



УДК 634.0.231

Факторы, определяющие радиальный прирост лиственницы на северном пределе распространения (массив Ары-Мас, п-ов Таймыр)

М. Г. Рудинский

Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, Иркутск
E-mail: kazarka@krasmail.ru

Аннотация. В лиственничных редианах и редколесьях лесного острова Ары-Мас проведены дендрохронологические исследования лиственницы Гмелина. Определены две волны массового лесовозобновления: в середине 1950-х и в первой половине 1980-х гг. В динамике радиального прироста деревьев наибольший отпечаток оставил первый период. 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 редианах. Наиболее вероятной причиной этого стало увеличение мощности снегового покрова в редколесьях. За последние 50–60 лет при стабильном термическом режиме произошло существенное увеличение количества атмосферных осадков, преимущественно в зимний период и по большей части в редколесьях. Позднее разрушение снегового покрова и термоизолирующее влияние мохового покрова в этих местообитаниях привело к снижению продукции древесины лиственницы.

Ключевые слова: Ары-Мас, Таймыр, лиственница Гмелина, годовые кольца, возобновление лиственницы, снежный покров.

Введение

Самый северный в мире остров леса Ары-Мас на полуострове Таймыр лежит в долине правого притока Хатанги р. Новой на широте 72°30' далеко за пределами полярной границы лесов. Ары-Мас изолирован от прихатангских редколесий полосой кустарниковых тундр. Несмотря на то, что области контакта леса и тундры посвящены многочисленные исследования [1; 2; 5; 6; 8; 9; 11; 16–22 и др.], отдельные аспекты их взаимоотношений до сей поры выяснены не полностью.

Известный специалист в области ботанической географии А. И. Толмачев писал о редколесьях из лиственницы к востоку от р. Пясины: «Хотя и есть местная деградация, крайняя жизнённость характерна для них в условиях северной границы: обилие молодняка даже в области господства тундры, возможно, свидетельствует о распространении лиственничных насаждений на новые территории» [18].

Первый исследователь острова леса Ары-Мас Л. Н. Тюлина [20] отметила, что описанные А. И. Толмачевым характеристики 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, следо-

вательно, лиственница растёт здесь в разнообразных условиях, а не только в наилучших. Почти во всех участках редколесья наряду с корявыми старыми экземплярами имеются вполне нормально развитые лиственницы более молодого поколения, растущие обычно гуще и местами уже образующие господствующий полог. Обильного сухостоя у границы нет. На основании данных исследований в Хатангском районе Л. Н. Тюлина высказала предположение о том, что лесная растительность здесь имеет тенденцию к продвижению в зону тундры [21].

Однако более полувека спустя А. П. Тыртиков [19] отмечает ухудшение условий произрастания лиственницы на Ары-Масе, называя причиной тому развитие мохового покрова. Он считает, что 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. Развитие и нарастание мхов в редколесьях вызывает угнетение роста и развития корней деревьев, ускоряет их гибель и таким путём происходит смена лесов и редколесий тундрами. Основную причину смены редколесий тундрами автор видит в том, что всходы

лиственницы не могут прижиться на сплошном моховом или лишайниковом ковре, который неизбежно развивается в лесах и редколесьях.

Изменение соотношения между редколесьем и рединами в лесотундре наблюдается и в настоящее время. Целью наших исследований стало выявление определяющих динамику этого соотношения природных факторов и оценка роли отдельных климатических факторов в формировании годичного прироста стволовой древесины лиственницы.

Материалы и методы

В июле 2010 г. в рамках исследований проекта Международного полярного года (PPS Arctic) по изучению динамики северной границы лесной растительности в Российской Арктике в лиственничных редирах и редколесьях лесного острова Ары-Мас были заложены две пробных площади по 0,25 га, на которых установлены автоматические температурные датчики, а также отобраны по 10 буровых кернов древесины из стволов лиственницы на каждой площади [15]. Объектом изучения служила лиственница Гмелина (*Larix gmelinii* (Rupr.) Rupr.).

Редколесья и редины выделены в ходе проведенного 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; редины – древостои с полнотой 0,05–0,1 [1]. 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.

Полученные буровые керны древесины были обработаны в Сибирском институте физиологии и биохимии растений СО РАН с применением автоматизированной системы LINTAB в программном пакете TSAP v. 3.5 [25]. После измерения ширины годичных колец были построены индивидуальные древесно-кольцевые хронологии, которые перекрёстно датировались методом *cross-dating*. Затем датировка была проверена тестированием в программе COFESHA из пакета DPL-99 [23]. 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) [24].

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

Результаты и обсуждение

Лиственница Гмелина является на востоке Северо-Сибирской низменности единственной лесобразующей породой. Для лесов этого региона характерно участие представителей арктической и горной флоры, заметно ослаблена эдификаторная роль древесного яруса [3]. Редколесья с сомкнутостью крон 0,2–0,3 приурочены к нижней части склонов и выположенным участкам первой надпойменной террасы р. Новая. Они характеризуются развитым травяно-кустарничковым и кустарниковым ярусом, в котором доминируют багульниковые лесные ассоциации с развитым моховым покровом. Лиственничные редины отличаются от редколесий прежде всего геоморфологическим уровнем (вторая надпойменная терраса). Это верхний предел древесной растительности в урочище Ары-Мас. В редирах доминирует молодое поколение, а доля средневозрастных деревьев не превышает 30 %. Кустарниковый ярус отсутствует, травяно-кустарничковый ярус разрежен и представлен типично тундровыми видами (кассиопея, дриада), моховой покров фрагментарен и его мощность невелика. В целом для лесных растительных сообществ района исследований характерны изреженность древесного полога и низкая продуктивность древостоев, доминирование типов леса с мохово-лишайниковым, кустарниковым и кустарничковыми покровами, своеобразное сочетание элементов бореальной и тундровой флоры [7].

Рассматриваемый регион отличается суровым континентальным климатом и входит в субарктический климатический пояс. Коэффициент континентальности находится в пределах 232–251. Сезонный радиационный режим, обусловленный приполярным широтным положением, определяет продолжительность полярной ночи 54 суток, а полярного дня – 75 суток [12]. Холодный период с устойчивыми отрицательными среднемесячными температурами воздуха длится более 8 месяцев – с октября по май включительно. Среднемесячная температура воздуха января обусловлена господством азиатского зимнего антицикло-

на и составляет -37°C с абсолютными суточными минимумами до -57°C [3].

Летний термический режим определяется продолжительностью безморозного периода в пределах 48–70 дней, а вегетационного – 32–65 дней при среднемноголетней температуре воздуха самого тёплого месяца (июль) $+12,6^{\circ}\text{C}$ [3]. Среднегодовое количество осадков не превышает 300 мм, причём более 50 % приходится на тёплый период. Осадки доставляются относительно тёплыми и влажными западными и северо-западными океаническими воздушными потоками, которые по мере продвижения с запада на восток иссушаются и трансформируются, приобретая континентальные характеристики [7]. Величина годового испарения колеблется в пределах 50–100 мм. Большая часть осадков идёт на сток, который практически полностью осуществляется в весенне-летний период.

Территория относится к области распространения сплошных вечномерзлых грунтов, мощность залегания которых превышает 300 м. Интенсивное развитие эрозионных процессов (термокаст, солюфликация, активность склоновых процессов и др.) обусловлено сезонным

протаиванием почв. 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 [3].

Природные особенности района исследований обусловили крайне высокую зависимость древесной растительности от изменчивости ведущих климатических факторов – температуры воздуха и количества атмосферных осадков [8; 10].

Как было установлено, на протяжении XX в. в лиственничниках Ары-Маса чётко выделяются две волны возобновления [10]. Первое массовое возобновление лиственницы произошло в середине 1950-х, а второе – в первой половине 1980-х гг. (рис. 1). В указанные периоды при синхронном увеличении температуры и уровня атмосферного увлажнения создались условия для появления подроста, которые были успешно реализованы. Напротив, в периоды синхронного понижения температуры и уменьшения атмосферных осадков во второй половине 1950-х и 1970-х гг. темпы лесовозобновления резко снижались.

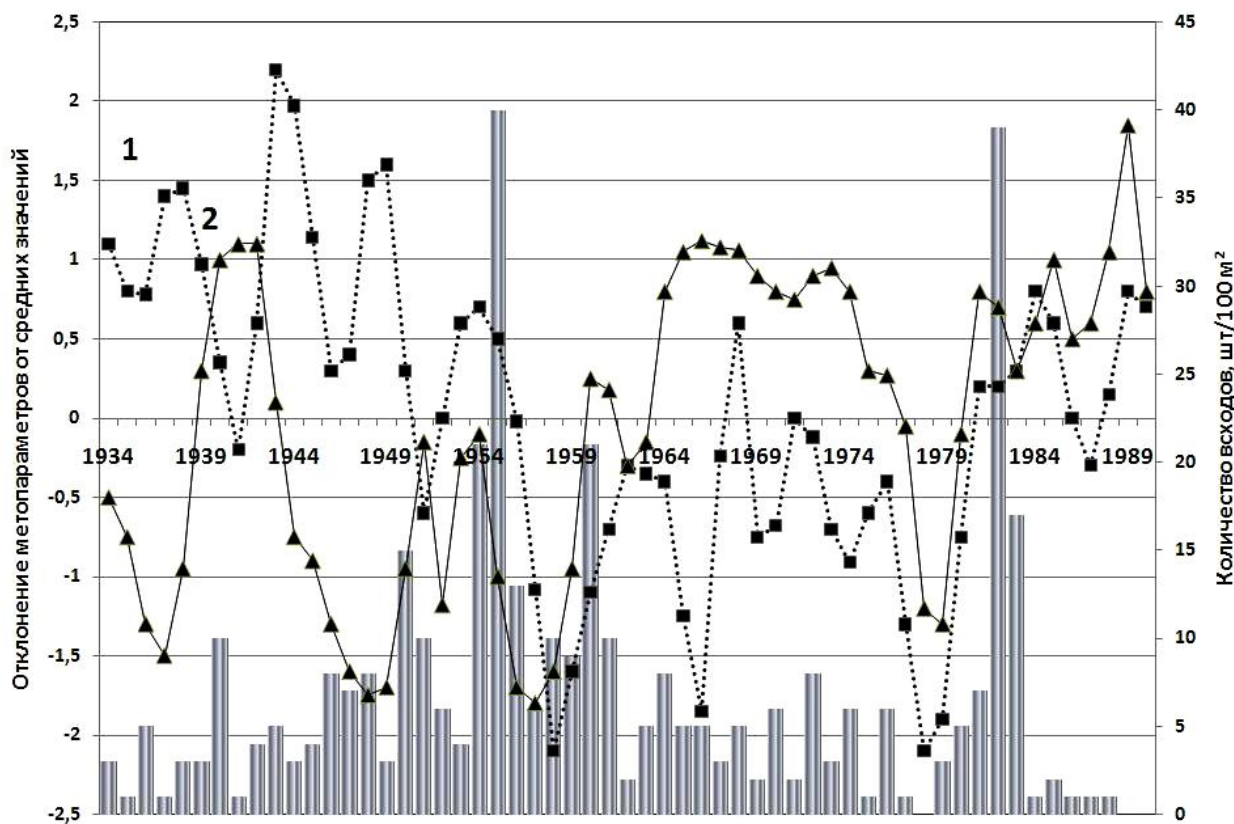


Рис. 1. Диаграмма динамики возобновления лиственницы в урочище Ары-Мас на фоне динамики температуры воздуха (1) и уровня атмосферного увлажнения (2)

Эти периоды были чётко зафиксированы и в динамике ширины годичных колец лиственницы как в редилах, так и в редколесьях. В то же время при анализе динамики радиального прироста деревьев в этих двух различных местообитаниях выяснились существенные различия. На рис. 2 представлены данные динамики 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 редилах. На фоне чёткой погодичной синхронности сравниваемых древостоев не менее важно отметить разнонаправленность трендовых составляющих. Таким образом, можно утверждать, что, начиная с середины XX в., прирост

деревьев в редилах 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. 3). Это доказывает, что температура воздуха не могла послужить фактором, вызвавшим различия в радиальном приросте лиственницы в редколесьях и редилах Ары-Маса.

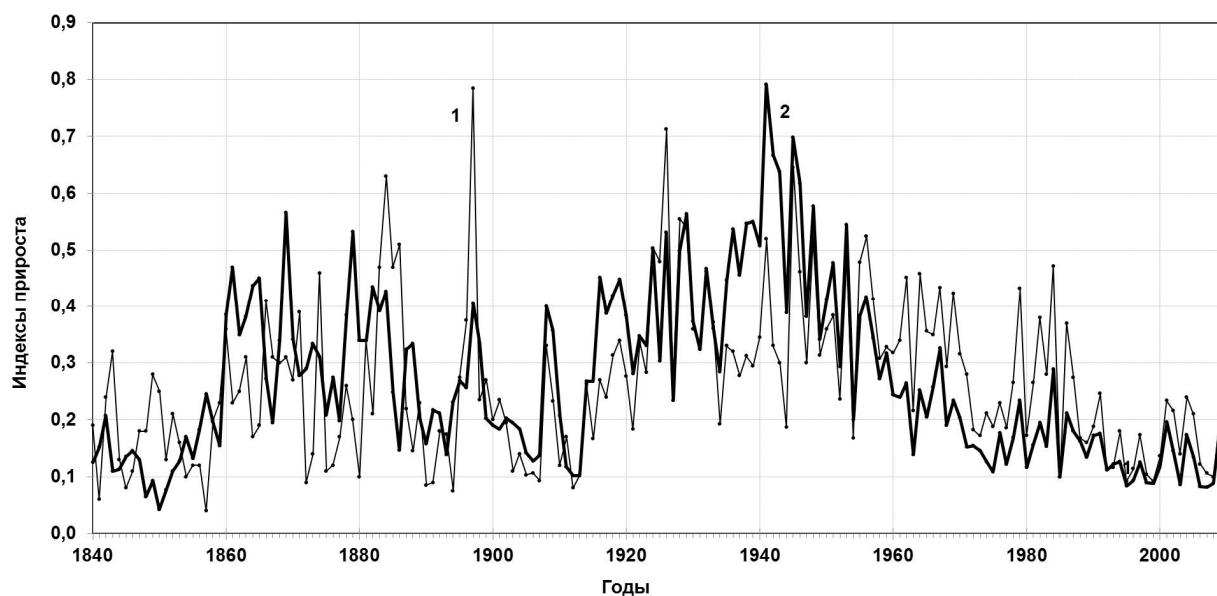


Рис. 2. Многолетняя динамика прироста ширины годичных колец древесины лиственницы Гмелина в редилах (1) и редколесьях (2) урочища Ары-Мас

Расчёт коррелятивной связи радиального прироста деревьев с июньской и июльской температурой воздуха показал, 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.

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 разво-

рачивания хвои обычно завершается в первой декаде июля [12]. Даты последних заморозков приходятся на вторую декаду июня, переход среднесуточных температур воздуха через рубеж $+8,0$ °С происходит в последнюю декаду июня. Этот период является стартовым для формирования радиального прироста. 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 [4].

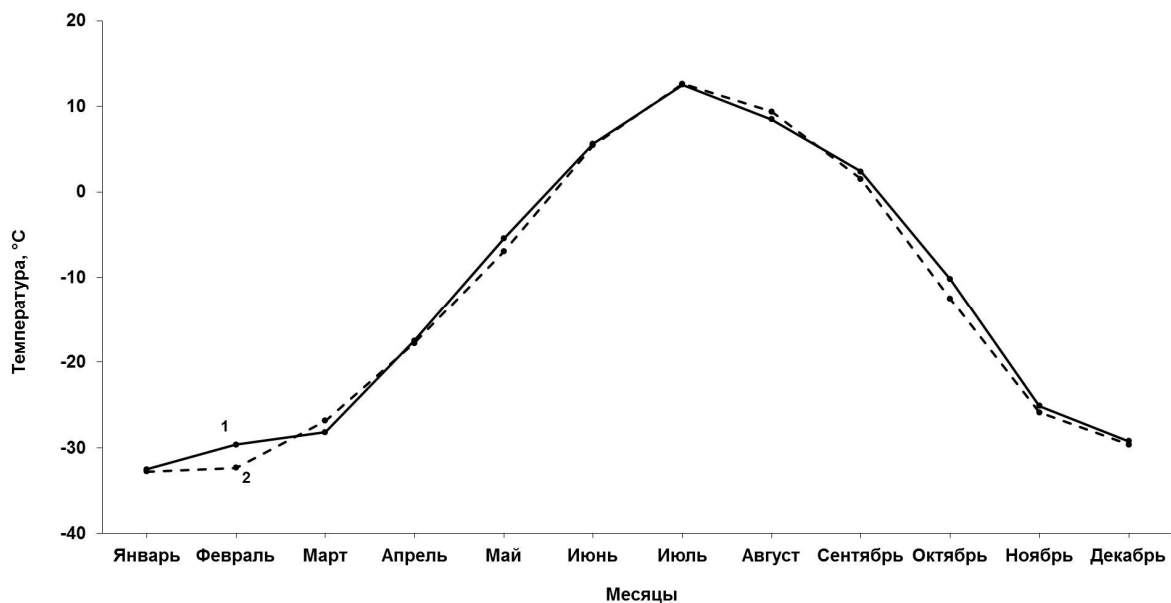


Рис. 3. Среднемесячная температура воздуха за периоды 1934–1953 гг. (1) и 1954–2010 гг. (2) (по данным метеостанции «Хатанга»)

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 реди́н (рис. 4, 5).

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 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. 6).

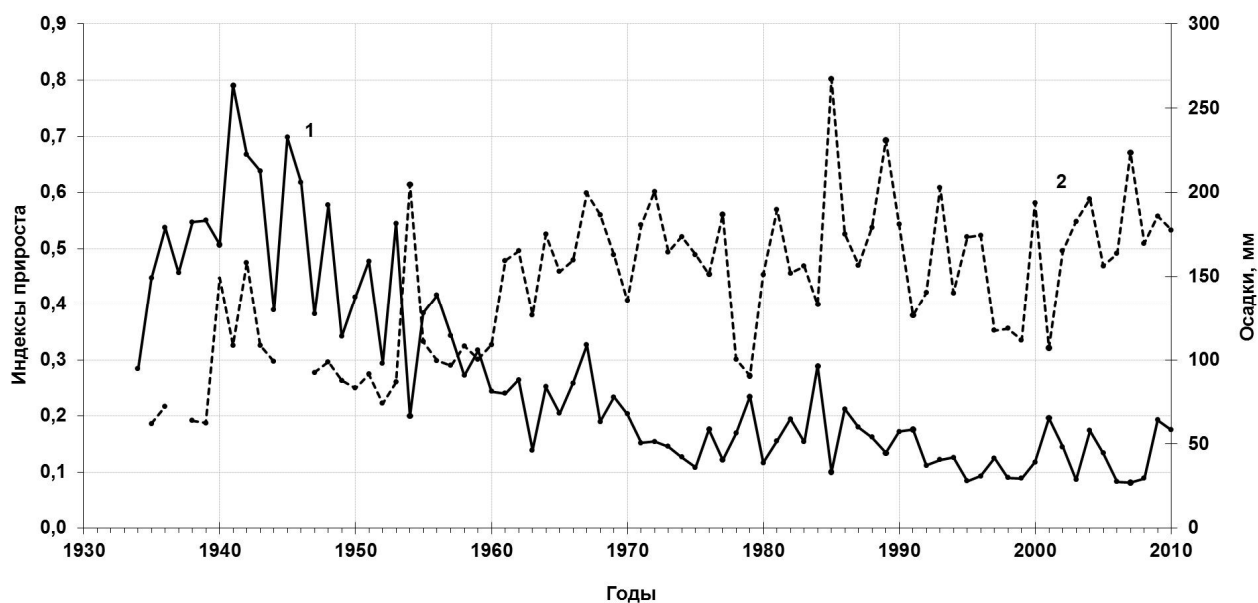


Рис. 4. Многолетняя динамика радиального прироста древесины лиственницы Гмелина в редколесьях урочища Ары-Мас (1) и суммы осадков, выпадающих на территории за период с отрицательными температурами воздуха (сентябрь–май) (2) (по данным метеостанции «Хатанга»)

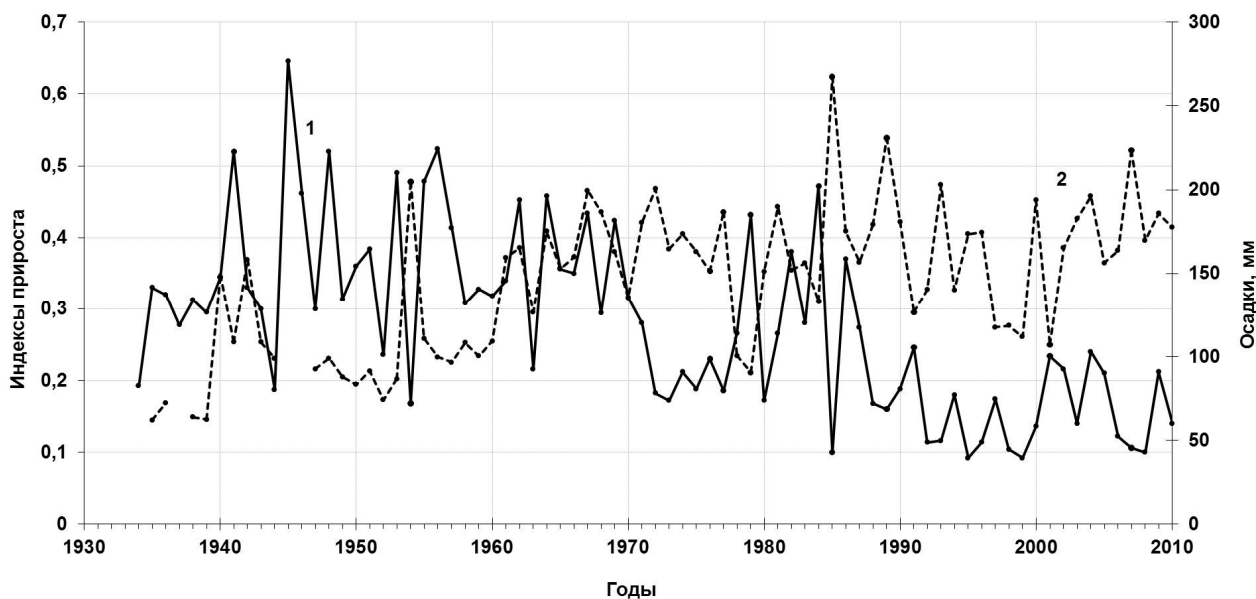


Рис. 5. Многолетняя динамика радиального прироста древесины лиственницы Гмелина в редицах урочища Ары-Мас (1) и суммы осадков, выпадающих на территории за период с отрицательными температурами воздуха (сентябрь – май) (2) (по данным метеостанции «Хатанга»)

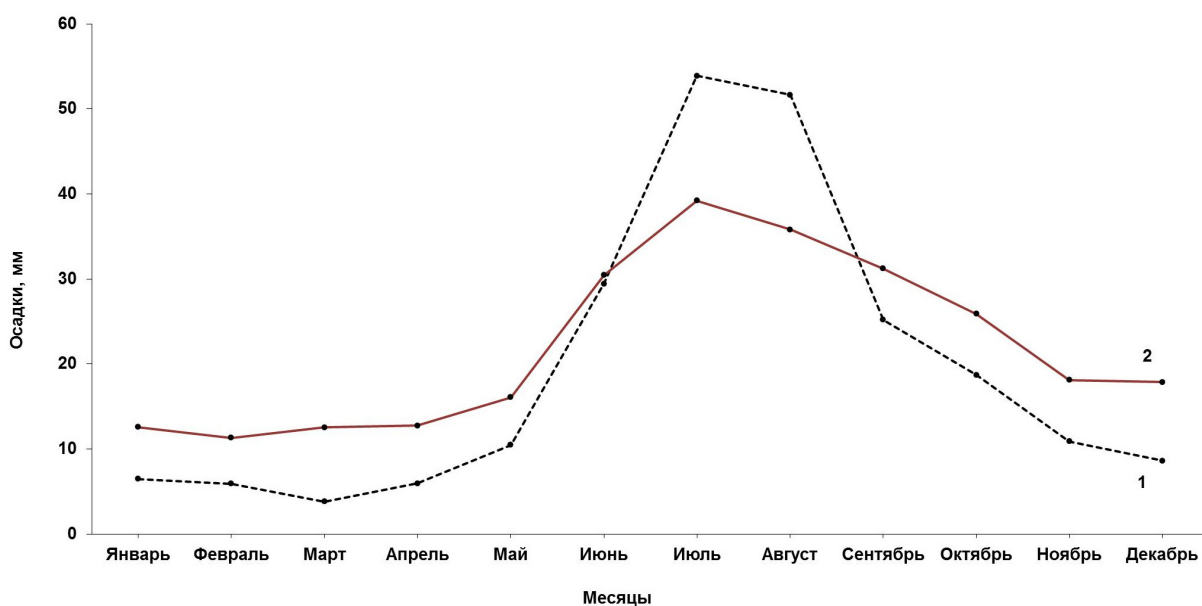


Рис. 6. Средняя сумма осадков по месяцам за периоды 1934–1953 гг. (1) и 1954–2010 гг. (2) (по данным метеостанции «Хатанга»)

Лесорастительные условия определяются комплексом взаимосвязанных факторов и процессов. Основным, определяющим во многом и действие других факторов, является баланс тепла и влаги. Существенное 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 [13].

В. В. Рахманов [14] 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.

В апреле 2012 г. в период максимального снегонакопления на Ары-Масе мы провели снегомерные наблюдения в районе дендрохронологических исследований. На закрытых пространствах (в редколесьях) мощность снегово-

го покрова составила 76,7 см, а плотность снега достигала 0,29 г/см³. В редирах 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 редирах при на треть 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 [14]. 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.

Ещё одной косвенной причиной, вызвавшей различия в темпах радиального прироста деревьев, 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 [4].

Заключение

Таким образом, в результате проведённых исследований 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 снежного покрова, особенно в редколесьях лиственницы. Заметного изменения термического режима в этот период, однако, не отмечено.

На протяжении XX в. в лиственничниках Ары-Маса 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 редирах и редколесьях (при том, что она существенно различна в обоих местообитаниях). До середины 1950-х гг. наибольшим приростом характеризовались древостои редколесий, а со второй половины 1950-х гг. XX в. и до настоящего времени максимальный прирост наблюдается в редирах. Наиболее вероятной причиной этого стало увеличение мощности снежного покрова в редколесьях и более позднее его разрушение по сравнению с редирами, из-за чего стартовые условия для ксилогенеза в раннелетний период здесь существенно ухудшились.

Дополнительным биотическим фактором, усугубляющим продукционный процесс в редколесьях, стал хорошо развитый моховой покров, препятствующий глубокому сезонному оттаиванию почвы. Произошла синергия негативных влияний позднего схода снега и неглубокого оттаивания корнеобитаемого слоя почвы. Это обстоятельство уменьшило продолжительность периода физиологической активности лиственницы и привело к зафиксированному снижению величины годичного радиального прироста древесины лиственницы в редколесьях по сравнению с редирами.

Литература

1. 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.
2. 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.
3. Ары-Мас. Природные условия, флора и растительность самого северного в мире лесного массива. – Л.: Наука, 1978. – 192 с.
4. Ваганов Е. А. Дендроклиматические исследования в Урало-Сибирской Субарктике / Е. А. Ваганов, С. Г. Шиятов, В. С. Мазепа. – Новосибирск: Наука, 1996. – 324 с.
5. Городков Б. Н. Безлесие тундр / Б. Н. Городков // Природа. – 1929. – № 3. – С. 219–240.
6. Городков Б. Н. Растительность тундровой зоны СССР / Б. Н. Городков. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1935. – 142 с.
7. Леса Красноярского Заполярья / А. П. Абаимов [и др.]. – Новосибирск: Наука, 1997. – 208 с.
8. Ловелиус Н. В. Изменчивость прироста деревьев. Дендроиндикация природных процессов и

- антропогенных воздействий / Н. В. Ловелиус. – Л. : Наука, 1979. – 232 с.
9. Миддендорф А. Ф. Путешествие на север и восток Сибири. Ч. 1 / А. Ф. Миддендорф. – СПб. : ГеоГраф, 2004. – 992 с.
10. 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. 7, № 2. – С. 84–91.
11. 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.
12. Пармузин Л. К. Тундролесье СССР / Л. К. Пармузин. – М. : Мысль, 1979. – 296 с.
13. Поздняков Л. К. Мерзлотное лесоведение / Л. К. Поздняков. – Новосибирск : Наука, 1986. – 192 с.
14. Рахманов В. В. Гидроклиматическая роль лесов / В. В. Рахманов. – М. : Лесн. пром-сть, 1984. – 240 с.
15. 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 науч.-практич. конф., посвященной 25-летию Гос. природ. заповедника «Усть-Ленский» (пос. Тикси Республики Саха (Якутия), декабрь 2010 г.). – М. : Принтком, 2010. – С. 112–116.
16. 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.
17. Тихомиров Б. А. Безлесье тундры, его причины и пути преодоления / Б. А. Тихомиров. – М. : Л., 1962. – 88 с.
18. Толмачев А. И. О распространении древесных пород и о северной границе лесов в области между Енисеем и Хатангой / А. И. Толмачев // Тр. Поляр. комиссии АН СССР. – 1931. – Вып. 5. – С. 1–29.
19. Тыртиков А. П. Лес на самом северном пределе в Азии / А. П. Тыртиков. – М. : Тов. науч. знаний КМК, 1995. – 144 с.
20. Тюлина Л. Н. О лесной растительности Анадырского края и ее взаимоотношении с тундрой / Л. Н. Тюлина // Тр. Аркт. ин-та. – 1936. – Т. 40. – С. 7–212.
21. Тюлина Л. Н. Лесная растительность Хатангского района у ее северного предела / Л. Н. Тюлина // Тр. Аркт. ин-та. – 1937. – Т. 63. – С. 83–180.
22. Шренк А. И. Путешествие по северо-востоку Европейской России через тундры самоедов к северным Уральским горам / А. И. Шренк. – СПб. : Тип. Григория Трусова, 1855. – 670 с.
23. Holmes R. L. Dendrochronology program library – users manual / R. L. Holmes. – Tucson, Arizona USA : Laboratory of Tree-Ring Research, Univ. of Arizona, 1998. – 130 p.
24. Methods of dendrochronology. Applications in the environmental sciences / eds. E. R. Cook, L. A. Kairiukstis. – Kluwer Acad. Publ., 1990. – 394 p.
25. Rinn F. TSAP version 3.5. Reference manual. Computer program for tree-ring analysis and presentation / F. Rinn. – Heidelberg, 1996. – 264 p.

Factors affecting radial increment of Dahurian larch trees at the northern distribution boundary in Ary-Mas forest island, Taimyr Peninsula

M. G. Rudinsky

Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry SB RAS, Irkutsk

Abstract. Dendrochronological studies were conducted in polar forests of Ary-Mas forest (Taimyr Peninsula). We have identified two waves of mass regeneration of Dahurian larch in the mid-1950s and the first half of the 1980s. In the dynamics of tree ring greatest imprint left the first period. Until the mid-1950s highest growth stands were characterized by woodlands and from the second half of the 1950s before present maximum increase is observed in the forests. The most likely reason for this was the increase in capacity of the snow cover in the forests. Over the past 50–60 years has been stable thermal regime but there was a significant increase of precipitation especially in the winter mostly in forests. Later destruction of snow cover and a thermal insulating effect of moss cover in these habitats have led to decreased production of larch forests.

Key words: Ary-Mas forest, Taimyr Peninsula, Dahurian larch, tree ring, larch regeneration, snow cover.

*Рудинский Михаил Георгиевич
Сибирский институт физиологии и биохимии
растений СО РАН
664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 132
аспирант
тел. (3952)42–59–79
E-mail: kazarka@krasmail.ru*

*Rudinsky Mikhail Georgievich
Siberian Institute of Plant Physiology
and Biochemistry SB RAS
132 Lermontov St., Irkutsk, 66403
doctoral student
phone: (3952)42–59–79
E-mail: kazarka@krasmail.ru*