

УДК 630*181.65 630*561.24

Влияние снежного покрова и температурного режима мерзлотных почв на радиальный прирост деревьев Центральной Якутии

А.Н. Николаев^{а,б*}, Ю.Б. Скачков^б

^а *Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова,
Россия 677000, Якутск, ул. Белинского, 58*

^б *Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН,
Россия 677010, Якутск, ул. Мерзлотная, 36¹*

Received 2.03.2012, received in revised form 9.03.2012, accepted 17.03.2012

Проведен анализ связи снежного покрова с температурным режимом мерзлотных почв и их влияние на радиальный прирост лиственницы Гмелина и сосны обыкновенной в Центральной Якутии. Высота снежного покрова и период его установления в предыдущем году определяет температурный режим почвогрунтов. Установлено, что при малой высоте снежного покрова происходит сильное промерзание грунтов в зимний период, что отрицательно сказывается на радиальном приросте деревьев в последующий год. Кроме предзимних характеристик снежного покрова на развитие лесной растительности большое влияние оказывают максимальная высота и время схода снежного покрова. Выявлены различия влияния снежного покрова на рост деревьев в различных почвогрунтовых и ландшафтно-географических условиях произрастания.

Ключевые слова: снежный покров, древесно-кольцевые хронологии, многолетняя мерзлота, радиальный прирост деревьев, температурный режим почвогрунтов, лиственница Гмелина, сосна обыкновенная, Центральная Якутия.

Введение

Снежный покров как экологический фактор оказывает большое влияние на лесные экосистемы. В Центральной Якутии, которая находится в области сплошного распространения многолетней мерзлоты, аккумуляция

снега является важнейшим фактором тепло- и влагообмена на поверхности земли, в почве и в приземном слое атмосферы. Физические основы закономерностей теплоэнергообмена между атмосферой, снежным покровом и подстилающими грунтами в настоящее время до-

* Corresponding author E-mail address: yktnan@rambler.ru

¹ © Siberian Federal University. All rights reserved

статочно хорошо исследованы (Порхаев, 1970; Павлов, 1975; Арэ, 1978; Фельдман, 1988; Балобаев, 1991 и др.). В условиях криолитозоны снежный покров, с одной стороны, является источником пополнения запасов почвенной влаги, а с другой – теплоизолирующим экраном, предохраняющим поверхность и верхние слои почвы от чрезмерного переохлаждения (Поздняков, 1963, 1986; Уткин, 1965; Гаврилова, 1973). Дендрохронологические методы исследований позволяют получить новую информацию о влиянии снежного покрова на рост и развитие лесов в области распространения многолетнемерзлых пород. Большинство дендрохронологических работ посвящено изучению влияния температуры воздуха и количества выпадающих осадков на радиальный прирост деревьев (Шиятов, 1986; Ваганов и др., 1996; Kirilyanov et al., 2008; Nikolaev et al., 2009). Установлена тесная связь роста древесных пород с гидротермическими условиями мерзлотных почв Центральной Якутии (Николаев, Федоров, 2004; Николаев и др., 2011; Nikolaev et al., 2009). При исследовании годовичных колец деревьев была показана большая роль времени схода снежного покрова на радиальный прирост деревьев в разных районах Сибири (Николаев, Скачков, 2011; Vaganov et al., 1999; Kirilyanov et al., 2003).

Целью работы стала оценка влияния динамики снежного покрова на температурный режим мерзлотных почв и выявление их воздействия на радиальный прирост лиственницы Гмелина и сосны обыкновенной, произрастающих в условиях сплошного залегания многолетнемерзлых грунтов. Анализ многолетних данных о динамике снежного покрова и температуры мерзлотных грунтов позволил исследовать степень их влияния на радиальный прирост деревьев в Центральной Якутии.

Материалы и методы

Был изучен радиальный прирост лиственницы Каяндера (*Larix cajanderi* Mayr) и сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), произрастающих в Центральной Якутии. Сбор, датировка и построение древесно-кольцевых хронологий были сделаны общепринятыми дендрохронологическими методами (Шиятов и др., 2000; Holmes, 1983; Methods..., 1990; Rinn, 1996).

Исследование радиального прироста лиственницы и сосны проводилось на ключевых участках двух междуречий Центральной Якутии, отличающихся по мерзлотно-почвенным условиям и характеру ландшафтов (рис. 1). На Лено-Амгинском междуречье широко рас-

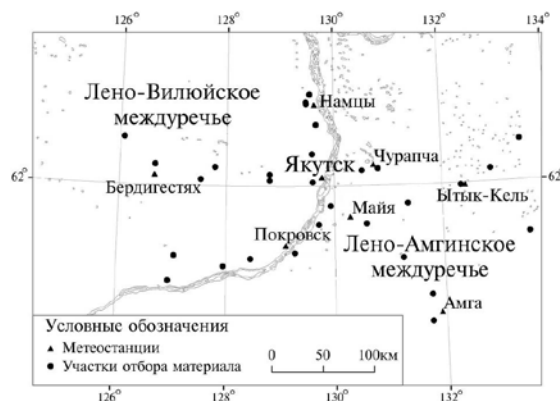


Рис. 1. Район исследований

пространены мерзлотные палевые почвы. На плоских слабодренированных участках формируются мерзлотные палевые осолоделые почвы, а на песчаных отложениях, вблизи речных долин, встречаются мерзлотные таежные оподзоленные почвы. До 20 % территории заняты аласными котловинами. Для Лено-Вилуйского междуречья характерны мерзлотные таежные типичные и оподзоленные почвы. На склонах развиты мерзлотные таежные оподзоленные и дерново-карбонатные оподзоленные типы почв, а на мелководных участках – мерзлотные пойменные дерново-лесные, торфянисто- и торфяно-болотные, лугово-болотные, дерновые глеевые типы почв (Еловская, Коновский, 1978). На этом междуречье аласами заняты до 5 % территории, кроме того, здесь распространены мари и «сухие» травяные речки.

Климат Центральной Якутии характеризуется резкой континентальностью, продолжительной и малоснежной зимой с низкими температурами воздуха (средняя в январе минус 42 °С), а также жарким (средняя в июле 19 °С) и коротким летом с большой инсоляцией и малым количеством осадков (200–250 мм) (Гаврилова, 1973; Скачков, 2000).

Анализ динамики снегонакопления в Центральной Якутии показал, что в начальный период зимнего сезона (октябрь–ноябрь) высота

снежного покрова увеличивается с постоянной скоростью, т.е. практически линейно со временем (рис. 2). В дальнейшем снегонакопление продолжается с меньшей скоростью, уже по степенному закону (Фельдман и др., 1988). После достижения максимальной за зиму высоты снежного покрова (вторая половина марта) происходит резкое ее уменьшение за счет испарения, оседания и начала таяния. Последний этап длится, как правило, 3–4 недели. Разрушение и сход снежного покрова происходит в третьей декаде апреля – первой декаде мая (рис. 2). Высота снежного покрова варьирует в среднем от 30 до 50 см. Плотность снега в середине зимы составляет 0,15–0,16 г/см³, а в конце зимнего сезона 0,20–0,25 г/см³.

Корреляционный анализ между значениями максимальной высоты снежного покрова на метеостанциях Центральной Якутии показал наличие большого сходства между соседними участками. Это позволило нам использовать данные по динамике снежного покрова, полученные для метеостанций «Якутск» (Лено-Вилуйское междуречье) и «Чурапча» (Лено-Амгинское междуречье), имеющих наиболее длительные и полные ряды наблюдений (1930–2009 и 1966–2009 гг. соответственно). Зависимость радиально-прироста деревьев от изменений высоты снежного покрова оценивалась при помощи

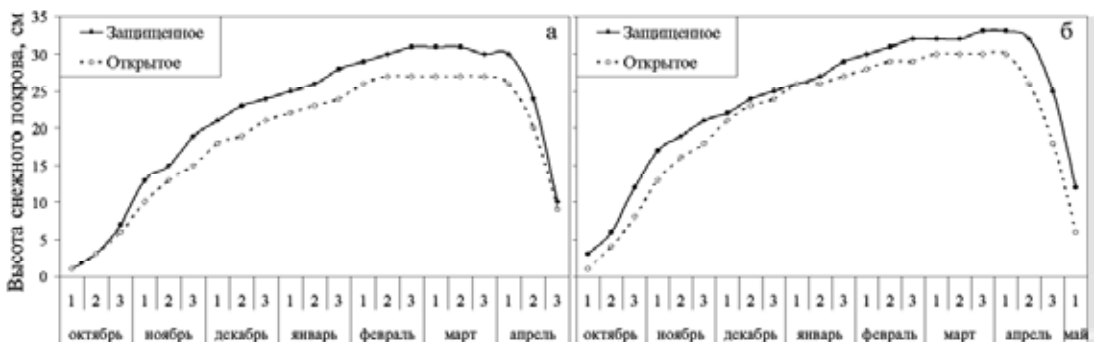


Рис. 2. Осредненная динамика высоты снежного покрова для метеостанций «Якутск» (а) и «Чурапча» (б)

корреляционного анализа по программе STATISTICA 6.0 (StatSoft Inc., США).

Результаты и обсуждение

Для территории Центральной Якутии были построены генерализованные древесно-кольцевые хронологии по лиственнице и сосне (рис. 3). Из рисунка видно, что в отдельные периоды годичный радиальный прирост между ними синхронен, а в некоторые – асинхронен. Наиболее высокая синхронность радиального прироста между этими видами наблюдается в пределах Лено-Амгинского междуречья. На этой территории, кроме климатических факторов, на деревья влияют своеобразные мерзлотно-ландшафтные условия местности, которые являются основной причиной недостатка увлажнения на межгаласных пространствах.

На характер промерзания и прогревания деятельного слоя почвы большое влияние оказывает снежный покров. Чем раньше ложится устойчивый снежный покров осенью и чем больше снегонакопление в начале зимы, тем более значительны теплоизоля-

ционные эффекты снега (Некрасов, 1981). В связи с этим нами была оценена роль динамики снежного покрова на характер роста и развития древесных пород Центральной Якутии. Был проведен корреляционный анализ отдельных характеристик снежного покрова: среднедекадной и максимальной мощности, время становления и схода, длительность залегания снежного покрова с радиальным приростом лиственницы и сосны для двух смежных районов Центральной Якутии. В период становления и схода снежного покрова использованы средние декадные данные, а в период с декабря по февраль – максимальные среднедекадные данные за месяц.

Результаты анализа свидетельствуют о существенном влиянии снежного покрова на радиальный прирост лиственницы и сосны. Для этих древесных видов большое значение имеет высота снежного покрова в зимние месяцы (рис. 4). Интенсивность и характер влияния снежного покрова на рост деревьев зависят от его характеристик во время становления в предзимний и схода в весенний периоды, а также от вида дерева и условий

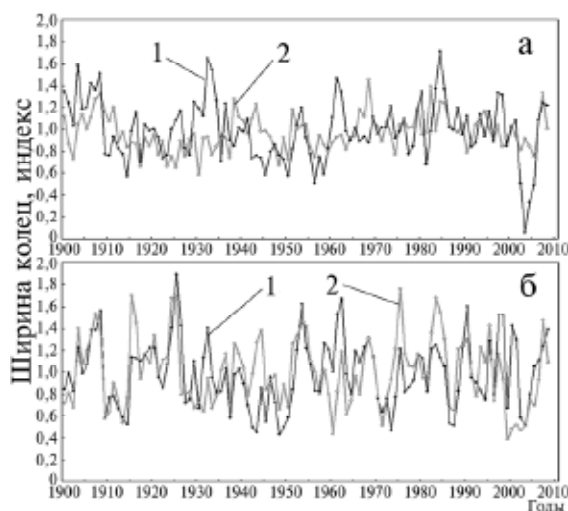


Рис. 3. Древесно-кольцевые хронологии на участках Лено-Вилуйского (а) и Лено-Амгинского (б) междуречий: 1 – лиственница, 2 – сосна

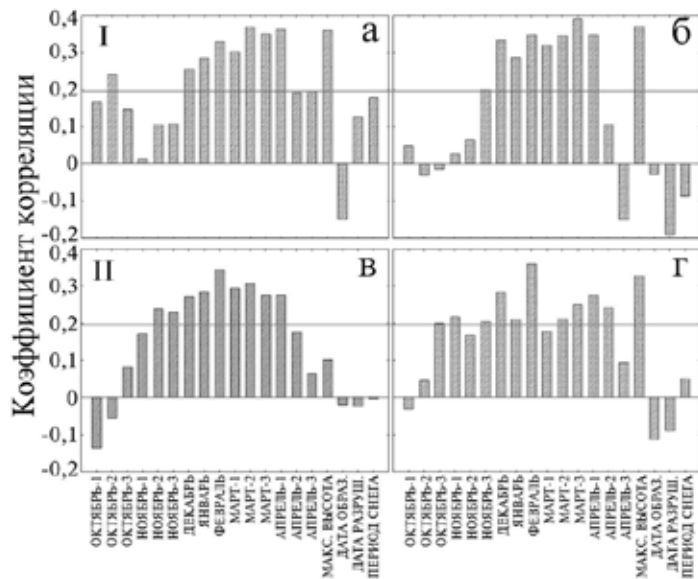


Рис. 4. Корреляция радиального прироста деревьев с высотой снежного покрова метеостанций «Якутск» (I) и «Чурапча» (II): а – лиственница Лено-Вилуйского междуречья; б – сосна Лено-Вилуйского междуречья; в – лиственница Лено-Амгинского междуречья; г – сосна Лено-Амгинского междуречья. Линией отмечен доверительный интервал при $r < 0,05$. Цифры при обозначенных месяцах указывают номера декад

местопрорастания. Снежный покров представляет собой промежуточную среду, уменьшающую теплообмен между почвой и приземным слоем атмосферы в холодное время года и препятствующую снижению температуры почвы.

На Лено-Вилуйском междуречье радиальный прирост лиственниц в большей степени зависит от высоты снежного покрова в октябре, в ноябре эта связь почти исчезает (рис. 4, а). Это можно объяснить тем, что раннее становление снежного покрова на супесчаных почвах лиственничных лесов препятствует сильному выхолаживанию почвогрунтов и обеспечивает более равномерное распределение почвенной влаги в период промерзания. В отличие от этого на супесчаных грунтах сосновых лесов Лено-Вилуйского междуречья высота снежного покрова не оказывает значимого влияния на радиальный прирост деревьев (рис. 4, б). Только к концу

ноября она начинает значимо коррелировать с приростом сосны. Видимо, в начале наступления сильных морозов более мощный снежный покров выполняет теплоизолирующую роль, препятствуя сильному выхолаживанию почвогрунта.

На Лено-Амгинском междуречье мощный снежный покров в октябре не очень благоприятен для радиального прироста деревьев, а на рост лиственницы оказывает даже отрицательное воздействие (рис. 4, в). В этом районе Центральной Якутии, где широко распространены аласные котловины, быстрое промерзание грунтов имеет большое значение для сохранения осенних влагозапасов в почвогрунтах. При медленном промерзании грунтов усиливается сток надмерзлотных вод сезонно-талого слоя в водосборные котловины, что негативно сказывается на росте древесных растений в последующий вегетационный сезон. Для роста сосны мощность

снежного покрова в октябре не оказывает большого влияния (рис. 4, г). Это связано с тем, что сосна растет преимущественно на песчаных грунтах. Во влажные годы ранний и мощный снежный покров препятствует более быстрому промерзанию грунтов и способствует оттоку влаги в нижние слои почвогрунтов. В сухие годы малоснежные зимы способствуют быстрому промерзанию и иссушению песчаных грунтов, поэтому скопление влаги в верхних слоях не наблюдается.

В начале весеннего периода отмечена высокая корреляционная связь прироста деревьев с мощностью снежного покрова в марте и первой декаде апреля. В Центральной Якутии в марте, как правило, отмечается максимальная высота снежного покрова. В дальнейшем корреляционная связь радиального прироста деревьев с высотой снежного покрова снижается, в некоторых случаях к третьей декаде апреля достигает отрицательных значений. Если в зимние месяцы, включая март, снежный покров действует как защитный слой, препятствующий выхолаживанию почвогрунтов, то в апреле снег начинает препятствовать повышению температуры грунтов.

Максимальная средняя декадная высота снежного покрова хорошо коррелирует на всех опытных участках, за исключением лиственничников Лено-Амгинского междуречья. Особенно большое значение мощный снежный покров имеет для сосняков, играя роль теплоизолятора в холодное время года и дополнительного источника влаги в начале вегетационного периода. Для лиственниц Лено-Вилуйского междуречья воздействие снежного покрова сходно с его воздействием на сосну. Для Лено-Амгинского междуречья большого значения мощность снежного покрова не имеет. В этом районе вода при таянии снежного покрова не успевает впитываться в почву и большей частью стекает в аласные

котловины. В сосняках этого района снеговая вода успевает впитываться в почву, поскольку сухие супесчаные грунты прогреваются быстрее суглинистых и в период снеготаяния имеют возможность впитывать талую воду.

В начале зимы на суглинистых почвах, на которых в основном произрастают лиственничные леса, почвенная влага мигрирует в сторону верхней и нижней границ зоны сезонного промерзания грунтов. Во влажные или сухие периоды данный процесс происходит по-разному, так как интенсивность промерзания суглинистых почв с большой или меньшей водонасыщенностью различна.

Судя по радиальному приросту двух видов деревьев, сосновый лес в условиях Центральной Якутии более четко реагирует на изменения высоты снежного покрова, показывая при этом хорошую синхронность с его многолетней динамикой. Известно, что сосняки в Центральной Якутии произрастают на песчаных почвах. Во влажные и сухие годы в верхней части сезонно-талого слоя, где располагается основная корневая система сосны, не наблюдается большого различия в количестве влагозапасов. Связано это с тем, что пески, в отличие от суглинков, не обладают большой влагоудерживающей способностью. Мерзлые пески имеют большую пористость и способны пропускать через себя воду вплоть до подошвы зоны аэрации. Поэтому на песчаных почвах основная масса грунтовых вод (до 70 %) находится на границе протаивающего и мерзлого слоя, а в интервале от 0,4 до 1,5 м к концу теплого периода появляется иссушенный песчаный слой, который возникает как в сухие, так и во влажные периоды (Бойцов, Лебедева, 1989). В связи с этим радиальный прирост сосны в меньшей степени реагирует на состояние снежного покрова в начале зимнего покрова, хотя и имеет синхронную динамику с мощностью снега в ноябре.

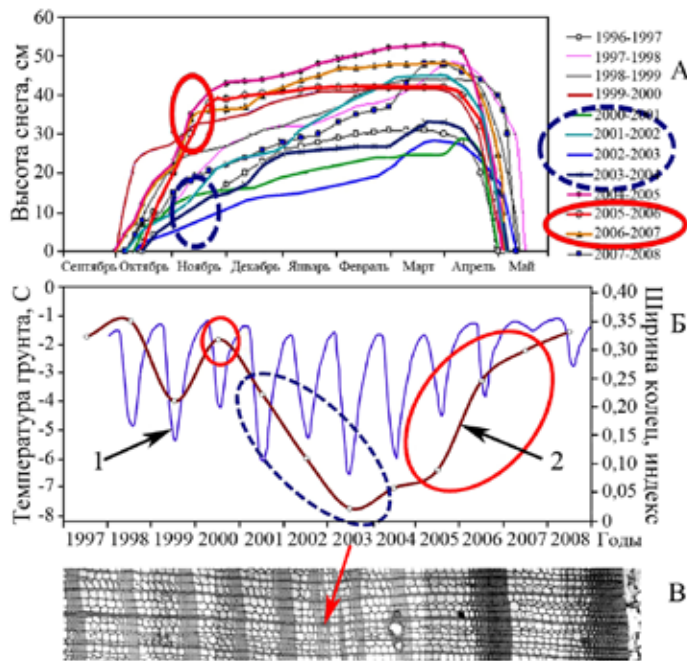


Рис 5. Сопоставление высоты снежного покрова (А), температуры грунтов на глубине 3,2 м (Б, 1) и ширины годовичных колец (Б, 2 и В). Красным овалом обозначены годы с высоким снежным покровом, синим – годы с невысоким снежным покровом

Проведенные исследования показали, что при одних и тех же условиях снегонакопления на суглинистых почвах, где преимущественно произрастают лиственничные леса, осеннее промерзание грунтов существенно отличается от того, как оно протекает на супесчаных почвах, где в основном распространены сосновые леса. Например, в зимний период 2002–2003 гг. снежный покров характеризовался более поздним сроком становления и небольшой мощностью (рис. 5). Суглинистые почвы достаточно сильно промерзли, что способствовало образованию очень узких годовичных колец, потому что медленное прогревание сильно выхолаженных грунтов задержало начало ростовых процессов у лиственницы. Данное воздействие снежного покрова на супесчаных почвах не имело такого эффекта на радиальный прирост сосны и не помешало своевременному началу вегетационного пе-

риода, так как супесчаные почвы в весенний период быстро прогреваются.

Заключение

В результате проведенных исследований выявлена тесная связь динамики мощности снежного покрова с ходом радиального прироста лиственницы Гмелина и сосны обыкновенной в двух районах Центральной Якутии, различающихся по мерзлотным условиям и характеру ландшафтов. Снежный покров по отношению к лесной растительности выполняет двойственную функцию. С одной стороны, он играет теплоизолирующую роль в зимнее время, предохраняя корневую систему растений от сильного переохлаждения, а с другой – снабжает почвенно-грунтовый слой дополнительной влагой в начале вегетационного периода. Проведенные исследования показали перспективность использования дендрохронологических методов для изуче-

ния влияния снежного покрова на развитие области сплошного распространения много-лесной растительности, произрастающей в летнемерзлых грунтах.

Список литературы

Арэ А.Л. (1978) Снежный покров Центральной Якутии, особенности его радиационного и гидротермического режима. В: Теплообмен в мерзлотных ландшафтах. Якутск: Издательство ИМЗ СО АН СССР, с. 30–42.

Балобаев В.Т. (1991) Геотермия мерзлой зоны литосферы Севера Азии. Новосибирск: Наука, 193 с.

Бойцов А.В., Лебедева Т.Н. (1989) Водный режим песчаных грунтов слоя сезонного протаивания в Центральной Якутии. В: Мерзлотно-гидрогеологические исследования зоны свободного водообмена. М.: Наука, с. 27–47.

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

Гаврилова М.К. (1973) Климат Центральной Якутии. Якутск: Якутское книжное издательство, 120 с.

Еловская Л.Г., Коноровский А.К. (1978) Районирование и мелиорация мерзлотных почв Якутии. Новосибирск: Наука, 175 с.

Некрасов И.А. (1981) Снежный покров и глубокое промерзание литосферы. В: Тематические и региональные исследования мерзлотных толщ Северной Евразии. Якутск, с. 3–21.

Николаев А.Н., Федоров П.П. (2004) Влияние климатических факторов и термического режима мерзлотных почв Центральной Якутии на радиальный прирост лиственницы и сосны (на примере стационара «Спасская Падь»). Лесоведение 6: 51–55.

Николаев А.Н., Скачков Ю.Б. (2011) Влияние динамики снежного покрова на рост и развитие лесов в Центральной Якутии. Криосфера Земли 3: 71–80.

Николаев А.Н., Федоров П.П., Десяткин А.Р. (2011) Влияние гидротермического режима почв на радиальный прирост лиственницы и сосны в Центральной Якутии. Сибирский экологический журнал 17(2): 189–201.

Павлов А.В. (1975) Теплообмен почвы с атмосферой в северных и умеренных широтах СССР. Якутск: Якутское книжное издательство, 302 с.

Поздняков Л.К. (1963) Гидроклиматический режим лиственничных лесов Центральной Якутии. М.: Издательство АН СССР, 146 с.

Поздняков Л.К. (1986) Мерзлотное лесоведение. Новосибирск: Наука, 192 с.

Порхаев Г.В. (1970) Тепловое взаимодействие зданий и сооружений с вечномерзлыми грунтами. М.: Наука, с. 41–46.

Скачков Ю.Б. (2000) Современные изменения климата Центральной Якутии. В: Климат и мерзлота: комплексные исследования в Якутии. Якутск: Издательство ИМЗ СО РАН, с. 55–63.

Фельдман Г.М., Тетельбаум А.С., Шендер Н.И., Гаврильев Р.И. (1988) Пособие по прогнозу температурного режима грунтов Якутии. Якутск: Якутское книжное издательство, 240 с.

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

Шиятов С.Г., Ваганов Е.А., Кирдянов А.В., Круглов В.Б., Мазепа В.С., Наурызбаев М.М., Хантемиров Р.М. (2000) Методы дендрохронологии. Ч.1. Основы дендрохронологии. Сбор и

получение древесно-кольцевой информации: Учебно-методич. пособие. Красноярск: КрасГУ, 80 с.

Уткин А.И. (1965) Леса Центральной Якутии. М.: Наука, 208 с.

Methods of dendrochronology (1990) Application in environmental sciences. Cook E.R., Kairiukstis L., Eds. Dordrecht: Kluwer Acad. Publ., 394 p.

Holmes R.L. (1983) Computer-assisted quality control in tree-ring dating and measurement. Tree-Ring Bulletin 44: 69–75.

Kirilyanov A., Hughes M., Vaganov E., Schweingruber F., Silkin P. (2003) The importance of early summer temperature and date of snow melt for tree growth in the Siberian Subarctic. Trees 17: 61–69.

Kirilyanov A.V., Treydte K.S., Nikolaev A.N., Helle G., Schleser G.H. (2008) Climate signals in tree-ring width, density and $\delta^{13}\text{C}$ from larches in Eastern Siberia (Russia). Chemical Geology 252: 31–41.

Nikolaev A., Fedorov P., Desyatkin A. (2009) Influence of climate and soil hydrothermal regime on radial growth of *Larix cajanderi* and *Pinus sylvestris* in Central Yakutia, Russia. Scandinavian Journal of Forest Research 24(3): 217–226.

Rinn F. (1996) TSAP version 3.5. Reference Manual. Computer program for tree ring analysis and presentation. Frank Rinn, Heidelberg, Germany, 264 p.

Vaganov E.A., Hughes M.K., Kirilyanov A.V., Schweingruber F.H., Silkin P.P. (1999) Influence of snowfall and melt timing on tree growth in subarctic Eurasia. Nature. 400:149–151.

Snow Cover and Permafrost Soil Temperature Influence on the Radial Growth of Trees in Central Yakutia

Anatoly N. Nikolaev^{a,b} and Yuri B. Skachkov^b

*^aNorth Eastern Federal University named after M.K. Ammosov,
58 Belinskogo str., Yakutsk, 677000 Russia*

*^bMelnikov Permafrost Institute SB RAS
36 Merzlotnaya, Yakutsk, 677010 Russia*

Analysis of snow cover and permafrost soil temperature regime and their influence on the radial growth of trees in Central Yakutia were carried out. Snow depth and the period of its establishment in the previous year determines the intensity and rate of soil freezing and, as a result, the temperature regime of soil. It was founded that shallow snow depth leads to strong freezing of soils during winter, which affects the radial increment of trees in the subsequent year. Except of pre-winter snow cover characteristics, the maximum height and time of snow cover melting strongly affect the forest vegetation development of the study area. This study revealed differences in snow cover influence on the tree growth among different soils and landscape-geographical conditions.

Keywords: snow mantle, tree-ring chronology, permafrost, radial growth, temperature regime of soils, Larch Cajanderi, Scotch pine, Central Yakutia.
