, что продолжительность вегетационного периода на территории очень невелика и составляет 32–65 дней, каждый потерянный для вегетации день вносит существенный негативный вклад в продукционный процесс деревьев. Дополнительным негативным моментом может являться чрезмерная увлажненность деятельного слоя почвы при таянии мощного снежного покрова в плохо дренируемых местоположениях.

Таким образом, большое количество осадков в зимний период не всегда можно считать благом. В случае позднего схода снежного покрова (в случае редколесий) вегетационный период деревьев начинается позднее, что приводит к снижению величин радиального прироста.

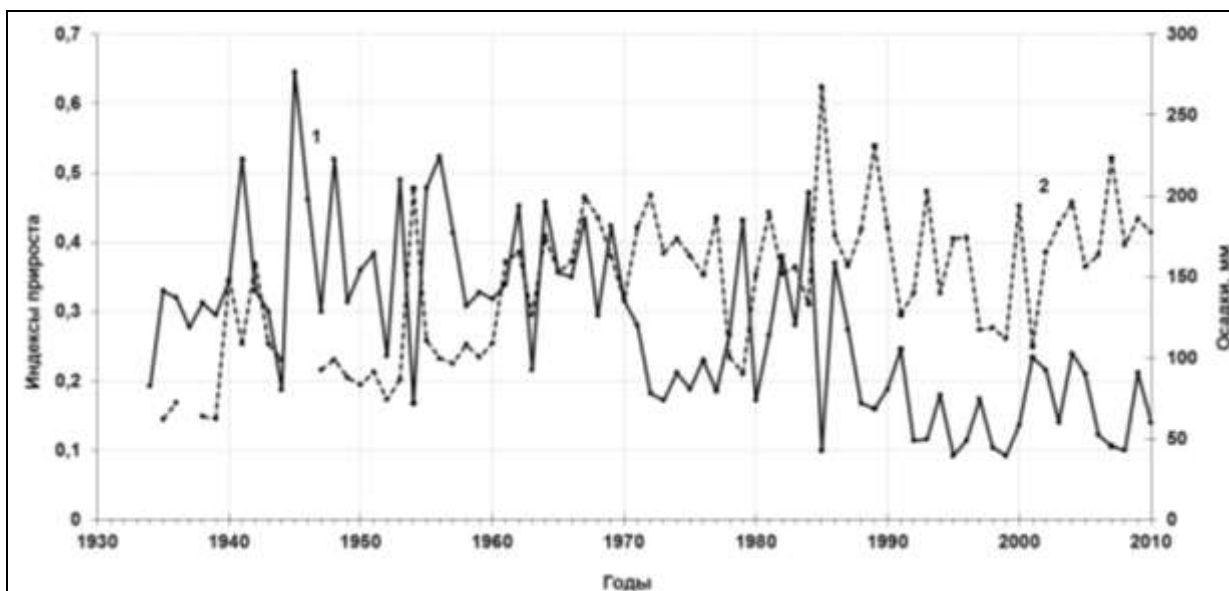


Рис. 19. Многолетняя динамика радиального прироста древесины лиственницы Гмелина в редицах урочища Ары-Мас (1) и суммы осадков, выпадающих на территории за период с отрицательными температурами воздуха (сентябрь-май) (2) (по данным метеостанции «Хатанга»)

Ещё одной косвенной причиной, вызвавшей различия в радиальном приросте деревьев, может также являться различная мощность мохового покрова в редколесьях и редицах, как это уже отмечал М.М.Наурзбаев (2005).

Меньшая мощность мохового покрова в редицах обуславливает его более слабое термоизолирующее влияние и лучшую прогреваемость верхних слоёв почвы, а значит, улучшает условия для развития корневой системы и обеспечения древесных растений элементами питания. В редколесьях же при более развитом моховом покрове уровень мерзлоты находится ближе к корнеобитаемому слою, что ухудшает условия питания. Глубина сезонного протаивания почвы в урочище Ары-Мас не превышает 50–70 см на минерализованных участках и 10–30 см под мощным моховым покровом (Вагнов, Шиятов, Мазепа, 1996).

Как уже отмечалось, мы установили существенное изменение структуры атмосферного увлажнения района исследований в последние 50–60 лет. В результате роста количества осадков и внутригодового их перераспределения произошло заметное увеличение мощности снегового покрова, особенно в редколесьях лиственницы. Заметного изменения термического режима атмосферы в этот период не отмечено.

Анализируя метеорологические данные М. М. Наурзбаев (2005) выявил в природе климата региона взаимные корреляционные связи между важнейшими климатическими переменными. По его мнению, исходя из знаний характера этих связей, следует осторожно интерпретировать корреляционные связи прироста с каждым в отдельности климатическим фактором. Дендроклиматические исследования методами трахеидограмм и имитационного моделирования, направленными на выявление закономерности в сезонном росте и формировании годичных колец в экстремальных природно-климатических условиях на северном пределе леса (Ваганов и др., 1994, 1997) показали, что статистический подход дает только начальные ориентиры в выявлении природы внешнего климатического сигнала, лимитирующего прирост деревьев. Общая же картина жизни древостоев получается только при интегрировании большого числа факторов и их тщательном анализе. И наши исследования это показали. Мы продемонстрировали роль снегового покрова в продуктивности деревьев на различных территориях и, тем самым, раскрыли еще один экологический

фактор, оказывающий существенное влияние на радиальный прирост лиственницы в Ары-Мас.

Глава 6. ЛЕСОВОЗОБНОВЛЕНИЕ В ЛИСТВЕННИЧНИКАХ АРЫ-МАС

Наиболее актуальным вопросом в исследовании северных лесов является изучение их возрастной структуры. С этой целью в самом северном в мире острове леса Ары-Мас был заложен экологический профиль протяженностью 2,5 км, пересекающий 7 растительных сообществ (рис. 20, 21). В каждом сообществе, где присутствовала древесная растительность был определен возраст доминирующей породы – лиственницы Гмелина, для чего были отобраны буровые образцы древесины 114 деревьев и определен возраст подроста лиственницы.

Средний возраст первого яруса лиственницы в среднем достигает 140-160 лет, при средней высоте деревьев 5 м и среднем диаметре 6 см. Возрастная структура древостоя была существенно нарушена рубками 20-30-летней давности.

В пределах профиля количество пней в ряде выделов равно количеству живых деревьев. Диаметр пней в среднем на 30-40% больше диаметра живых деревьев, т.е. наиболее старые деревья были вырублены и

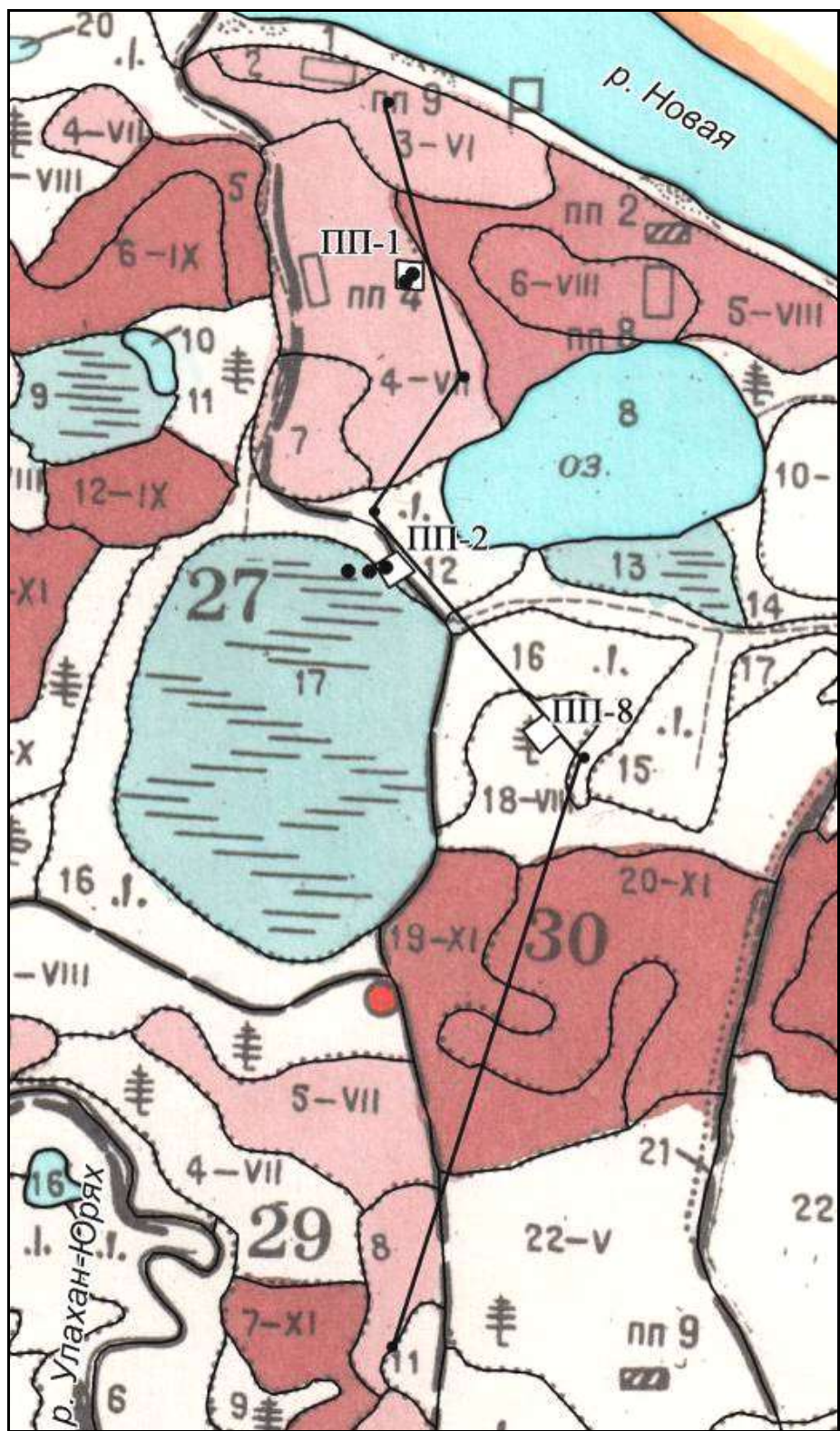


Рис.20. Размещение экологического профиля и пробных площадей на лесоустроительном плане. Профиль показан линией, а пробные (учетные) площадки – кружками.



Рис.21. Участок редины лиственницы на экологическом профиле.

природная возрастная структура древостоя оказалась нарушенной антропогенным вмешательством

Средний возраст первого яруса лиственницы на учетных площадках в среднем достигает 140-160 лет, при средней высоте деревьев 5 м и среднем диаметре 6 см. Возрастная структура древостоя была существенно нарушена рубками 20-30-летней давности.

Средний возраст лиственничного подроста на всех выделах профиля оказался близким и находится в диапазоне 20-25 лет. Количество подроста может достигать более чем 1 тыс.экз/га, что свидетельствует о нормальном ходе возобновительного процесса (рис.22, 23, 24).



Рис. 22. Экземпляр подроста лиственницы №10, пробная площадь №1.



Рис.23. Экземпляр подроста лиственницы №4, пробная площадь №2



Рис.24. Экземпляр подроста лиственницы №21, пробная площадь №8

В августе 2011 и 2013 гг. на пробных площадях экологического профиля в редколесье и редине был произведен учет возобновления и измерен годичный линейный прирост (прирост в высоту) подроста лиственницы и ширина годичных колец (радиальный прирост) максимум до 2006 года (табл.10, рис. 25).

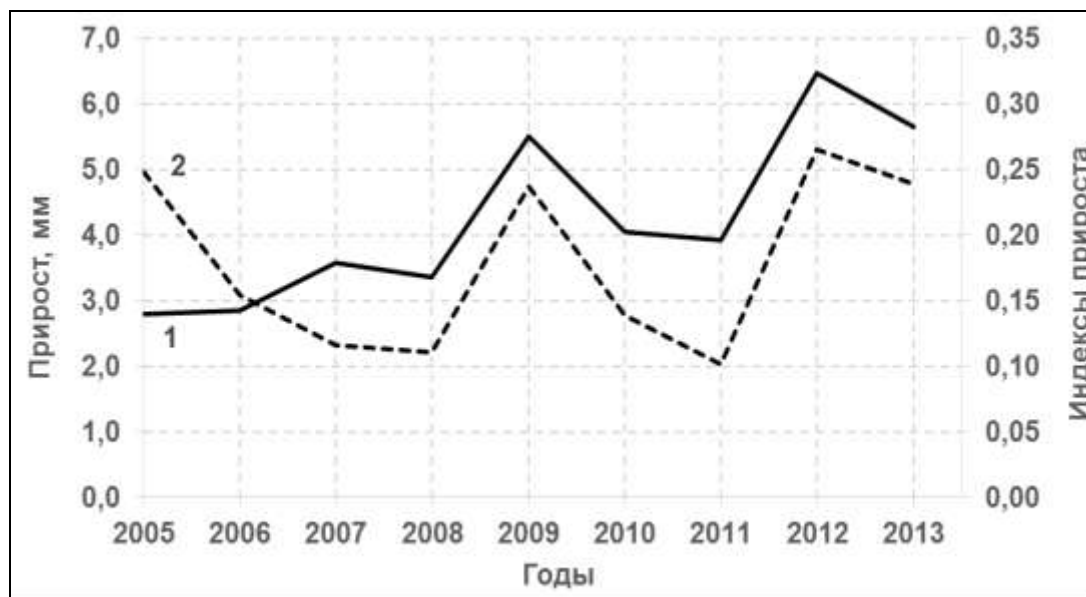


Рис. 25. Средние величины радиального прироста зрелых деревьев (2) и линейного прироста главного побега подростка лиственницы (1) в лесном острове Ары-Мас.

По параметрам радиального, а особенно линейного прироста подрост лиственницы в редколесьях существенно отличается в худшую сторону (табл.10). А у отдельно стоящих деревьев показатели линейного прироста самые лучшие. Это согласуется с нашими данными по температуре почвы на экологическом профиле. Напомним, что из-за более раннего протаивания вегетационный период в редицах начинается на две недели раньше и температура почвы весь вегетационный период выше, чем в редколесьях.

На пробных площадях 11 августа 2011 года с пробных деревьев были собраны все шишки (урожая этого года и прошлых лет) (рис.26).

Таблица 10. Линейный и радиальный прирост подроста лиственницы в редине (РД), редколесье (РЛ) и у отдельно стоящих деревьев (Т) лесного острова Ары-Мас (2006-2013 гг.)

Годы	Линейный прирост, см			Радиальный прирост, мм		Средние величины	
	РЛ	РД	Т	РЛ	РД	Лин.	Рад.
2006	2,8		3,2	0,21	0,28	2,8	0,25
2007	2,7	3,0	5,4	0,12	0,19	2,9	0,15
2008	2,9	4,2	4,5	0,09	0,14	3,6	0,12
2009	2,3	4,4	10,1	0,11	0,11	3,4	0,11
2010	4,0	7,0	7,6	0,22	0,25	5,5	0,24
2011	3,0	5,2	8,0	0,14	0,14	4,1	0,14
2012	2,9	5,0		0,11	0,10	3,9	0,10
2013	4,6	8,3		0,24	0,29	6,5	0,27

Из каждой пробы в случайном порядке было выбрано и промерено 30 шишек по следующим параметрам - длина (L), см и наибольший диаметр (d), см. (табл. 11, рис. 27, 28). Отдельно из каждой пробы, также в случайном порядке выбраны и взвешены семена в количестве 1000 шт. Лучшими параметрами выделялись шишки, отобранные на пробной площади №2 в редине. Масса 1000 семян была там в 2-3 раза больше, чем в редколесьях. Соответственно, более полноценные семена могут дать более здоровое и многочисленное возобновление.

Как было нами установлено, на протяжении XX в. в лиственничниках Ары-Мас чётко выделяются две волны возобновления (Рудинский, 2013). Первое массовое возобновление лиственницы произошло в середине 1950-х, а второе – в первой половине 1980-х гг. (рис.29). В указанные периоды при синхронном увеличении температуры и уровня атмосферного увлажнения создались условия для появления подроста, которые были успешно реализованы.

Таблица 11. Морфометрические параметры шишек лиственницы в лесном острове Ары-Мас.

№ п/п	№1, пробная площадь №1		№2, пробная площадь №1		№3, пробная площадь №2		№4, пробная площадь №2		№5, пробная площадь №8	
	L	d	L	d	L	d	L	d	L	d
1	1,47	1,66	1,43	1,14	2,37	1,80	1,82	1,53	1,77	1,65
2	1,54	1,86	1,44	1,18	2,86	2,29	1,72	1,95	1,86	1,53
3	1,86	2,23	1,54	1,46	2,20	1,78	1,58	1,37	1,46	1,51
4	1,43	1,65	1,28	1,00	2,24	1,14	1,63	1,42	1,40	1,34
5	1,77	1,85	1,35	1,50	3,38	2,37	1,76	1,47	1,64	1,60
6	1,86	2,04	1,35	1,16	3,12	2,46	1,37	1,23	1,37	1,40
7	1,41	1,63	1,53	1,44	2,33	2,03	1,77	1,56	1,40	1,52
8	1,68	2,06	1,64	1,46	2,58	1,82	1,67	1,38	1,51	1,40
9	1,84	1,93	1,92	1,86	2,06	1,72	1,23	1,23	1,74	1,71
10	1,50	1,63	1,73	1,83	2,42	1,82	1,72	1,41	1,57	1,62
11	1,88	2,07	1,38	1,22	2,29	1,94	1,48	1,25	1,07	1,70
12	1,81	2,01	1,27	1,30	1,83	1,60	1,44	1,19	1,73	1,78
13	1,91	2,09	1,50	1,62	2,32	1,71	1,69	1,37	1,93	1,64
14	1,70	1,94	1,43	1,54	1,88	1,54	1,72	1,54	1,29	1,59
15	2,06	2,22	1,36	1,23	3,00	2,51	1,87	1,48	1,74	1,70
16	1,30	1,41	1,61	1,35	2,36	1,93	1,38	1,06	1,45	1,31
17	1,31	1,53	1,38	1,64	1,80	1,55	1,66	1,40	1,37	1,53
18	1,98	2,19	1,78	1,53	2,07	1,68	1,66	1,28	1,51	1,25
19	1,49	1,51	1,54	1,73	1,91	1,71	1,78	1,60	1,50	1,41
20	1,58	1,83	1,70	1,62	1,72	1,49	1,60	1,53	1,25	1,39
21	1,79	1,79	1,74	1,77	1,56	1,24	1,50	1,23	1,60	1,48
22	1,99	2,29	1,52	1,59	1,12	1,65	1,75	1,50	1,53	1,30
23	1,56	1,69	1,48	1,62	3,05	2,32	1,62	1,45	1,43	1,56
24	1,96	1,98	1,33	1,46	2,71	2,37	1,59	1,35	1,29	1,29
25	1,82	2,03	1,28	1,10	2,76	2,18	1,54	1,45	1,50	1,52
26	1,64	1,76	1,35	1,78	2,19	1,78	1,53	1,28	1,43	1,50
27	1,70	1,87	1,59	1,34	2,85	1,86	1,65	1,49	1,82	1,63
28	1,82	1,79	1,64	1,72	2,34	1,85	1,74	1,45	1,42	1,40
29	1,90	1,33	1,47	1,26	1,72	1,40	1,70	1,37	1,48	1,56
30	1,33	1,37	1,61	1,67	2,05	1,53	1,55	1,27	1,78	1,56
min	1,30	1,33	1,27	1,00	1,12	1,14	1,23	1,06	1,07	1,25
max	2,06	2,29	1,92	1,86	3,38	2,51	1,87	1,95	1,93	1,78
Среднее	1,70	1,84	1,51	1,47	2,30	1,84	1,62	1,40	1,53	1,51
Шишек 2011г	39		330*		413		475		88	
Шишек прошлых лет	258		-		218		182		491	
Масса шишки, г	0,399		0,293		0,946		0,247		0,284	
Масса семян (1000 шт), г.	1,30		1,50		2,70		1,40		0,80	



Рис. 26. Урожайность пробного дерева лиственницы №1 (пробная площадь №1).

Напротив, в периоды синхронного понижения температуры и уменьшения атмосферных осадков во второй половине 1950-х и 1970-х гг. темпы лесовозобновления резко снижались.

Эти периоды были отчетливо зафиксированы и в динамике ширины годовичных колец лиственницы, как в редицах, так и в редколесьях (рис. 14). Несмотря на существенные различия в приросте древесины деревьев из редиц и редколесий, для тех и других характерно повышение ширины годовичных колец в эти же периоды.



Рис.27. Шишки на пробном дереве лиственницы №5, пробная площадь №8



Рис.28. Шишки на пробном дереве лиственницы №3, пробная площадь №2.

Природные особенности района исследований обусловили крайне высокую зависимость древесной растительности от изменчивости ведущих климатических факторов – температуры воздуха и количества атмосферных осадков (Ары-Мас, 1978). Лесорастительные условия определяются комплексом взаимосвязанных факторов и процессов. Основным фактором, определяющим во многом и действие других факторов, является баланс тепла и влаги.

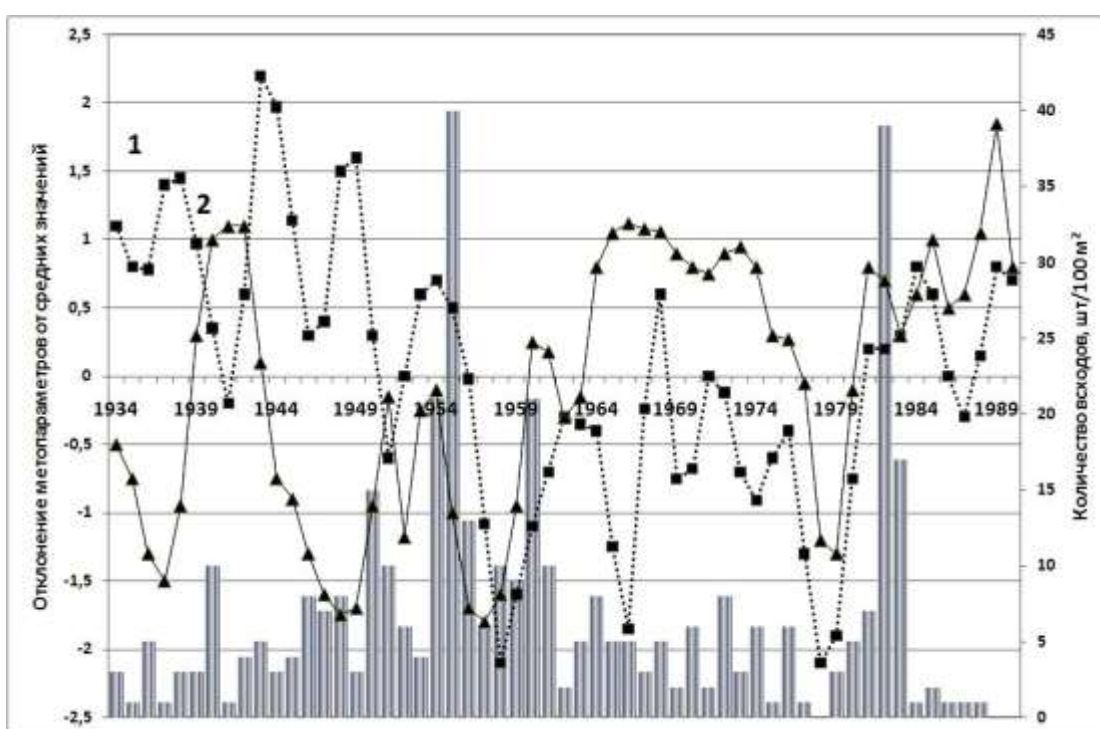


Рис.29. Диаграмма динамики возобновления лиственницы в урочище Ары-Мас на фоне динамики температуры воздуха (1) и уровня атмосферного увлажнения (2)

Существенно возрастание количества осадков в зимний период, а вместе с тем и мощности снегового покрова, меняет этот баланс. В зоне распространения вечной мерзлоты снежный покров важен не только как источник влаги в весеннее время, но и как теплоизолирующий экран,

который предохраняет почву от чрезмерного охлаждения (Поздняков, 1986). В.В. Рахманов (1984) отмечает различия характеристик снежного покрова на открытых местностях (поля, вырубки) и лесных участках. На территории наших исследований также можно условно выделить открытые и закрытые пространства, если за таковые соответственно принять редины и редколесья.

По параметрам линейного прироста подрост лиственницы в редколесьях существенно отличается в худшую сторону (рис. 30). А у отдельно стоящих деревьев показатели линейного прироста самые лучшие.

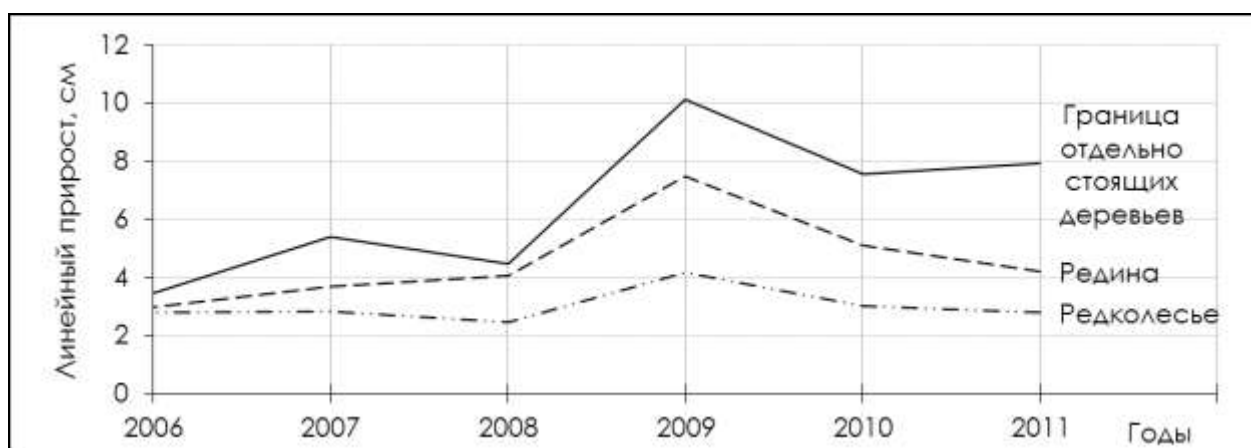


Рис. 30. Линейный прирост подрост лиственницы в лесном острове Ары-Мас

Это согласуется с нашими данными по температуре почвы на экологическом профиле. Как было показано выше снегомерные наблюдения апреля 2012 г. в период максимального снегонакопления на Ары-Мас показали, что мощность снежного покрова в редколесьях почти втрое выше таковой в рединах при трехкратно большей плотности снега. Известно, что в лесу по сравнению с открытой местностью длительность снеготаяния напрямую зависит от количества выпавших за зиму осадков и плотности

снежного покрова (Рахманов, 1984). Учитывая, что продолжительность вегетационного периода на территории очень невелика и составляет 32–65 дней, каждый потерянный для вегетации день вносит существенный негативный вклад в продукционный процесс деревьев. Таким образом, большое количество осадков в зимний период не всегда можно считать благом. В случае позднего схода снежного покрова (в случае редколесий) вегетационный период деревьев начинается позднее, что приводит к снижению физиологической активности деревьев и неблагоприятно сказывается на лесовозобновительных процессах. Дополнительным негативным моментом может являться чрезмерная увлажненность деятельного слоя почвы при таянии мощного снежного покрова в плохо дренируемых местоположениях.

Ещё одной косвенной причиной, вызвавшей различия в лесорастительных условиях, может также являться различная мощность мохового покрова в редколесьях и редирах. Меньшая мощность мохового покрова в редирах обуславливает его более слабое термоизолирующее влияние и лучшую прогреваемость верхних слоёв почвы, а значит, улучшает условия для развития корневой системы и обеспечения древесных растений элементами питания. В редколесьях же при более развитом моховом покрове уровень мерзлоты находится ближе к корнеобитаемому слою, что ухудшает условия питания. Глубина сезонного протаивания почвы в урочище Ары-Мас не превышает 50–70 см на минерализованных участках и 10–30 см под мощным моховым покровом (Ары-Мас, 1978).

ВЫВОДЫ

1. Сравнение среднемесячных температур двух периодов – с момента начала наблюдений в 1934 г. до середины 1950-х гг. и с середины 1950-х гг. до 2010 г. не демонстрирует каких-либо радикальных различий в их величине и годовом распределении. В соответствии с этим радиальный прирост лиственницы не имеет выраженной тенденции к увеличению в лиственничниках Восточного Таймыра в последние десятилетия. Наблюдаются только отличия в радиальном приросте у деревьев, занимающих разные ценоотические позиции: в редианах, редколесьях и у одиночно стоящих деревьев на пределе их распространения. Установлено существенное изменение структуры атмосферного увлажнения района исследований в последние 50–60 лет. В результате роста количества осадков и внутригодового их перераспределения произошло заметное увеличение мощности снегового покрова, особенно в редколесьях лиственницы.

2. До середины 1950-х гг. наибольшим приростом характеризовались древостои редколесий, а со второй половины 1950-х гг. XX века и до настоящего времени максимальный прирост наблюдается в редианах. Наиболее вероятной причиной этого стало увеличение мощности снегового покрова в редколесьях и более позднее его разрушение по сравнению с редианами, из-за чего стартовые условия для ксилогенеза в раннелетний период здесь существенно ухудшились. Ещё одной косвенной причиной, вызвавшей различия в лесорастительных условиях, может также являться различная мощность мохового покрова – меньшая мощность мохового

покрова в редицах обуславливает его более слабое термоизолирующее влияние и лучшую прогреваемость верхних слоёв почвы, а значит, улучшает условия для развития корневой системы и обеспечения древесных растений элементами питания. В редколесьях же при более развитом моховом покрове уровень мерзлоты находится ближе к корнеобитаемому слою, что ухудшает условия питания.

3. Благоприятными условиями для лучшего радиального прироста лиственницы на исследуемой территории является тёплое и сухое лето. Минимум снежных осадков в период накануне вегетации также является положительным фактором, а значительный отрицательный эффект несут осадки июля.

4. На протяжении XX века в лиственничниках Ары-Мас дважды происходило массовое возобновление лиственницы: первое в середине 1950-х, а второе – в первой половине 1980-х гг. Эти периоды чётко зафиксированы и в динамике ширины годичных колец лиственницы в редицах и редколесьях. Несмотря на существенные различия в приросте древесины деревьев из редиц и редколесий, для тех и других характерно повышение ширины годичных колец в эти же периоды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Адаменко В. Н. Сезонное оттаивание многолетнемерзлых грунтов в бассейнах рек Пясины и Хатанги (Таймыр) / В. Н. Адаменко, Н. В. Ловелиус // Тр. ГГО, 1974. Вып. 339. – С. 98-106.
2. Агафонов Л. И. Древесно-кольцевая индикация гидролого-климатических условий в Западной Сибири: автореф. дис. ...докт. биол. наук / Л. И. Агафонов. - Екатеринбург, 2011. - 42 с
3. Александрова В. Д. О подземной структуре некоторых растительных сообществ арктической тундры на о. Б. Ляховском / В. Д. Александрова // Проблемы ботаники. VI. Вопросы ботанической географии, геоботаники и лесной биогеоценологии. – М.-Л., 1962. – С. 148-160.
4. Алехин В. В. Растительность СССР в основных зонах / В. В. Алехин / Под. общ. ред. С. С. Станкова. – М.: «Советская наука». – 1951. – 512 с.
5. Андреев В. Н. Продвижение древесной растительности в тундру в связи с защитными свойствами лесопосадок на Севере / В. Н. Андреев // Бот. журн., 1954. Т. 39, №1. – С. 28-47.
6. Андреев В. Н. Залесение лесом тундры в современную эпоху / В. Н. Андреев // Растительность Крайнего Севера и его освоение. – М., 1956. Вып. 1. – С. 27-45.
7. Антропоген Таймыра / Отв. ред. Н. В. Кинд, Б. Н. Леонов. – М.: Наука, 1982. – 182 с.
8. Ары-Мас. Природные условия, флора и растительность самого северного в мире лесного массива. – Л.: Наука, 1978. – 192 с.
9. Афонина О. М. Флора листостебельных мхов / О. М. Афонина // Ары-Мас. Природные условия, флора и растительность самого северного в мире лесного массива. – Л.: Наука, 1978. – С. 87-97.
10. Белорусова Ж.М. Геология и геоморфология // Ары-Мас. Природные условия, флора и растительность самого северного в мире лесного массива. Л.: «Наука», 1978. – С. 5-16.

11. Берг Л. С. Ландшафтно-географические зоны СССР / Л. С. Берг. – М. – Л.: Сельхозгиз, 1931. Ч. 1. – 401 с.
12. Бобров Е. Г. История и систематика лиственниц / Е. Г. Бобров – Л.: Наука, 1972. – 96 с.
13. Будыко М. И. Климат и жизнь / М. И. Будыко. – Л., 1971. – 472 с.
14. Ваганов Е. А. Дендроклиматические исследования в Урало-Сибирской Субарктике / Е. А. Ваганов, С. Г. Шиятов, В. С. Мазепа. – Новосибирск: Наука, 1996. – 324 с.
15. Ваганов Е. А. Длительные климатические изменения в арктической области северного полушария / Е. А. Ваганов, К. А. Бриффа, М. М. Наурзбаев, Ф. Г. Швейнгрубер, С. Г. Шиятов, В. В. Шишов // Доклады Академии наук, 2000, Т. 375, № 1. – С. 103-106.
16. Ваганов Е. А. Дендроклиматические и дендрэкологические исследования в Северной Евразии / Е. А. Ваганов, С. Г. Шиятов // Лесоведение, 2005, № 4. – С. 18-27.
17. Варгина Н. Е. Флора сосудистых растений / Н. Е. Варгина // Ары-Мас. Природные условия, флора и растительность самого северного в мире лесного массива. Л.: Наука, 1978. – С. 65-86.
18. Воронов П. С. О связи конфигурации гидросети севера Сибири с новейшей тектоникой / П. С. Воронов, Ю. Н. Кулаков // Информ. бюлл. НИИГА, 1958. Вып. 9. – С. 47-52.
19. Гаврилова М. К. Тепловой баланс лиственничного леса на Лено-Амгинском междуречье / М. К. Гаврилова // Гидроклиматические исследов. в лесах Сибири. – М.: Наука, 1967. – С. 28-52.
20. Глазов Н. М. Статистический метод в таксации и лесоустройстве / Н. М. Глазов. – М.: Лесная промышленность, 1976. – 144 с.
21. Городков Б. Н. Безлесие тундр / Б. Н. Городков // Природа, 1929. №3. – С. 219-240.
22. Городков Б. Н. Вечная мерзлота и растительность / Б. Н. Городков // Вечная мерзлота. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1930.

23. Городков Б. Н. Растительность тундровой зоны СССР / Б. Н. Городков. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1935. – 142 с.
24. Городков Б. Н. Опыт классификации растительности Арктики / Б. Н. Городков // Сов. ботаника, 1946. Т. XIV. № 1-2. – С. 5-18.
25. Григорьев А. Полярная граница древесной растительности в Большеземельской и некоторых других тундрах / А. Григорьев // Землеведение. – Т. XXVI, 1924.
26. Дадыкин В. П. Особенности поведения растений на холодных почвах / В. П. Дадыкин. – М.: Изд-во АН СССР, 1952. – 280 с.
27. Демьянов В. А. Анализ ценотической роли лиственницы Гмелина на крайнем северном пределе распространения древесной растительности (Таймыр) / В. А. Демьянов // Ботан. журн., 1980. Т. 65. №7. – С. 926-937.
28. Демьянов В.А. Структура фитогенного поля *Larix dahurica* Lawson.(Rupr.) / В. А. Демьянов // Изв. АН СССР. Сер. биологич., 1986. №6. – С. 889-897.
29. Демьянов В. А. О понятиях «редколесье» и «редина» в тундроведении / В. А. Демьянов // Ботан. Журн., 1988. Т. 73. №9. – С. 1313-1318.
30. Дендрэкология (методика древесно-кольцевого анализа) / сост. Д. В. Тишин. – Казань: Казанский ун-т, 2011. – 33 с.
31. Дылис Н. В. Лиственница Сибири и Дальнего Востока. Изменчивость и природное разнообразие / Н. В. Дылис. – М.: Изд-во АН СССР, 1961. – 210 с.
32. Жукова А. Л. Флора печеночных мхов / А. Л. Жукова // Ары-Мас. Природные условия, флора и растительность самого северного в мире лесного массива. Л.: «Наука», 1978. – С. 97-101.
33. Игнатенко И. В., Запасы фитомассы в типичных растительных сообществах лесного массива Ары-Мас / И. В. Игнатенко, А. В. Кнорре, Н. В. Ловелиус, Б. Н. Норин // Экология, 1973. №3. – С. 36-43.
34. Игнатенко И. В. Почвенный покров / И. В. Игнатенко // Ары-Мас. Природные условия, флора и растительность самого северного в мире лесного массива. Л.: «Наука», 1978. С. 30-64.

35. Канделаки А. А. Формирование древесины лиственницы на Таймыре / А. А. Канделаки // Лесоведение. №6. Ноябрь-декабрь, 1979. – С. 64-69.
36. Карягин П. М. Геоморфологические и палеогеографические исследования на участке «Ары-Мас» Таймырского заповедника / П. М. Карягин // Государственный природный биосферный заповедник «Таймырский». Летопись природы. 2003, Т. 18. – С. 54-77.
37. Кирдянов А. В. Разделение климатического сигнала, содержащегося в изменчивости ширины и плотности годичных колец древесины / А. В. Кирдянов, Е. А. Ваганов // Лесоведение, 2006, № 6. – С. 71-75.
38. Кнорре А. В. Типы лиственничных редколесий на полярном пределе лесов (Таймыр, Ары-Мас) / А. В. Кнорре // Сб. Биологические проблемы Севера. Вып. 5. Якутск. 1974.
39. Кнорре А. В. Характеристика древостоев *Larix Dahurica Turcz.* (*L. gmelinii*) в основных типах лиственничников урочища Ары-Мас / А. В. Кнорре // Тр. заповедника «Столбы». – Красноярск, 1975. Вып. 10. – С. 43-51.
40. Кнорре А. В. Редколесья и редины Ары-Мас / А. В. Кнорре // Ары-Мас. Природные условия, флора и растительность самого северного в мире лесного массива. Л.: Наука, 1978. – С. 162-183.
41. Колосков П. И. Отношение температуры почвы к температуре воздуха в области вечной мерзлоты как показатель сельскохозяйственных и климатических потенциальных возможностей / П. И. Колосков // Труды по изучению вечной мерзлоты. – Л.: Изд-во АН СССР, 1934. – Том 1. – С. 77-87.
42. Коровин А. И. Температура почвы и растение на Севере / А. И. Коровин. – Петрозаводск: Гос. изд-во Карельской АССР, 1961. – 192 с.
43. Круклис М. В. Лиственница Чекановского / М. В. Круклис, Л. И. Милютин. – М.: Наука, 1977. – 212 с.
44. Крючков В. В. Чуткая Субарктика / В. В. Крючков. – М.: Наука, 1976. – 138 с.
45. Леви К. Г. Современная геодинамика и гелиодинамика. 500-летняя хронология аномальных явлений в природе и социуме Сибири и Монголии.

Учебное пособие для ВУЗов. Книга II / К. Г. Леви и др. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2003. – 383 с.

46. Леса Красноярского Заполярья / А. П. Абаимов и др. – Новосибирск : Наука, 1997. – 208 с.

47. Ловелиус Н. В. Колебания прироста древесных растений на северном и верхнем пределах распространения / Н. В. Ловелиус // Продуктивность биогеоценозов Субарктики. – Свердловск, 1970. – С. 36-37.

48. Ловелиус Н. В. Рост деревьев на пределах распространения / Н. В. Ловелиус // XXIII Герценовские чтения. География и геология. – Л., 1970. – С. 111-113.

49. Ловелиус Н. В. Ритмическая изменчивость прироста деревьев / Н. В. Ловелиус // Ритмичность природных явлений. – Л.: Гидрометеиздат, 1971. – С. 57-58.

50. Ловелиус Н. В. К методике дендроиндикационных исследований / Н. В. Ловелиус // Изучение биогеоценозов тундры и лесотундры. – Л.: Наука, 1972. – С. 69-73.

51. Ловелиус Н. В. Колебания прироста древесных растений в 11-летнем цикле солнечной активности / Н. В. Ловелиус // Ботан. журн., 1972. Т. 57. №1. – С. 64-68.

52. Ловелиус Н. В. Ритмическая изменчивость прироста деревьев / Н. В. Ловелиус // Чтения памяти Л.С. Берга. – Л., 1973. – С. 209-220.

53. Ловелиус Н. В. Направления ветра и прирост деревьев / Н. В. Ловелиус // Изв. ВГО, 1973. Т. 105. Вып. 4. – С. 365-367.

54. Ловелиус Н. В. Некоторые аспекты дендроиндикации природных процессов, биологической продуктивности лесов и возможности их прогнозирования / Н. В. Ловелиус // Теория и методы прогноза изменений географической среды: тез. докл. – Якутск, 1973. – С. 100-101.

55. Ловелиус Н. В. Ритмы прироста деревьев и внутривековые стадии горного оледенения / Н. В. Ловелиус // Материалы V Всес. симпоз. «Биологические проблемы Севера». – Магадан, 1973. – С. 296-299.

56. Ловелиус Н. В. Оценка динамики сезонного прироста лиственницы даурской в лесном массиве Ары-Мас (Таймыр, 72°30' с.с.) / Н. В. Ловелиус // Ботан. журн., 1975. Т. 60, № 10. – С. 1476 - 1479.
57. Ловелиус Н. В. Дендроиндикация изменений среды на северной и вертикальной границах леса / Н. В. Ловелиус // Биологические проблемы Севера. VII симпоз. Лесоведение и лесоводство: Тез. докл. – Петрозаводск, 1976. – С. 158.
58. Ловелиус Н. В. Изменчивость прироста деревьев в бассейнах основных рек СССР / Н. В. Ловелиус // Ритмичность природных явлений. – Л., 1976. – С. 158.
59. Ловелиус Н. В. Снежный покров и мерзлота / Н. В. Ловелиус // Ары-Мас: Природные условия, флора и растительность самого северного в мире лесного массива. – Л., 1978. – С. 21-30.
60. Ловелиус Н. В. Изменчивость прироста деревьев. Дендроиндикация природных процессов и антропогенных воздействий / Н. В. Ловелиус. – Л.: Наука, 1979. – 232 с.
61. Ловелиус Н. В. Изменчивость прироста деревьев. Дендроиндикация природных процессов и антропогенных воздействий: автореф. дис. ... докт. биол. наук / Н. В. Ловелиус. – Днепропетровск, 1980. – 62 с.
62. Ловелиус Н. В. Дендроиндикация изменений природных условий в Субарктике и горах Сибири / Н. В. Ловелиус // Палеогеография Средней Сибири. – Красноярск, 1987. – С. 71-92.
63. Ловелиус Н. В. Дендроиндикационные и экологические исследования в Субарктике Таймыра / Н. В. Ловелиус // Летопись природы государственного природного заповедника «Таймырский». – Хатанга, 1994. – 16 с.
64. Ловелиус Н. В. Изменения теплообеспеченности и увлажненности на Восточном Таймыре / Н. В. Ловелиус // Летопись природы государственного природного заповедника «Таймырский». – Хатанга, 1995. – 8 с.
65. Ловелиус Н. В. Исследование погодичных и многолетних изменений температуры воздуха в Субарктике Средней Сибири и радиального прироста

Larix dahurica Lawson. на Ары-Мас / Н. В. Ловелиус // Летопись природы государственного природного биосферного заповедника «Таймырский» - Хатанга, 1997. – 17 с.

66. Ловелиус Н. В. Дендроиндикация / Н. В. Ловелиус. – СПб.: Петровская академия наук и искусств, 2000. – 313 с.

67. Ловелиус Н. В. Исследования погодичных и многолетних изменений температуры воздуха в Субарктике Средней Сибири и радиального прироста *Larix dahurica* Lawson. на Ары-Мас / Н. В. Ловелиус // Исследования природы Таймыра. Труды государственного биосферного заповедника «Таймырский». Вып. 1. Красноярск: Восточно-Сибирский филиал международного института леса, 2001. – С. 50-69.

68. Ловелиус Н. В. Изменения радиального прироста *Larix Gmelinii* на Ары-Мас, температуры и осадков в Хатанге / Н. В. Ловелиус // Исследования природы Таймыра. Труды государственного биосферного заповедника «Таймырский». Вып. 1. – Красноярск: Восточно-Сибирский филиал международного института леса, 2001. – С. 85-97.

69. Ловелиус Н. В. Становление дендроиндикации как направления научных и прикладных исследований / Н. В. Ловелиус. – СПб.: Европейский Дом, 2001. – 312 с.

70. Ловелиус Н. В. 11-летний ритм – регулятор отношений зайца–беляка *Lepus timidus* с лиственницей Гмелина *Larix gmelini* в самом северном в мире лесу "Ары-Мас" / Н. В. Ловелиус // Журнал "РИТМ", 2009. №4 – С. 84-92.

71. Ловелиус Н. В. Колебания прироста лиственницы даурской в лесном острове Ары-Мас / Н. В. Ловелиус, Б. Н. Норин, А. В. Кнорре // Ботан. журн., 1971. Т. 56, №5. – С. 627-632.

72. Ловелиус Н. В. Палинологические и геохронологические исследования голоценовых отложений в бассейне р. Новой на Таймыре / Н. В. Ловелиус, В. В. Культина, В. В. Костюкевич // Ботан. журн., 1974. Т. 59, №9. – С. 1310-1317.

73. Ловелиус Н. В. Изучение самого северного в мире лесного массива / Н. В. Ловелиус, Ю. М. Карбаинов, С. Э. Панкевич // Общество. Среда. Развитие. Научно-теоретический журнал, 2008. №3 – С. 189 - 190.
74. Ловелиус Н. В. Оценка воздействия зайца-беляка на лиственницу Гмелина в лесном массиве «Ары-Мас» (Таймыр) / Н. В. Ловелиус, Ю. М. Карбаинов, Р. А. Зиганшин, В. А. Первунин, П. М. Карягин, О. А. Малолыченко // Общество. Среда. Развитие. Научно-теоретический журнал, 2009. №2. – С. 197-2004.
75. Мартин Ю. Л. Флора напочвенных лишайников / Ю. Л. Мартин, Т. Х. Пийн // Ары-Мас. Природные условия, флора и растительность самого северного в мире лесного массива. – Л.: Наука, 1978. – С. 101-123.
76. Медведев П. М. О пределе леса и причинах безлесья тундр Азии / П. М. Медведев // Изв. ВГО, 1952. – Т. 84, №3.
77. Методы дендрохронологии. Часть I. Основы дендрохронологии. Сбор и получение древесно-кольцевой информации: Учебно-методич. пособие / С. Г. Шиятов, Е. А. Ваганов, А. В. Кирдянов, В. Б. Круглов, В. С. Мазепа, М. М. Наурзбаев, Р. М. Хантемиров. – Красноярск: КрасГУ, 2008. – 80 с.
78. Миддендорф А. Ф. Путешествие на север и восток Сибири. СПб, 1867. – 992 с.
79. Наурзбаев М. М. Изменчивость температуры воздуха на востоке Таймыра и на Путоране за последние 2000 лет по данным радиального прироста лиственницы / М. М. Наурзбаев, Е.А.Ваганов // Лесоведение, 1999. № 5. – С. 24-34.
80. Наурзбаев М. М. История климата позднего голоцена на востоке Таймыра по данным сверхдлительной древесно-кольцевой хронологии / М. М. Наурзбаев, О. В. Сидорова, Е. А. Ваганов // Археология, этнография и антропология Евразии, 2001, № 3 (7). – С. 17-25.
81. Наурзбаев М. М. Изменчивость приземной температуры воздуха на севере Евразии по данным тысячелетних древесно-кольцевых хронологий /

- М. М. Наурзбаев, Е. А. Ваганов, О. В. Сидорова // Криосфера Земли. – 2003. – Т. VII, № 2. – С. 84–91.
82. Наурзбаев М. М. Дендроклиматический анализ длительных изменений температурного режима в Субарктике Евразии. // Автореф. дис. ... докт. биол. наук. – Красноярск, 2005. – 43 с.
83. Наурзбаев М. М. Дендроклиматические исследования на Ары-Мас / М. М. Наурзбаев // Летопись природы государственного природного биосферного заповедника «Таймырский», 2006. – С. 385-392.
84. Наурзбаев М. М. Возрастная структура и дендроклиматический анализ редкостойных лиственничников урочища Ары-Мас / М. М. Наурзбаев // Исследование природы Таймыра. Тр. гос. прир. биосферн. заповедника «Таймырский». – Красноярск, 2006. Вып. 5. – С. 231-242.
85. Некрасов И. А. Вечная мерзлота Якутии / И. А. Некрасов. – Якутск: Кн. изд-во, 1984. – 120 с.
86. Николаев Н. И. Дендрохронологический анализ природных процессов в криолитозоне (на примере Центральной Якутии): автореф. дисс. ... докт. биол. наук / Н. И. Николаев. – Якутск, 2011. – 40 с.
87. Норденшельд А. Е. В стране льдов и холода: Путешествие бар. А. Е. Норденшельда по Северному Ледовитому океану в 1877-78 гг. / А. Е. норденшельд. – СПб: тип. С. Добродеева, 1885. 92 с
88. Норин Б. Н. К познанию семенного и вегетативного возобновления древесных пород в лесотундре / Б. Н. Норин // Растительность Крайнего Севера СССР и ее освоение. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1958. Вып. 3. – с. 154-244.
89. Норин Б. Н. Проблема лесотундры и задачи её комплексного стационарного изучения / Б. Н. Норин // Проблемы Севера. Вып. 8. – М. – Л., 1964. – С. 58-65.
90. Норин Б. Н. Общие закономерности строения растительного покрова / Б. Н. Норин // Ары-Мас. Природные условия, флора и растительность самого северного в мире лесного массива. – Л.: Наука, 1978. – С. 124-133.

91. Норин Б. Н. Растительный покров центральной части урочища / Б. Н. Норин // Ары-Мас. Природные условия, флора и растительность самого северного в мире лесного массива. – Л.: Наука, 1978. – С. 133-162.
92. Орлов М. В. Инвентаризация почвенного покрова / М. В. Орлов // Государственный природный биосферный заповедник «Таймырский». Летопись природы, 2003. Т. 18. – С. 78-86.
93. Отчёт (промежуточный этап) по теме: Изучение особенностей строения, развития и динамики субарктических редколесий Таймыра / А. П. Абаимов, А. И. Бондарев, М. А. Софронов. – Красноярск: Институт леса и древесины им. В. Н. Сукачева, 1991. – 49 с.
94. Пармузин Л. К. Тундролесье СССР / Л. К. Пармузин. – М.: Мысль, 1979. – 296 с.
95. Поздняков Л. К. Даурская лиственница / Л. К. Поздняков. – М.: Наука, 1975. – 312 с.
96. Поздняков Л. К. Лес на вечной мерзлоте / Л. К. Поздняков. – Новосибирск: Наука, 1983. – 96 с.
97. Поздняков Л. К. Мерзлотное лесоведение / Л. К. Поздняков. – Новосибирск: Наука, 1986. – 192 с.
98. Пospelов И. Н. Сезонное протаивание грунтов / И. Н. Пospelов // Летопись природы Государственного природного биосферного заповедника «Таймырский», 2003. Т. 18. – С. 86-119.
99. Пospelова Е. Б. Программа долгосрочного мониторинга локальных флор Арктики: дополнения и изменения во флоре Ары-Мас (Восточный Таймыр) / Е. Б. Пospelова, И. Н. Пospelов // Бот. журн., 2005. Т. 90. № 2. – С. 145—164.
100. Пospelова Е. Б. Флора сосудистых растений Таймыра и сопредельных территорий. Часть 1. Аннотированный список флоры и ее общий анализ / Е. Б. Пospelова, И. Н. Пospelов. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2007. – 457 с.

101. Программа и методика биогеоценологических исследований / Отв. ред. Н. В. Дылис. – М.: Наука, 1974. – 404 с.
102. Рахманов В. В. Гидроклиматическая роль лесов / В. В. Рахманов. – М.: Лесн. пром-сть, 1984. – 240 с.
103. Рудинский М. Г. Экологический профиль в самом северном в мире лесном острове Ары-Мас / М. Г. Рудинский // Заповедники Российской Арктики: проблемы и пути решения. Материалы научно-практической конференции, посвященной 25-летию Государственного природного заповедника «Усть-Ленский» (п. Тикси Республики Саха (Якутия), декабрь 2010 г.). – М.: Принтком. – 2010. – С. 112-116.
104. Рудинский М. Г. К истории поселений на Восточном Таймыре / М. Г. Рудинский // Таймырские чтения – 2011: сб. докладов. Ч. 2 / науч. ред. Е.В. Майорова; Норильский индустр. ин-т. – Норильск: НИИ, 2011. – С. 5-7.
105. Рудинский М. Г. История изучения самого северного в мире лесного острова Ары-Мас / М. Г. Рудинский // Таймырские чтения – 2011: сб. докладов. Ч. 2 / науч. ред. Е.В. Майорова; Норильский индустр. ин-т. – Норильск: НИИ, 2011. – С. 8-13.
106. Рудинский М. Г. К влиянию исторических рубок на изменение распределения растительности в лесном массиве «Ары-Мас» / М. Г. Рудинский // География, история и геоэкология на службе науки и инновационного образования: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 110-летию Красноярского отделения Русского географического общества и Всемирному дню Земли в 2 т. / Краснояр. гос. пед. ун-т им. В.П. Астафьева. – Красноярск, 2011. – Т. 2. – С.170-172.
107. Рудинский М. Г. Возрастная структура лиственничников лесного острова Ары-Мас (Таймыр) / М. Г. Рудинский // Биологические исследования в Сибири: Тезисы Всероссийской научной конференции, посвященной 50-летию организации СИФИБР СО РАН (Иркутск, 12-14 сентября 2011 г.). –

- Иркутск: Издательство Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2011. – С. 36-37.
108. Рысин Л. П. Лиственничные леса России / Л. П. Рысин. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2010. – 343 с.
109. Саввинов Д. Д. Гидротермический режим почв в зоне многолетней мерзлоты / Д. Д. Саввинов. – Новосибирск: Наука, 1976. – 256 с.
110. Сидорова О. В. Реакция на климатические изменения лиственницы Каяндера на верхней границе леса и в долине р. Индигирки / О. В. Сидорова, М. М. Наурзбаев // Лесоведение, 2002, № 2. – С. 73-75.
111. Сидорова О. В. Длительные изменения температуры в Сибири в контексте современных глобальных изменений / О. В. Сидорова, М. М. Наурзбаев // Сибирский экологический журнал, 2005, № 1. – С. 51-60.
112. Сидорова О. В. Реконструкция температуры воздуха за последние 2000 лет по данным годовых колец лиственницы востока Таймыра и северо-востока Якутии / О. В. Сидорова, М. М. Наурзбаев // Сибирский экологический журнал, 2005, №1. – С. 51-60.
113. Снег. Справочник / Ред. Д. М. Грей, Д. Х. Мэйл / Пер. с англ. под ред. В. М. Котлякова. – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – 752 с.
114. Соколов И. А. О некоторых сравнительно-генетических понятиях и терминах в почвоведении / И. А. Соколов // Почвоведение, 1967. №10. – С. 144-146.
115. Сочава В. Б. Тундры бассейна реки Анабары / В. Б. Сочава // Изв. Гос. Геогр. о-ва, 1933. Т. LXV. Вып. 4.
116. Сукачев В. Н. Растительность верхней части бассейна р. Тунгира Олекминского окр., Якутской обл. / В. Н. Сукачев // Ботанические исследования 1910 года, 1912. Вып. 16. Т. 1. – 280 с.
117. Сукачев В. Н. Дендрология с основами геоботаники / В. Н. Сукачев. – Л.: Гослестехиздат, 1934. – 616 с.
118. Сумгин М. И. Вечная мерзлота почвы в пределах СССР / М. И. Сумгин. – Владивосток, 1927.

119. Танфильев Г. И. Пределы лесов в полярной России по исследованиям в тундре Тиманских самоедов / Г. И. Танфильев. – Одесса: Тип. Е. И. Фесенко, 1911. – 286 с.
120. Таргульян В. О. Почвообразование и выветривание в холодных гумидных областях / В. О. Таргульян. – М., 1971. – 268 с.
121. Тихомиров Б. А. Некоторые вопросы структуры растительных сообществ Арктики / Б. А. Тихомиров // Академику В. Н. Сукачеву к 75-летию со дня рождения. – М. – Л., 1956. – С. 537-557.
122. Тихомиров Б. А. Безлесье тундры, его причины и пути преодоления / Б. А. Тихомиров. М.-Л., 1962. – 88 с.
123. Толмачев А. И. О распространении древесных пород и о северной границе лесов в области между Енисеем и Хатангой / А. И. Толмачев // Тр. Полярной Комиссии АН СССР, 1931. Вып. 5. – С. 1-29.
124. Тыртиков А. П. Лес на самом северном пределе в Азии / А. П. Тыртиков. – М.: «Товарищество научных знаний КМК», 1995. – 144 с.
125. Тюлина Л. Н. О лесной растительности Анадырского края и ее взаимоотношении с тундрой / Л. Н. Тюлина // Тр. Арктического ин-та, 1936. Т. 40. – С. 7-212.
126. Тюлина Л. Н. Лесная растительность Хатангского района у ее северного предела / Л. Н. Тюлина // Тр. Арктического ин-та, 1937. Т. 63. – С. 83-180.
127. Урванцев Н. Н. Таймырская геологическая экспедиция, 1929 / Н. Н. Урванцев // Тр. ГГРУ. – Л., 1931. Вып. 65. – 43 с.
128. Хайруллин К. Ш. Климат / К. Ш. Хайруллин // Ары-Мас. Природные условия, флора и растительность самого северного в мире лесного массива. – Л.: Наука, 1978. – С. 16-21.
129. Харук В. И. Временная динамика лиственницы в экотоне лесотундры / В. И. Харук, С. Т. Им, К. Дж. Рэнсон, М. М. Наурзбаев // Доклады Академии наук, 2004, Т. 398, № 3. – С. 1-5.
130. Цыпленкин Е. И. Вечная мерзлота и ее агрономическое значение / Е. И. Цыпленкин // Тр. Ин-та мерзлотоведения АН СССР, 1944. Т. IV. – С. 230-255.

131. Шостакович В. Б. Вскрытие и замерзание вод Азиатской России: Материалы к климатологии Азиатской России; Температура рек Сибири и количество переносимого ими в Северный Ледовитый океан тепла / В. Б. Шостакович // Записи по гидрографии, 1911. Т. 33.
132. Шренк А. И. Путешествие по северо-востоку Европейской России через тундры самоедов к северным Уральским горам / А. И. Шренк. – СПб.: Типография Григория Трусова, 1855. – 670 с.
133. Шумилова Л. В. Ботаническая география Сибири / Л. В. Шумилова. – Томск: Изд-во Томского ун-та, 1962. – 440 с.
134. Щербакова Е. Я. Восточная Сибирь / Щербакова Е. Я. // Климат СССР. Л., 1961. Вып. 5. – 300 с.
135. Chilman A. O. Pflanzenbiologische Studien aus Russisch Lappland / A. O. Chilman // Acta Soc. Pro fauna et flora Fenn., VI, 3, 1890.
136. Holmes R. L. Dendrochronology program library – users manual / R. L. Holmes. – Laboratory of Tree-Ring Research, Univ. of Arizona, Tucson, Arizona USA, 1998. – 130 p.
137. Lovelius N. V. Reconstruction of some meteorological elements on the basis of annual rings of trees at the northern and upper forest limits / N. V. Lovelius // Materials of IV International sympos. on biologic. problems of tundra. Tundra biome. – Stockholm, 1972. – P. 248-260.
138. Lovelius N. V. Investigation of variability of trees increment in the extreme conditions of their growth on the territory of USSR / N. V. Lovelius // Thes. rep. presented to XII Intern. Botan. Congr. 3-10 July 1975. – Leningrad, 1975. – P. 157.
139. Lovelius N. V. The dendroindication of nature conditions' alterations of extracontinental ecosystems in Asia / N. V. Lovelius // International conference "Asian ecosystems and their protection". Ulaanbaatar, 1995. – P. 35.
140. Methods of dendrochronology. Applications in the environmental sciences / Eds. E. R. Cook, L. A. Kairiukstis. – Kluwer Acad. Publ.: Dordrecht – Boston – London, 1990. – 394 p.

141. Norin B.N. Ary-Mas, USSR / B. N. Norin, I. V. Ignatenko // Structure and function of tundra ecosystems / Eds. T. Roswal, O. W. Heal. – Stockholm, 1975. – P. 183-191.
142. Pospelova E. Ary-Mas – island of remnant forest / E. Pospelova // Arctic Flora & Fauna: Status and Conservation. – Helsinki, 2001. – P. 121.
143. Rinn F. TSAP version 3.5. Reference manual. Computer program for tree-ring analysis and presentation / F. Rinn. – Heidelberg, 1996. – 264 p.