УДК 551: 630*181:581.5

# СВЯЗЬ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА МЕРЗЛОТНЫХ ПОЧВ И РАДИАЛЬНОГО ПРИРОСТА ЛИСТВЕННИЦЫ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ

**[1]Федоров П.П., [1,2]Десяткин А.Р.**

*[1]ФГБУН «Институт биологических проблем криолитозоны» СО РАН, Якутск, e-mail: baibal@yandex.ru;*

*[2]ФГБУН «Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова» СО РАН, Якутск, e-mail: desyatkinar@rambler.ru*

Приведены результаты исследований выявления связи температурного режима мерзлотных почв и радиального прироста лиственницы в Центральной Якутии. Применение дендроклиматических методов исследования изучения древесно-кольцевых хронологий древесных пород позволило выявить связь роста деревьев с температурой почв в зимний период – чем выше температура почвы в это время, тем быстрее идет прогревание почвы в весенне-раннелетний период, что способствует началу активного роста деревьев в начале вегетации. Летние температуры не лимитируют радиальный прирост деревьев. В этот период количество тепла, необходимого для благоприятного роста, достаточно для деревьев. Температуры почвы в летний период не оказывает значимого влияния. Выявлено – влияние значений температуры почв за зимний период увеличивает объяснимую внешними условиями дисперсию до 82 % ($R$ = 0,91).

**Ключевые слова: Центральная Якутия, многолетняя мерзлота, температура почв, древесно-кольцевые хронологии, функция отклика**

# DEPENDENCE OF LARCH RADIAL INCREMENT ON PERMAFROST SOIL TEMPERATURE REGIME IN THE CENTRAL YAKUTIA

**[1]Fedorov P.P., [1,2]Desyatkin A.R.**

*[1]Institute for biological problems of cryolithozone SB RAS, Yakutsk, e-mail: baibal@yandex.ru;*

*[2]Melnikov Permafrost Institute SB RAS, Yakutsk, e-mail: desyatkinar@rambler.ru*

The results of study about relation of permafrost soils temperature regime and radial growth of larch in Central Yakutia is presented in this article. Application of dendroclimatic research methods in tree ring chronologies study is revealed the relation of tree growth with soil temperature in winter – the higher soil temperature at this time accelerate soil warming in the spring and early summer, what contributes active growth of trees at the beginning of the growing season. Summer temperatures do not limit the radial growth of trees. During this period, the amount of heat needed for favorable growth sufficient for the trees. Soil temperature during summer have no significant effect on radial increment. It is revealed – the impact of winter soil temperatures increases the dispersion explainable by the external conditions up to 82% ($R$ = 0,91).

**Keywords: Central Yakutia, permafrost, soil temperature, tree ring chronology, response function**

Территория Центральной Якутии располагается в области сплошного распространения многолетней мерзлоты [1]. Исторически изменение климатических факторов на этой территории имеет большое влияние на ландшафты. В течение голоцена здесь произошли существенные изменения ландшафтов с образованием термокарстовых форм рельефа – аласов [4]. Вытаивание многолетнемерзлых грунтов сопровождалось высвобождением огромного количества углерода, участвующего в реакции образования парниковых газов. В наши дни такие процессы отчетливо наблюдаются на территории Лено-Амгинского междуречья, где за последние 30 лет зафиксировано повышение среднегодовых значений температур воздуха на 2–3 °C, а деятельного слоя почв на 0,4–1,3 °C [9], сопровождаемое увеличенными выбросами метана и $CO_2$ из-за изменений гидротермического режима почв [8]. В этих условиях наиболее приспособленными оказались светлохвойные породы деревьев с поверхностным расположением корней. Данная особенность является главной причиной распространения на этой территории лиственницы Каяндера [6].

Как известно, развитие лесных экосистем, особенно в области распространения многолетней мерзлоты, складывается под воздействием совокупности факторов внешней среды. Исследованиями установлено, что в Центральной Якутии главным из средообразующих факторов, лимитирующих рост древесных пород, являются гидрометеорологические условия (колебание температуры воздуха, распределение атмосферных осадков по месяцам) в период их активного роста. Здесь возникает вопрос, есть ли связь радиального прироста деревьев с температурным режимом мерзлотных почв? В аспекте этого вопроса нами проведен анализ зависимости роста древесных пород от значений температур почв на разных глубинах.

Исследуемый район находится на Лено-Амгинском междуречье (рис. 1) в зоне распространения термокарстовых форм рельефа – аласов, которыми занято до 17% её площади [1]. Территория относится к Центрально-Якутской таежно-аласной провинции мерзлотных палевых почв [4]. Климат континентальный, характеризуется суровой продолжительной малоснежной зимой, жарким коротким засушливым летом с большой инсоляцией, низкими годовыми и зимними температурами, большими сезонными и суточными их амплитудами и малым количеством осадков [3, 7]. Леса представлены хвойными породами деревьев, в основном лиственницей, максимальный возраст которых достигает 400–600 и более лет [2].

В ходе проведенных исследований нами изучены связи древесно-кольцевых хронологий лиственницы Каяндера (*Larix cajanderi Mayr*), с температурой мерзлотных почв на разных глубинах. Известно, что изменение внешних условий произрастания четко фиксируется радиальным приростом деревьев в виде годичных колец различной толщины [2, 5, 10].

Отбор материала для древесно-кольцевой хронологии по лиственнице Каяндера проводили на научном стационаре Института биологических проблем криолитозоны СО РАН «Тюнгюлю», который расположен в 45 км северо-восточнее г. Якутска, а также на полигоне вблизи с. Чурапча, расположенном в 120 км северо-восточнее г. Якутска. На каждом участке были взяты не менее 24 кернов образцов древесины на высоте 1,3 м. Измерения ширины годичных колец с точностью 0,01 мм проводились при помощи измерителя LINTAB-III. При датировке и построении древесно-кольцевых хронологий были применены общепринятые дендрохронологические методы [5, 10].

Учитывая сходные почвенные и климатические условия, для расчета связи температуры почв и радиального прироста деревьев были использованы метеоданные станции Чурапча, которая расположена недалеко от районов отбора проб. Зависимость радиального прироста деревьев от изменений внешних факторов оценивали при помощи корреляционного анализа в программе STATISTICA6. При этом отсчет времени ведется с конца вегетационного периода (в нашем случае с сентября) предыдущего года до конца августа текущего [7].

Используя общепринятые в дендроклиматическом анализе методики, были построены древесно-кольцевые хронологии. При анализе хронологий стационара Тюнгюлю и участка Чурапча наблюдается сходная реакция радиального прироста лиственницы на температуру почвы на разных глубинах.

Корреляционный анализ древесно-кольцевых хронологий лиственницы на стационаре Тюнгюлю (рис. 2) и полигоне Чурапча (рис. 3) с температурными условиями почвы свидетельствует, что наибольшая корреляционная связь наблюдается в зимний период времени на глубинах до 80 см. Это как раз соответствует уровню расположения основной массы корневой системы деревьев и деятельному слою мерзлотных почв. По нашему мнению, механизм связи прост – чем выше температура почвы в зимнее время, тем быстрее идет прогревание почвы в весенний период – и наоборот, более глубокая проморозка почвы требует продолжительного времени на оттайку. Исходя из временных параметров достижения определенных величин температуры почв, при котором начинает действовать корневая система деревьев и зависят сроки начала активации их роста.

*Рис. 1. Карта-схема исследуемого района*

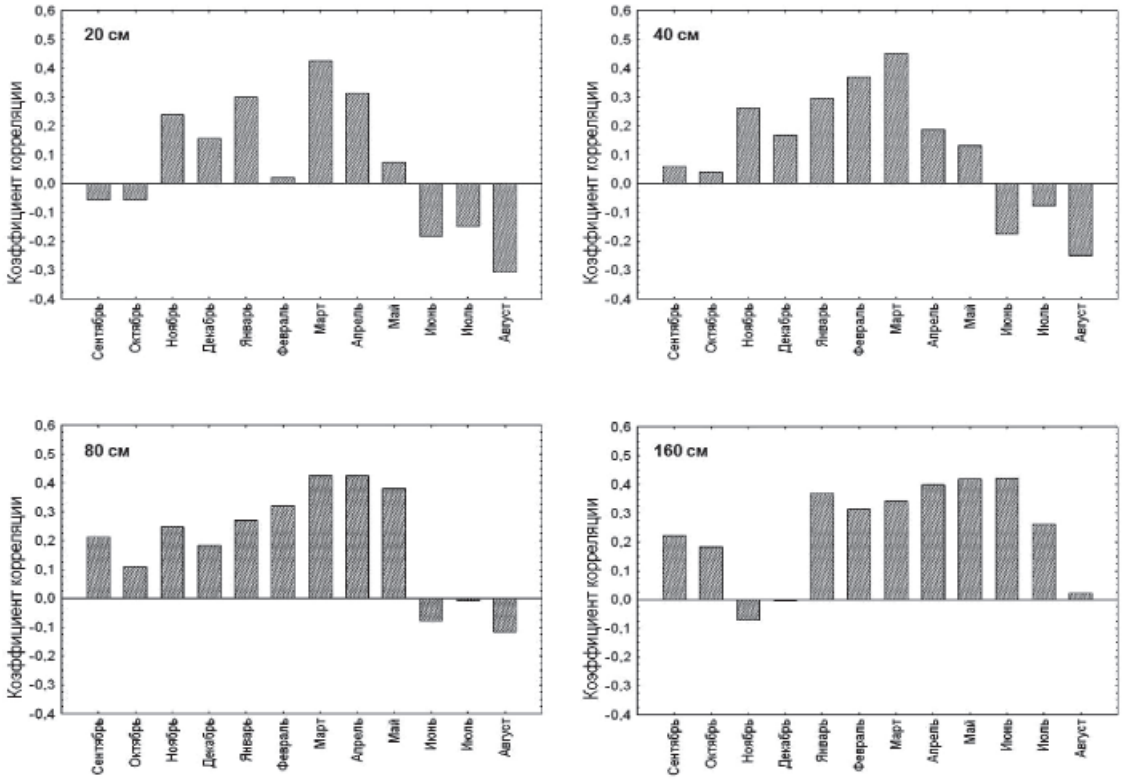


*Рис. 2. Корреляционные связи древесно-кольцевой хронологии стационара Тюнгюлю с температурой почвы на разных глубинах*

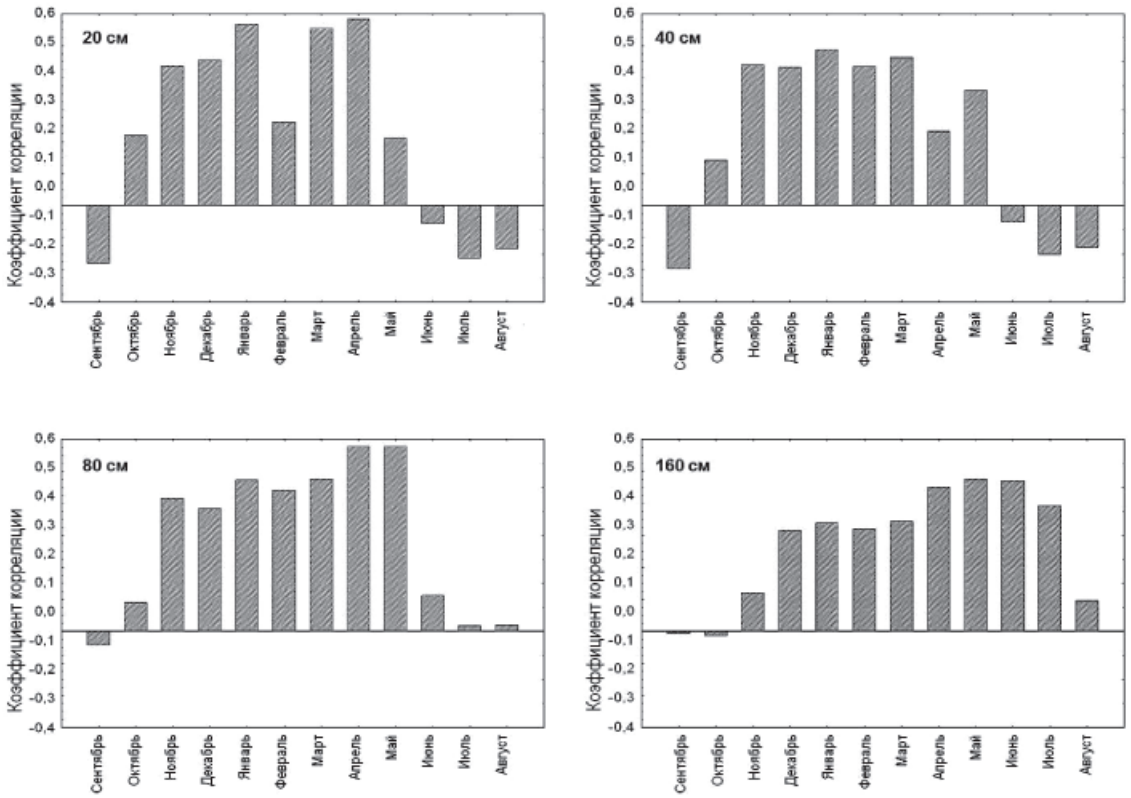


*Рис. 3. Корреляционные связи древесно-кольцевой хронологии полигона Чурапча с температурой почвы на разных глубинах*

Летние температуры не лимитируют радиальный прирост деревьев. В этот период количество тепла, необходимого для благоприятного роста, достаточно для деревьев. Отрицательная корреляционная связь летних температур характеризует засушливость климата данной территории. При высоких температурах грунта происходит увеличение испарения влаги деятельного слоя мерзлотных почв. Но это в какой-то степени компенсируется использованием влаги более глубоких слоев почв, что наглядно показано на рисунках выше. Таким образом, можно утверждать, что рост древесных пород в условиях многолетней мерзлоты находится в тесной связи с температурой почвы по всему профилю деятельного слоя.

Существенное влияние температуры почв на прирост древесных растений на исследуемых участках можно оценить, сравнивая модели регрессии индексов прироста относительно климатических переменных (рис. 4, 5).

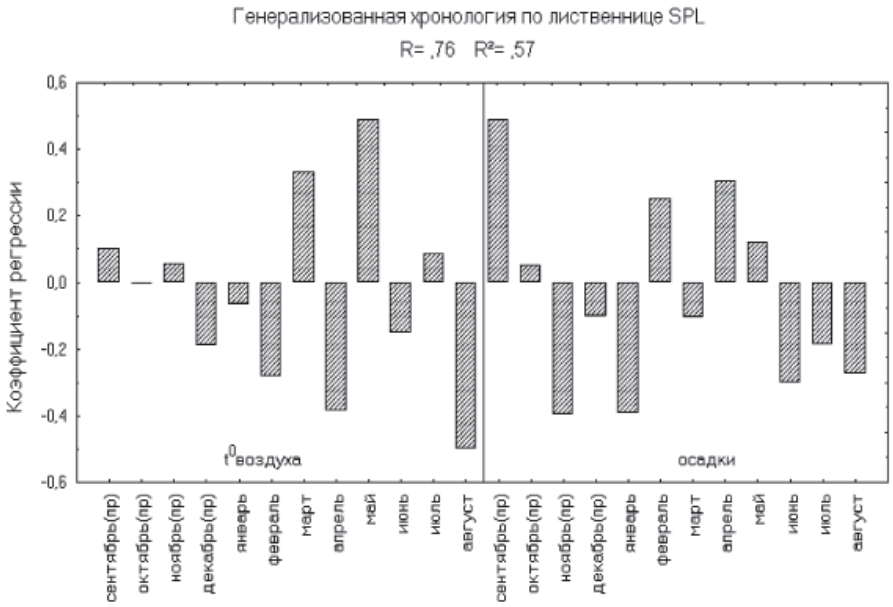


*Рис. 4. Модели регрессии индексов прироста относительно климатических переменных. (Примечание: «пр» – предыдущий год)*

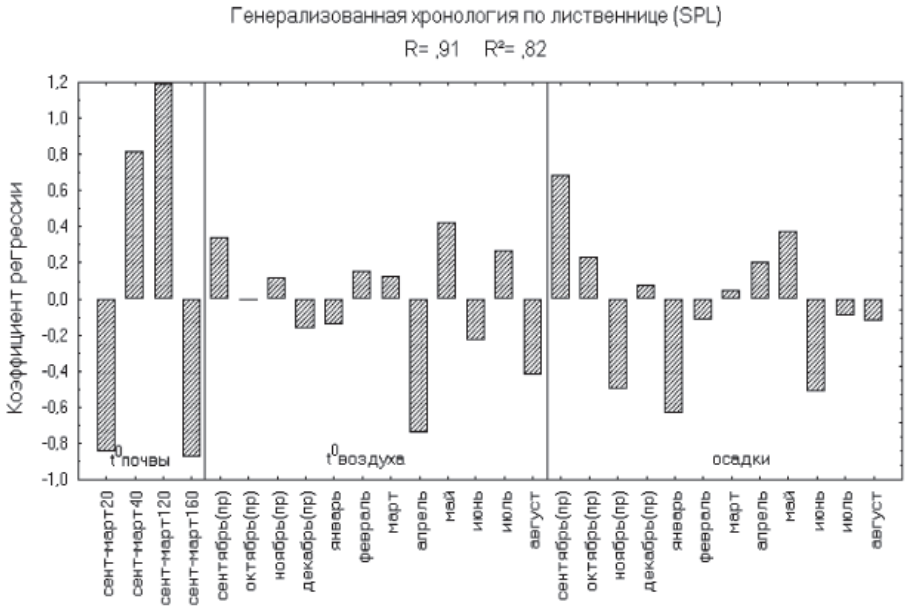


*Рис. 5. Индексы регрессии прироста лиственницы относительно климатических и почвенных переменных («сент-март20» – средняя температура почвы на глубине 20 см и т.д. с сентября предыдущего года по март нынешнего)*

Первая – включает только температуры воздуха и атмосферные осадки за отдельные месяцы, вторая – в дополнение к ним и температуру почв за зимний и летний период. Так, стандартная климатическая функция отклика объясняет 57% ($R = 0,76$) общей изменчивости прироста лиственницы, влияние значений температуры почв за зимний период увеличивает объяснимую внешними условиями дисперсию до 82% ($R = 0,91$). Таким образом, для зоны многолетней мерзлоты изменение температуры почв даже в зимнее время существенным образом (20–25%) влияет на формирование годичного прироста у древесных растений.

На основании изучения влияния почвенных условий на радиальный прирост древесных пород в криолитозоне можно сформулировать следующие выводы.

Определено положительное влияние зимних температур почвогрунтов на разных глубинах на радиальный прирост деревьев лиственницы, произрастающих в Центральной Якутии.

Зимние температуры грунтов определяют сроки оттаивания деятельного слоя, что в свою очередь определяет время начала формирования годичных колец лиственницы.

Высокие летние температуры почв, вызывая иссушающий эффект, негативно сказываются на радиальном приросте деревьев.

Из внешних факторов, влияющих на рост и развитие лиственницы в условиях криолитозоны, 20–25% от общей изменчивости прироста связаны с температурным режимом почв.

*Работа выполнена в рамках государственного задания по проекту № 0376-2014–0004. Тема 54.1.2 «Механизмы трансформации и закономерности функционирования почв криолитозоны в условиях глобальных изменений: факторы, современное состояние и прогноз». Направление 54 «Почвы как компонент биосферы (формирование, эволюция, экологические функции)» программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013–2020 годы.*

**Список литературы**

1. Босиков Н.П. Эволюция аласов Центральной Якутии. – Якутск: ИМЗ СО АН СССР. – 128 с.

2. Ваганов Е.А., Наурзбаев М.М., Егерь И.В. Предельный возраст деревьев лиственницы в Сибири // Лесоведение. – 1999. – № 6. – С. 66–70.

3. Гаврилова М.К. Климат Центральной Якутии. – Якутск: Якутское кн. изд-во, 1973. – 120 с.

4. Десяткин Р.В. Почвообразование в термокарстовых котловинах – аласах криолитозоны. – Новосибирск: Наука, 2008, – 323 с.

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

6. Уткин А.И. Леса Центральной Якутии. – М.: Наука, 1965. – 208 с.

7. Федоров П.П., Николаев А.Н. Анализ радиального прироста лиственницы Центральной Якутии в зависимости от климатических факторов // Структурно-функциональная организация и динамика лесов: материалы Всероссийской научной конференции. – Красноярск: Изд-во Дарма, 2004. – С. 373–375.

8. Desyatkin A.R., Takakai F., Fedorov P.P., Nikolaeva M.C., Desyatkin R.V., Hatano R. CH4 emission from different stages of thermokarst formation in Central Yakutia, East Siberia // Soil Science and Plant Nutrition. – 2009. – № 55(4). – P. 558–570.

9. Desyatkin R., Fedorov A., Desyatkin A, Konstantinov P. Air temperature changes and their impact on permafrost ecosystems in eastern Siberia // Thermal Science. – 2015. – Vol. 19, Issue suppl. 2. – P. 351–360.

10. Rinn F. TSAP version 3.5. Referense Manual. Computer program for tree ring analysis and presentation. – Heidelberg, Germany, 1996. – 264 p.